

DOSSIER 3AF:

Forum « étudiants » « Réinventons le futur du Transport Aérien »

Commission Technique 3AF
Aviation Commerciale

Mars 2017

Table des matières :

1-Introduction

1-1Déroulement

1-2Fruits du Forum

1-3Préambule

2- Résumés des présentations

3- Actes des présentations produits par les élèves

4-Conclusions

Annexes

Liste des Elèves ayant participé au Forum « Let's re-invent the Future of air transport »

ENAC 1 (équipe MOOC)

Reinhard Finke

Jérôme Gérant

Pascal Moudi Igri

Sujet : concept de transport aérien « Clip Air »

ENAC 2 (équipe ingénieur ENAC)

Guillaume Dehan

Emmanuel Besnard

Hélène Crépin

Sujet : automatisation des plateformes aéroportuaires

ISAE-SUPAERO

Pierre Dorval

Lucien Maillard

Mathilde Leclerc de Bussy

Hala Sayahi

Théo Masurier

Sujet : usages et représentations de l'aéroport et du transport aérien de la part des riverains

TBS

Claire Batten

Enguerrand Sudrat

Cyndie Jacqmart

WANG, Yiran

LIU, Yi-Peng

Sujet : A shorter lifespan for more eco-friendly aircraft

ISAE Maters

SonaliBatra

SatyaswamyraghuwamsyDeepthimahanthi

VachanSrinathKemthoor

Guillermo Barreiro-Honrado

Elena Gomez-Colmenarejo

Sujet : préserver le prix du billet en avance

Forum étudiants

Réinventons le futur du transport aérien

Les 1^{er} et 2 décembre 2016, lieu :

le 1/12 à l'ENAC

le 2/12 chez TBS

1. Introduction :

Les 1^{er} et 2 Décembre 2016 l'Association Aéronautique et Astronautique de France/ Commission Technique Aviation commerciale (3AF/CT Avia Com.) a organisé un forum étudiants "ENAC, ISAE, TBS" intitulé « **Réinventons le futur du transport aérien** »

Cette initiative, à la différence des colloques habituels (Professionnels invités à imaginer le transport dans le futur s'était fixé pour objectif de faire s'interroger les étudiants de ces grandes écoles sur le 'POURQUOI ?' bien plus que sur le 'COMMENT ?' sur la base de leur propre perspective et de leur ressenti.

Chacune des Ecoles a été sollicitée pour engager une ou plusieurs EQUIPES (de 5-6 étudiants) afin :

- De réfléchir au rôle sociétal du transport aérien : comment doit-il être conçu pour servir au mieux les intérêts de la société ? quelles seraient ses priorités, ses apports ? quels sont les écueils à éviter et comment: par exemple en concurrence avec les autres modes de transport, impact environnemental, utilisation de l'énergie...?
- D'en tirer des conclusions et de faire des propositions,
- De les confronter, lors du Forum, aux autres équipes venant des autres Ecoles...

Le forum a été organisé selon le schéma suivant

- Chaque équipe a produit une étude et des propositions structurées autour d'un document publiable et d'une présentation type PWP.
- Chaque équipe a présenté son étude (en français ou en anglais) devant les autres équipes ainsi que devant les membres de la Commission Technique aviation commerciale de la 3AF et des participants du groupe 3AF de Midi-Pyrénées.
- Un membre de cette Commission s'est tenu à la disposition de chaque équipe comme référent pendant la phase de préparation.

1-1 Déroulement

Cinq groupes ont été constitués. La CT Aviation Commerciale adresse ses remerciements aux jeunes étudiants qui ont répondu présents à son invitation:

1 groupe ENAC (ingénieurs), 1 groupe ENAC (MOOC), 1 groupe ISAE-Supaero (2^{ème} année), un groupe ISAE-Supaero Masters et enfin un groupe TBS (2^{ème} année) .

Au moment du forum, ces équipes sont venues tour à tour présenter leurs réflexions ; ces présentations se sont conclues par deux tables rondes, la première entre les représentants de ces groupes et la deuxième entre des « grands témoins », représentant l'industrie, la recherche et l'enseignement.

1-2 Fruits du Forum

Ce forum a permis notamment :

- Que le travail de chaque équipe soit inclus dans le parcours pédagogique des Ecoles,
- Une confrontation des idées de plusieurs équipes provenant d'Ecoles différentes et à divers degrés (parcours Ingénieur et parcours Business), dans un contexte multinational impliquant des étudiants français et étrangers...
- Un essai de synthèse des propositions esquissant un transport aérien efficace et efficient, au service de la société du XXI^{ème} siècle,
- La publication par la 3AF des présentations et débats dans les Actes du Forum.

1-3 Préambule : accueil de Patrick Senac, responsable de la recherche ENAC:

Au nom du Directeur de l'ENAC, Marc Houalla, Patrick Senac a souhaité la bienvenue à ce forum étudiant qui pour lui représentait la très stimulante ambition de réinventer le transport aérien, d'autant plus légitime que l'accélération des avancées scientifiques et techniques conjuguée aux multiples attentes sociétales pour le déploiement de nouveaux services et usages aéronautiques, favorise des évolutions radicales et des ruptures technologiques au sein des systèmes de transport aérien de nouvelle génération.

Il a rappelé ce qu'est l'agenda stratégique pour la recherche d'ACARE (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) permettant d'appréhender, sinon ce que serait un transport aérien réinventé, du moins les objectifs fixés à l'horizon 2050, le caractérisant comme un « système de systèmes basé sur des processus sociaux et organisationnels et des technologies opératoires qui sont en partie intégrés et en partie automatisés »

Il a précisé que le système de transport aérien était un des systèmes de systèmes les plus complexes conçu par les humains, de par son caractère global, critique, temps-réel et interactif. L'évolution des performances économiques, technologiques, environnementales d'un tel système complexe nécessite d'aborder un certain nombre de grands défis identifiés par ACARE et jouant un rôle central dans le plan de développement du ciel unique européen conduit dans le cadre de l'initiative conjointe SESAR.

Tous ces défis concourent à l'augmentation progressive et indéfectible du degré d'autonomie des systèmes de transport aérien.

Il a ajouté que nous n'en sommes qu'aux balbutiements d'une société des systèmes intelligents dans laquelle les possibilités de communications ubiquitaires machine à machine conjuguées à l'intégration croissante des capacités d'apprentissage et de traitement de l'information dans les systèmes connectés pourraient être à l'origine de l'émergence d'une organisation artificielle éminemment complexe dont il convient de garantir la maîtrise et la mise au service vertueuse de la société.

A ce titre, il a ajouté à l'ensemble de ces défis, celui de la définition de la juste place de l'humain dans des systèmes et systèmes de systèmes à autonomie croissante. Défi soulevant non seulement de nombreux problèmes scientifiques ouverts en termes d'IHM, de facteurs humains et d'ingénierie système, mais également d'importants questionnements éthiques et sociétaux dépassant le cadre du transport aérien et pour lesquels le transport aérien peut avoir un rôle précurseur exploratoire. Ce problème légitimise à lui seul l'ambition de réinventer le transport aérien dont le forum peut être porteur, un forum qu'il a souhaité fructueux, interactif et très inventif !

2-Résumés des présentations:

Le forum s'est ouvert par une présentation de Philippe Jarry (3AF CT Avia Com), s'interrogeant sur le titre de ce forum : pourquoi réinventer le transport aérien, alors que tout est fait afin de faciliter l'accès de l'homme aux destinations choisies ? Alors que de nouvelles routes sont imaginées afin de fournir des connections nouvelles ? Alors que de nouvelles offres promotionnelles sont offertes pour le bénéfice du voyageur ? Toutes formes d'interrogation examinées par ailleurs lors de congrès, conférences, rencontres, débats pour déterminer des voies d'amélioration du Transport Aérien !

Mais la réalité est toute autre : avons-nous suffisamment de temps aujourd'hui pour rencontrer nos amis, échanger des arguments de travail avec nos correspondants professionnels, acquérir de l'expérience, bénéficier d'une formation adéquate internationale, bref de prendre de la distance avec son chez soi, sans l'utilisation d'un voyage approprié et certainement aérien car rapide, transocéanique et par-dessus les montagnes !

Autant de questions que Philippe Jarry a voulu poser à nos jeunes participants : Liberté de choix et d'options : plus-moins, Pourquoi ? Vitesse : plus-moins, pourquoi ? Destinations : plus-moins, pourquoi ?

Ce forum a été ainsi ouvert à nos jeunes étudiants autour de ces questions, l'intention étant de réconcilier le transport aérien et la planète ! Peut-être en définissant de nouveaux modèles de travail et de réflexion !

JOUR 1

Groupe ENAC (MOOC), Projet Clip Air :

- Ce groupe s'est défini lors d'un exercice MOOC organisé par l'ENAC.
- Une présentation a été faite autour de l'attente des usagers, au centre de la réflexion : le futur voyageur est de plus en plus exigeant sur la ponctualité. Des « tubes de sécurité » sont envisagés pour fluidifier le trafic, permettre des trajets « verts », diminuer les risques d'erreurs de pilotage, améliorer les communications sol/vol ...
- Le projet « Clip-air » a été présenté dont le concept majeur consiste à remplacer la cabine intégrée à l'avion, par un système de capsules amovibles dans lesquelles les passagers ont pris place initialement.
- L'idée fondamentale est de considérer l'aéroport comme un pôle d'échange multimodal entre avion, train, transport urbain, conditionné par une meilleure coordination d'horaires et de fréquences avions/ Transports de surface.
- Clip-Air est un concept développé par l'EPFL (Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne), permettant de raisonner en termes de voyage et non plus en termes de vols. Ce concept innovant consiste en une aile volante motorisée avec cockpit indépendant du reste de l'avion, sous laquelle une ou plusieurs capsules peuvent s'attacher : un transport combiné rail/avion, embarquement et débarquement effectué en gare ferroviaire.
- La rentabilité attendue serait de l'ordre de + 4,1%, donc intéressant pour les connections points à points ou intercontinentales. Le modèle à une capsule est attendu pour 2018-2025, 3 capsules pour 2040-2050.
- Les queues d'attente peuvent être espérées réduites, les bagages mieux gérés, une approche différente du voyage et non plus du vol, ce qui nécessite une réflexion plus globale.

Groupe ENAC (Ingénieurs) : Automatisation de aéroports :

- Ce groupe envisage une approche différente du contexte actuel.

- Comme déjà aujourd'hui, on distingue deux zones :
 - o hors du tarmac : vérification des bagages, filtrage des passagers,
 - o sur le tarmac : l'action de robots corporatifs, pour l'inspection pré-vol de l'avion, pour les inspections dans le cadre de la maintenance programmée avec la capacité de reconnaissance des dommages potentiels, un opérateur sol manœuvrant à distance et capable de visualiser les défauts, ce qui nécessite une banque de données devant être enrichie au fur et à mesure de l'expérience.
- Allant plus loin, ce groupe a développé un argumentaire pour définir des moyens automatisés innovants, pouvant être actionnés pour tout ce qui concerne l'avitaillement sol : passerelles automatiques (embarquement/ débarquement des passagers mais aussi catering), avitaillement carburant automatisé, vidange eaux usées ne nécessitant pas d'opérateurs spécifiques, branchement électrique avec bras articulé se mettant seul en place, acheminement bagages automatisé, un remorquage avion robotisé, activé par GPS, permettant le transfert de l'avion jusqu'à son proche point de décollage.
- En substance, cette présentation a permis aux jeunes élèves de promouvoir l'idée d'automatiser au maximum les activités manuelles existantes autour de l'avion, en compensant toutefois cette rupture de la chaîne d'activités humaines par une formation adéquate, élevant le niveau de connaissances de chacun. La volonté ainsi affichée est de rendre l'aéroport plus convivial, plus simple d'utilisation et plus direct pour le passager :
- L'humain doit rester au centre et la machine ne doit pas lui dicter sa loi !

Groupe ISAE-SUPAERO : Usages et représentations de l'aéroport et du transport aérien du point de vue des riverains :

- Ce groupe tourné vers l'obtention de données permettant de mieux appréhender la perception de l'aéroport dans la ville nous a présenté les résultats d'une enquête faite autour de Toulouse-Blagnac afin de connaître les opinions des personnes interrogées, sur la pollution aéronautique, l'effet de vitesse de l'avion, l'aéronautique du futur et la gestion/ construction future d'aéroports.
- Cette enquête menée dans le cadre d'un exercice d'application de connaissances socio-économiques données par l'enseignement de l'ISAE-Supaero, a permis de mieux connaître les opinions de personnes vivant non loin de l'aéroport, sur des sujets aussi variés que les pratiques aéronautiques, la définition d'avions nouveaux, avoir ou pas des pilotes à bord, un 2^{ème} aéroport à Toulouse, les nuisances autour de la zone aéroportuaire, la privatisation des aéroports, et les transports permettant l'accès à ces mêmes aéroports.

- Les questions prévoyaient une échelle de valeurs, la possibilité de choix multiples avec, dans certains cas, le support de questions orientées, pour faciliter la compréhension.
- Les enquêtés se sont répartis par tranche d'âge : 15-25 : 30%, 25-35 : 10 à 22 % ; 35-50 : 16 à 26% ; 50-65 : 19-11% ; à 65 reste.
- La répartition par catégorie socio-professionnelle était proche de la situation en France ; 50% des enquêtés travaillant dans l'aéronautique, dont l'influence sur les réponses, a été de l'ordre de 42%. L'analyse des résultats a fait apparaître une plus grande utilisation de l'avion par les cadres et chefs d'entreprise, mais le monde artisanal et ouvrier est concerné aussi, et souvent acteur du transport aérien. Le deuxième aéroport est pour la majorité des interviewés, générateur de pollution, de nuisances sonores. Le plan d'exposition au bruit, montre que les 35-50 ans se sentent plus concernés par un 2^{ème} aéroport et les nuisances nécessairement associées.
- Cependant, la création d'un deuxième aéroport est aussi dans leur esprit synonyme de création d'emplois, de tarifs espérés plus attractifs, de nouvelles destinations dans le monde.
- Une remarque générale : à la question voulez-vous aller plus vite même au risque de polluer plus : la réponse est majoritairement oui ; et à la question voulez-vous voler plus lentement pour polluer moins, la réponse est oui également, ce qui laisse quelque peu perplexe.
- La possibilité est laissée au lecteur d'apprécier cette enquête dans son ensemble.

JOUR 2'

Le deuxième jour le forum a pris place chez TBS (Toulouse Business School) dont le responsable partenariats entreprises, coordinateur fondation TBS, Olivier Blanchard, nous a accueilli de façon simple et cordiale, renforçant ainsi les liens amicaux développés entre TBS et la 3AF-MP.

Deux groupes restaient à entendre :

Groupe TBS : A shorter lifespan for more eco-friendly aircraft.

- Après un rappel des moyens aériens existants à ce jour (B737, B747, A380, A350, A320 Neo, B737 Max) ce groupe a présenté une analyse de l'industrie aéronautique en utilisant la méthode PESTEL :

- Politique : ciel ouvert mais pas trop
 - Economique : conflit entre les demandes et les besoins
 - Social : un service en ligne
 - Technologie : besoins d'avions hybrides et de nouveaux moteurs,
 - Environnement : réduction des émissions de CO₂ et faire face au terrorisme,
 - Légal : un système commercial
- La crainte des nouveaux entrants face à la dérégulation, les pays en voie de développement, le coût d'entrée sur le marché, la négociation entre nouveaux clients, les aéroports et les constructeurs, les fournisseurs de carburant, font craindre une montée des substituts au transport aérien : train, voitures, bateaux. Une nouvelle crainte s'y ajoute, pour les voyages d'affaire notamment, si on prend en compte les nouveaux moyens de communication via la toile, tels que « Skype »
 - Ceci engendre une compétition intense, impliquant une lutte sévère entre les compagnies aériennes, les constructeurs d'avions et les aéroports.
 - La prise en compte de l'impact environnemental, tend à peser de plus en plus sur le transport aérien, de même que le coût du carburant et la guerre des prix, comme autant de facteurs-clés dans la guerre économique auxquelles les compagnies aériennes sont inexorablement amenées à se livrer.
 - Pour répondre aux questions ainsi ouvertes, le groupe TBS n'hésite pas à considérer la réduction à tout prix de l'empreinte environnementale. Ceci ne peut se faire qu'en appliquant des mesures drastiques, sinon les émissions risqueraient de doubler en 2050.
 - La solution pour ces élèves consiste à considérer une vie limite d'utilisation des avions.
 - Taxer les avions les plus vieux, donc les plus polluants serait une incitation à renouveler les flottes. L'idée est d'utiliser les avions d'occasion plutôt comme source de récupération de pièces et d'équipements de rechanges pour les flottes existantes. Avec la formation adéquate des personnels et des collaborateurs, ceci permettrait d'atteindre les objectifs en matière d'émissions et de pollution et aussi d'améliorer sensiblement la sécurité des vols .
 - Pour les constructeurs, cela impliquerait la production accélérée de flottes plus « éco-amicales », donc plus d'investissement en R&D innovante.

D'autres avantages de la solution préconisée seraient la conformité aux nouvelles législations plus contraignantes, la réduction des coûts de carburant, la stimulation de développements dans le transport aérien, l'amélioration de la sécurité dans les pays émergents.

- Pour les compagnies, l'intérêt résiderait dans l'augmentation des ventes, l'amélioration de leur image de marque, le maintien voire la croissance de l'emploi,

la réduction des coûts de maintenance grâce à la récupération des pièces reconditionnées. Pour les aéroports : l'intérêt résiderait dans la réduction des nuisances sonores et des émissions, à la satisfaction des riverains.

- En conclusion, le groupe TBS a mis en avant le besoin d'accords internationaux entre pays afin de mettre en application ces temps de vies limités pour les flottes. Ceci devant être entériné par une stratégie à long terme, une rupture par rapport aux habitudes présentes, une plus grande culture de la réduction de l'empreinte environnementale, et une réduction significative du nombre d'avions pourrissant dans les déserts.
- L'Innovation génèrerait un monde plus pacifique sur le plan économique.
- **Groupe ISAE- Masters : Réserver le billet à l'avance à un prix plus modique :**
- Ce groupe a rapporté qu'une question importante était liée au taux d'occupation des sièges, qui, en moyenne, est de 73,3%, selon l'IATA. Quand on considère la masse de l'avion en vol et que l'on prend en compte l'impact sur la consommation de carburant du poids des passagers avec leurs bagages, et sachant que l'émission de dioxyde de carbone, est directement proportionnelle à la consommation de carburant, il apparaît indispensable de s'intéresser au nombre de sièges vacants par vol, qui influe fortement sur l'empreinte environnementale pour un nombre donné de passagers transportés. Le groupe d'élèves concerné a déclaré résolument : « nous avons des droits sur notre vie, sur notre voyage, donc sur notre bille ».
- Différentes approches pour réduire le nombre de sièges vacants existent à ce jour : overbooking, tickets flexibles, etc...!
- Mais dépendant du moment où l'on prend son ticket, le prix augmente de façon conséquente, plus on se rapproche du moment du départ.
- L'idée du groupe est de pouvoir à l'avance, disons 6 mois avant le départ, acheter un « droit » permettant de réserver l'option d'acheter son billet 15 jours avant le vol, au prix proposé 6 mois avant. Par exemple, si à t-6 mois, le billet vaut 100€, la proposition implique de payer 10€ et d'avoir ou non la possibilité de payer le prix du billet (€) à t-15 jours. Si l'option n'est pas utilisée, alors on perdra ces 10€.
- A qui pourrait s'appliquer cette possibilité ? aux étudiants, aux familles au budget serré, aux employés des petites sociétés et aux personnes n'ayant jamais au préalable volé :
- Non seulement cette pratique fournirait une flexibilité intéressante pour les usagers, mais elle fournirait aux compagnies aériennes, une couverture du marché bien meilleure en permettant de réduire de manière significative le nombre de sièges vacants.

- Des « études de cas » ont été présentées et examinées : définissant le mode basique, la flexibilité, combien de droits, combien de sièges proposés ?
- Ces études intéressantes ont montré l'intérêt de cette solution, dépendant de l'estimation correcte du taux de conversion des sièges, en sièges ouverts à de tels « droits ». L'estimation ainsi présentée, dépend bien entendu des effets de levier des prix affichés et de l'intérêt avéré pour les compagnies. Encore une fois, le but essentiel est de réduire significativement le nombre de sièges vacants et d'en tirer profit pour des usagers aux « droits » avérés. La mise en œuvre de la réservation par Internet via un site approprié serait très efficace !

Table ronde des représentants de chaque groupe

Afin de consolider les interventions de chaque groupe, un échange a eu lieu entre représentants de chacun, sous la conduite de Sophie Darmagnac, Professeur à TBS.

Nous rapportons ci-après les échanges les plus significatifs :

A la question : que vous a apporté ce forum ?

- Ce forum est de nature à dynamiser les réflexions, tirant profit des différentes nationalités, donc des différentes sensibilités.
- Une possibilité de profit additionnel à être considérée au niveau des agences de voyage
- Des études multiples qui peuvent faire apparaître de nouvelles formes de transport, Clip Air en fait partie.
- Des actions proposées à travers ces différentes interventions pourraient avoir un impact sur les avions, les aéroports et les voies aériennes.

A la question qu'en avez-vous retiré :

- Le point crucial est d'être sûr que le public comprenne la structure des coûts réels du voyage ?
- Une grande conscience des impératifs du voyage aérien permettra de mieux appréhender les améliorations possibles.
- La comparaison des projets fait apparaître la crainte de l'automatisation, non seulement à cause de l'impact sur la fiabilité, mais aussi sur l'emploi.
- Le futur de l'industrie aéronautique recèle des impacts dont l'amplitude projetée peut être considérable.
- Il y a un fossé évident entre le niveau technologique et la répercussion des coûts qui ne doit pas être négligé.
- La question de retour sur investissement doit être approfondie en ce qui concerne les investissements, les coûts et les salaires : ce sujet est à débattre et à creuser.
- Le business est structurant quant aux exigences.

- La conformité de l'opération est une tâche de long terme pour l'Industrie.
- Nous devons faire un maximum de progrès pour espérer aller de l'avant, mais pourquoi pas ?

Table Ronde des Grands Témoins :

Jacques Gatard (3AF CT Avia Com) a animé une discussion entre trois grands témoins invités pour cette occasion : Jean Michel Vernhes (Directeur aéroport de Toulouse Blagnac), Bruno Lamiscarre (ONERA : Directeur de recherche), Christophe Benaroya (TBS ; Directeur Aerospace MBA).

A la question de savoir leur avis sur l'apport des différents groupes, compte tenu des points très novateurs soulevés, ils ont exprimé les points suivants :

JMV :

- Pour un aéroport, les relations entre les constructeurs et les aéroports, sont toujours étroites et de nature à anticiper les évolutions pour les 20 ou 30 ans à venir. Il est toujours difficile d'établir ces liens car le public veut voir la technologie évoluer et, d'un autre côté, veut aussi plus de services.
- Rien ne peut se faire si ces évolutions ne sont pas en accord avec les exigences réglementaires. Pour toute nouvelle proposition, il est nécessaire de faire évoluer les règlements, mais ce n'est jamais immédiat.
- L'accès aux aéroports est et reste toujours un problème, les parcs à voitures constituent toujours un champ d'améliorations nécessaire, afin de faciliter l'accès aux terminaux, et dans ce cadre-là, la recherche s'emploie à trouver plus de services à offrir aux passagers.

BL :

- Au point de vue management des vols, les suggestions viennent de l'industrie avec une activité importante d'innovations technologiques pour lesquelles l'ONERA a une grande part d'activité.
- La question importante aujourd'hui, dès lors que l'on parle d'automatisation, est de savoir jusqu'où, surtout quand on parle de cockpit avec les problèmes récurrents de l'interface Hommes/ machines.

Ce qu'il est nécessaire de comprendre, c'est que, chaque jour, 3 millions d'objets volants se croisent dans le ciel et que si on n'automatise pas au maximum, on risque de diminuer le niveau de sécurité, ce qui est inacceptable.

CHB

- Dans ce forum, deux mondes se sont croisés : les étudiants d'une part et les experts d'autre part.

- Pour TBS, l'enseignement pour le management, l'étude de cas, l'approche réglementaire est de nature à être satisfait par les études technologiques. Rien ne peut être plus concret que l'étude technologique en référence aux exigences réglementaires et leurs démonstrations de conformité.
- Tout ceci démontre l'impératif d'ouvrir nos esprits à l'innovation et le challenge des coûts associés.

A la question : comment gérez-vous les changements dans votre organisation ?

JMV :

- Un aéroport est un vaste terrain de jeu où l'on prend plaisir à jouer un jeu de rôles évolutif, afin de répondre aux questions des usagers, d'essayer autre chose tel que proposé par les utilisateurs.
- Il est important d'être au contact des réalités de chacun et ouvert aux suggestions offertes par les utilisateurs.
- Surtout, le plus important est d'avoir un processus interne afin de tester des nouveautés.

BL :

- L'ONERA se dit toujours prête à travailler sur des idées innovantes et révolutionnaires.
- Chaque étude provient d'un cas réel et/ ou d'une question de sécurité avérée.
- Nous nous réservons le droit de réviser ces idées pour faire un pont de compréhension mutuelle entre l'académie et l'industrie.

ChB

- Plus la technologie évolue, plus nous avons besoin aux interrogations avec l'idée non seulement d'avoir des pistes mais plus particulièrement d'avoir les moyens de mise en œuvre.
- L'amélioration à venir pour nos processus d'apprentissage implique de prendre en compte, dans nos analyses, les activités sociétales ainsi que les facteurs humains.

2. Actes des présentations produites par les élèves

3AF Commission Technique Aviation Commerciale

Forum : Réinventons le transport aérien, 1 – 2 décembre 2016, Toulouse

Session ENAC (Mooc)

Reinhard Finke

Tendances, projets et innovations à l'horizon 2050 : quels impacts sur le voyageur ?

Résumé

Cette recherche porte sur l'avenir du transport aérien et ses conséquences potentielles sur l'utilisateur. Parmi plusieurs scénarios possibles, nous partons de l'hypothèse d'une augmentation globale du transport aérien qui sera davantage régulé et qui s'inscrira dans un cadre de développement durable.

Nous examinons les principaux projets et innovations en matière de gestion du trafic aérien, d'environnement et d'énergie, d'équipement et de service, de flexibilité et d'organisation aéroportuaire, au regard de leurs impacts potentiels sur le voyageur.

Nous présentons le projet Clip-Air, un nouveau concept susceptible de changer la façon de voyager. Il s'agit d'un avion modulaire composé d'une aile volante sous laquelle on accroche des capsules de passagers ou de fret. L'idée principale est d'apporter plus de flexibilité au transport aérien et de combiner le transport ferroviaire et aérien.

Abstract

Forum : Let's reinvent the future of the Air Transport.

Trends, projects and innovations at the 2050 horizon: which impacts on the traveller?

This research relates to the future of air transport and its potential consequences on the user. Among several possible scenarios, we proceed from the assumption of an overall increase in air transport which will be more regulated and will be part of a sustainable development framework.

We examine the main projects and innovations about air traffic management, environment and energy, equipment and service, flexibility and airport organisation, taking into consideration their potential impacts on the traveller.

We present the Clip-air project, a new concept likely to change the way of travelling. It consists of a modular aircraft composed of a flying wing onto which capsules carrying passengers or freight can be attached. The main ideas are to bring more flexibility to air transport and to combine rail and air transport.

Réinventons le transport aérien

Tendances, projets et innovations à l'horizon 2050 : quels impacts sur le voyageur ?

Introduction :

Le Transport Aérien : Acteurs et défis

Compagnies aériennes, constructeurs, centres de maintenances, centres de recherche, gestionnaires aéroportuaires, services de la sûreté, prestataires de services, contrôleurs aériens, personnels navigants,... de nombreux acteurs interviennent dans le transport aérien. Chacun a ses propres objectifs, à court terme pour les uns, à long terme pour les autres : parts de marchés, rentabilité, amélioration des performances, fluidité, sécurité et sûreté, optimisation temps – espace, conditions de travail satisfaisantes,... L'encadrement de ces activités est assuré par des organismes nationaux et internationaux, tel que l'OACI, EASA, DGAC, DSAC, BEA. Le système du transport aérien nécessite une grande coordination des acteurs pour pouvoir fonctionner. Mais au final, c'est le voyageur qui est au centre des préoccupations, car c'est lui qui décide avec quel moyen de transport il va effectuer son déplacement et s'il choisit l'avion pour son voyage.

Lors de notre travail en équipe sur le poster synoptique « Le transport aérien – Acteurs et défis – nous avons identifié les principales attentes des passagers : un bon rapport qualité / prix du voyage, le fait d'arriver à l'heure à destination, voler en toute sécurité et sans trop de risques, voyager agréablement¹. Ce voyage se décompose en plusieurs phases, qui ne comprennent pas simplement le vol d'un aéroport A vers un aéroport B (*in-flight*) mais qui inclut les phases d'acheminement depuis le lieu de départ (*pre-flight*) et la destination finale (*post-flight*). Le voyage comprend également d'importantes phases d'attente : correspondances, check-in, contrôle, bagages², ou encore l'attente dans les zones de transit (ZAPI : zone d'attente pour personnes en instance). Il faut donc adopter un point de vue global du voyage (*Overall Travel Experience*) et non celui du vol en lui-même. Au-delà du voyage, le passager est aussi un citoyen qui peut être sensible au respect de l'environnement : réduction des nuisances sonores dans l'avion mais aussi à l'extérieur, réduction des émissions à effet de serre, économies d'énergie,...



Figure 1 : Poster Mooc ENAC 2016

Nous présenterons par la suite les tendances et les principaux projets aéronautiques innovants en matière de gestion du trafic aérien, d'environnement et d'énergie, d'équipement et de services,

¹ Airline Passenger Expectations Pyramid :

http://www.passengerexperienceconference.com/RXUK/RXUK_PexConference/Hamburg%202016/Presentations%202016/m1nd-set%20and%20IATA%20Presentation.pdf?v=635961569949620272

² Serge Sur : Anatomie d'un voyage aérien, dans : Le transport aérien – une mondialisation réussie, La documentation Française, N° 78 Mars-avril 2016, p. 4

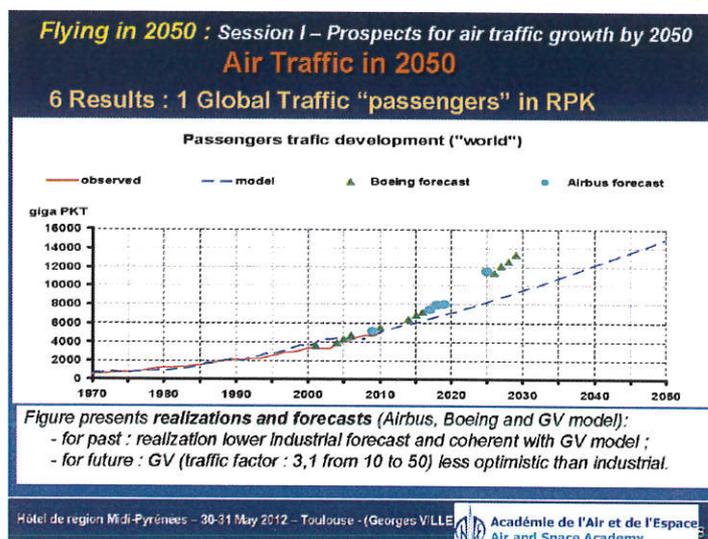
d'architecture des aéronefs, et, enfin de conception aéroportuaire. Nous étudierons les impacts potentiels de ces innovations et nous les confronterons notamment aux attentes des passagers.

Dans un 3^{ème} temps, nous focaliserons sur un projet susceptible d'apporter des réponses aux enjeux futurs du Transport Aérien : le projet Clip-Air.

1. Les tendances et scénarios à l'horizon 2050

Un secteur en forte croissance mais un avenir incertain

Le transport aérien a fortement augmenté ces dernières décennies. Les prévisions actuelles se basent sur une forte croissance du PIB des pays émergents (notamment la Chine et l'Inde) ;



l'apparition de nouvelles grandes villes représente une opportunité pour le transport aérien. Le rapport d'Airbus Industries (Perspectives 2030) table sur un accroissement du trafic des passagers dans les vingt prochaines années (+4,2 % de 1986 à 2010, + 4,8 % de 2010 à 2030). Cela signifierait un doublement du nombre de passagers en 2030 par rapport à 2010 et un triplement en 2050. L'évolution du fret aérien (dont une grande part est transportée dans des avions de

ligne) suit une courbe similaire³. Mais ces prévisions ne tiennent pas compte de tous les changements qui pourraient intervenir.

Comment évoluera le monde d'ici 30 à 40 ans ? Quid des ressources pétrolières en 2050 ? Le climat, à quel point aura-t-il changé ? Quelles seront les données démographiques et économiques réelles sur les différents continents ? Le ciel sera-t-il encore le lieu du transport massif de passagers ? Les avions seront-ils plus grands et plus rapides ? Va-t-on se déplacer plutôt en avion individuel, comme on se déplace en voiture aujourd'hui ? Les aéroports seront-ils sursaturés ? Aura-t-on des systèmes performants de régulation du trafic ? Autant de questions à l'échelle planétaire que de réponses.

Face à ces questions globales, différents scénarios sont possibles. Nous nous basons pour la suite sur quatre scénarios et options technologiques, proposés par l'ONERA⁴, ainsi que sur les prévisions et objectifs environnementaux⁵ à l'horizon 2050.

³ Rapport d'office parlementaire : les perspectives d'évolution de l'aviation civile à l'horizon 2040 : Préserver l'avance de la France et de l'Europe ; <http://www.senat.fr/rap/r12-658/r12-6585.html>

⁴ <http://www.onera.fr/sites/default/files/Departements-scientifiques/DPRA/brochure-ats2050.pdf>

⁵ https://www.gifas.asso.fr/fichiersPDF/Publications/Publications/BROCHURE_ENVIRONNEMENT_FR.pdf

Quatre scénarios pour 2050

- *Unlimited skies* (ULS) : Le secteur aéronautique est en pleine expansion. Il y a certes la nécessité d'économiser de l'énergie, mais on n'est pas confronté à une pénurie. Aux avions gros porteurs classiques (type A380) rendus plus légers s'ajoutent des concepts alternatifs comme les *Blended Wing Bodies* (BWB, évolution de l'aile volante), équipés de *buried engines* (moteurs enfus dans la cellule de l'appareil). On trouve également des convertibles, combinant décollage et atterrissage verticaux avec vol sustenté classique ou encore des appareils à hélices contrarotatives (CROR). Le paysage aéroportuaire sera semblable à celui d'aujourd'hui : *hubs & spokes*⁶ voisinent avec des réseaux point-à-point.

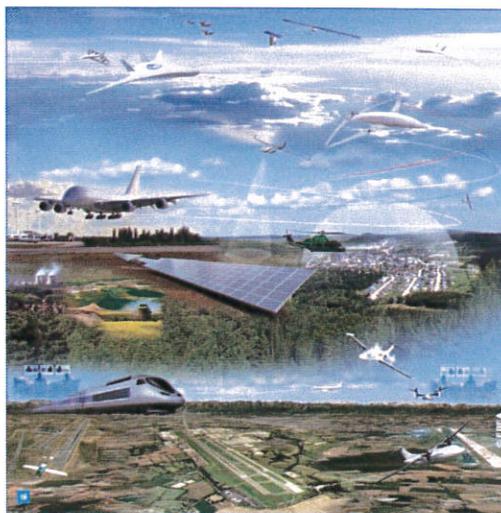
Par contre, le pilotage des avions et le mode de régulation du trafic aérien seront assurés par le concept de *full automation* (un superviseur remplace le pilote à bord, les procédures sont implantées dans des automatismes et commandées depuis le sol) et de *Contrat 4D* (planification espace/temps précise et négociée des vols, assortie d'un suivi rigoureux des trajectoires et des horaires de passage).

Le scénario peut être complété par le PAT (*Personal Air Transport*) - équivalent d'engins individuels ou de minibus - à décollage/atterrissage vertical, en pilotage automatique autonome.

L'aviation légère reste en mode pilotage manuel, elle s'intègre au trafic aérien automatisé via des dispositifs de signalisation et de visualisation 3D (*HGS - Head-up Guidance System*).

- *Regulatory Push-Pull* (RPP) : c'est une approche globale du respect de l'environnement. Contrairement à l'ULS, elle tient davantage compte de préoccupations sociétales. Les contraintes, notamment d'ordre énergétique et environnemental, constituent des limites à l'évolution exponentielle présentée dans le scénario ULS : le nombre d'avions ainsi que leur taille sont moins importants.

Le coût et la disponibilité des combustibles fossiles deviennent dissuasifs. Il faut donc recourir, au moins partiellement, à des énergies alternatives : propulsions électriques ou hybrides, hydrogènes, recours au solaire pour le rechargement des piles et pour les activités au sol. L'optimisation aérodynamique doit contribuer aux économies d'énergie, d'où le recours à des matériaux intelligents et à une géométrie modifiable des ailes (concept de morphisme), aile rhomboédrique,...



⁶ Configuration, où les vols long courrier sont effectués par des gros porteurs entre les plateformes aéroportuaires majeures (hub). Les passagers sont ensuite acheminés à leurs destinations finales (aéroports régionaux) via des lignes aériennes (les spokes), desservies par des avions plus petits.

Parallèlement, l'objectif est de réduire les nuisances provoquées par le transport aérien, aussi bien en vol, qu'au niveau des aéroports : réduction des rejets dans l'atmosphère⁷ (CO2 et traînées de condensation) et diminution du bruit généré notamment au décollage et à l'atterrissage⁸. Les technologies à développer sont basées sur des architectures anti-bruit, des moteurs plus silencieux, des profils de descente moteurs au ralenti, davantage de liaisons point-à-point que de *hub & spokes*, des aéroports reliés partiellement entre-eux par des liaisons ferroviaires.

Dans ce scénario, les concepts de *full automation* et de *contrat 4D* sont appliqués pour réguler le transport. L'automatisation doit garantir l'adoption systématique de procédures « vertes » : trajectoires et profils d'approche anti-bruit, décalage vertical de l'ensemble du trafic en fonction des conditions météo,...

L'utilisation du PAT peut s'intégrer dans ce contexte de réseau point-à-point.

- *Down-to-earth* : Ce scénario remet complètement en cause le transport aérien commercial, en raison de ses impacts négatifs sur l'environnement. La priorité est donnée aux énergies renouvelables. Les voyages intracontinentaux se font en train, et les voyages intercontinentaux par bateaux à voile à capteurs solaires. Globalement les déplacements sont limités au minimum, on privilégie le télétravail et les réunions par visioconférence dans le cadre professionnel.

L'aviation légère est tolérée, si elle n'a pas d'impact sur l'environnement : motoplaneurs électriques, planeurs solaires, ... Le récent exploit de Bertrand Picard et de André Borschberg - le tour du monde en Solar Impulse 2⁹ – constitue un nouveau jalon historique dans cette perspective.

- *Fractured World (FW)* : Dans ce scénario, le monde est scindé en blocs distincts, une conséquence de crises politiques et économiques successives, liées en partie à l'accès à l'énergie ainsi qu'aux inégalités économiques. Ces blocs distincts correspondent plus ou moins aux continents ou à des ensembles géographiques, et les développements sont très contrastés et peu conciliables : *Unlimited skies* pour les nations les plus riches, ayant accès aux ressources énergétiques, *Regulatory push-pull* pour celles qui sont soucieuses des enjeux environnementaux, *Down-to-earth* pour d'autres blocs, que ce soit par nécessité (pauvreté, pas d'accès aux ressources fossiles) ou par choix politique.

Dans tout les cas, les déplacements et le transport s'effectuent à l'intérieur de ces ensembles géographiques, on aura donc notamment des vols moyen courrier, alors que les vols intercontinentaux sont quasiment inexistantes à cause des conflits en cours.

Vision retenue

Le scénario de type *regulatory push-pull* nous semble le plus plausible. Cependant, il importe de le situer dans un contexte d'augmentation globale du transport aérien.

⁷ <http://www.connaissancedesenergies.org/les-resolutions-vertes-de-laeroport-de-nice-160113>

⁸ *Noise abatement procedures*, comme par exemple l'approche Riviera à l'aéroport de Nice

⁹ www.solarimpulse.com : *clean technologies to fly around the world*

Plusieurs indices plaident en faveur d'une meilleure prise en compte des enjeux environnementaux et énergétiques dans le futur système du transport aérien. Nous citons à titre d'exemple deux engagements :

La Commission Européenne a déclaré en mars 2011 dans sa « Stratégie Transports pour 2050 » que l'objectif était de porter à 40% la part des carburants durables à faible teneur de carbone dans l'aérien d'ici 2050. Parallèlement sont prévus des réductions de CO₂ (dioxyde de carbone) de 75% par passager-km, de 90% pour le NO_x (oxydes d'azote) et de 65% du bruit perçu (année de référence 2000)¹⁰.

Par ailleurs, un accord historique tout récent vient d'être adopté lors de la 39^{ème} session de l'Assemblée de l'OACI¹¹. L'objectif final du dispositif CORSIA (*Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation*) est de pouvoir compenser jusqu'à 93% du total des émissions du transport aérien mondial à l'horizon 2035. 65 pays représentant actuellement 87% de l'activité du transport aérien mondial vont intégrer la première phase de ce dispositif. En font partie l'Union Européenne, la Chine, les États-Unis, les Émirats Arabes Unis, la Corée du Sud et Singapour¹².

D'après nous, on peut également s'attendre au maintien, voire au renforcement des mesures de sûreté, afin de prévenir d'éventuelles tentatives d'attentats.

Côté usagers du transport aérien, le passager de demain sera probablement plus exigeant que celui d'aujourd'hui, notamment en ce qui concerne la ponctualité, le rapport qualité – prix, et les attentes en matière de confort et de services. Toutefois, ces notions varient d'un individu ou d'une classe de voyageur à l'autre : les uns souhaitent économiser sur le prix du billet et se contentent d'un service réduit, les autres sont très exigeants en matière de confort et d'individualisation des prestations. Mais le niveau global en matière de d'équipement « standard » sera plus haut que celui que l'on trouve actuellement, comme on le constate déjà avec la demande croissante de connectivité (téléphone, accès internet à bord).

Nous examinerons par la suite les projets innovants à l'horizon 2050 au regard de cette vision et de leurs impacts potentiels sur le voyageur.

2. Les projets innovants en matière de Transport Aérien

Gestion du trafic aérien : sécurité et efficacité

Dans ces domaines, plusieurs défis sont à relever : faire face aux risques d'erreur de pilotage, éviter les collisions dans un trafic qui tend à se densifier et concevoir des « trajets verts ».

Dans cette perspective, l'ONERA travaille sur un projet de planification précise et négociée des vols, le Contrat 4D – *Guidance and Control*¹³. Le principe est d'assigner au préalable à chaque avion une

¹⁰ https://www.gifas.asso.fr/fichiersPDF/Publications/Publications/BROCHURE_ENVIRONNEMENT_FR.pdf

¹¹ Organisation Internationale de l'Aviation Civile, 39^{ème} session, Montréal, octobre 2016

¹² <http://www.journal-aviation.com/actualites/34608-oaci-avec-corsia-un-accord-historique-sur-les-compensations-des-emissions-de-co2-du-transport-aerien-a-ete-adopte>

¹³ La notion de contrat 4D provient du projet européen IFATS (Innovative Future Air Transport System). Lien :

trajectoire bien définie (latitude, longitude, altitude et temps). Ces trajets calculés tiennent compte du trafic environnant, de la météo, de l'encombrement des aéroports, mais aussi des nuisances pour l'environnement (notamment rejets de gaz dans l'atmosphère et bruit). En cas de complication (retard au décollage, conditions météo défavorables, situations d'urgences,...), ces contrats peuvent être renégociés en temps réels, même lorsque l'avion est en vol. Ils reposent néanmoins sur un suivi rigoureux des trajectoires et des horaires de passage. Seules de petites variations spatiales et temporelles sont acceptées sans renégociation du contrat. A cet effet, des « tubes 4D » sont définis autour de chaque avion de manière à ce que la séparation entre les avions soit toujours respectée. Ils représentent la zone où l'aéronef doit se trouver à un moment donné. Ces tubes ont des circonférences suffisamment grandes pour éviter de recalculer les trajectoires en permanence.

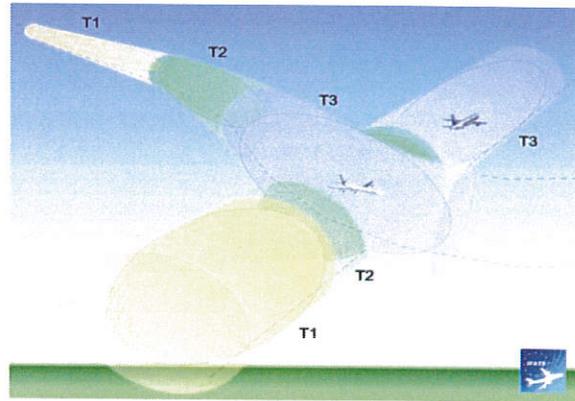


Figure 2 : tubes de sécurité du contrat 4D

D'après l'ONERA, le contrat 4D doit également permettre de fluidifier le trafic lors des phases de descente et d'approche finale, en calculant des profils de descente continue « moteurs au ralenti ». Ces profils remplaceront alors les approches à basse vitesse et à faible altitude en paliers. Ils contribueront à faire gagner du temps (élimination des phases d'attente), à économiser du carburant et à réduire les nuisances sonores à proximité des aéroports.

Selon les analyses, le respect des contrats 4D, et notamment de la phase d'approche, semble être trop complexe pour être maîtrisé par un pilote humain. Pour ces raisons, l'ONERA préconise l'automatisation de l'ensemble des procédures (full automation) : le pilotage et le contrôle aérien seront entièrement assumés par le système. L'autorité à bord serait confiée à un représentant de la compagnie, et le système serait supervisé par des commandeurs au sol. Il s'agit donc d'une remise en question complète de l'ATM actuel (*Air traffic management* : gestion du trafic aérien).



Figure 3 : L'avion IFATS, géré par un E-FMS (electronic flight management system)

https://www.google.fr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewinyYG7gZzQAhXHKcAKHb-0CqUQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.onera.fr%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fressources_documentaire_s%2Fcours-exposes-conf%2Fifats_cnam.pps&usg=AFQjCNFhqm9z_0Gq9wahk4yLW4VGY-jHEA&sig2=rJbQroKgdL3hv81dQaeXog&bvm=bv.138169073,d.ZGg&cad=rja

Toutefois, l'introduction de ce couple *full automation* – *Contrat 4D* pose de nombreuses questions technologiques, humaines et organisationnelles : comment modéliser et gérer les situations critiques et imprévues, comme par exemples les atterrissages par fort vent de travers ou en rafale, la collision avec des oiseaux,...¹⁴. La délocalisation et le remplacement complet du pilotage par un système déplace les risques : piratage informatique, bugs, problèmes de transmissions des informations, ignorance de problèmes non détectables par un système. L'adoption de ce projet tel quel, aurait d'importantes répercussions sur les acteurs du transport aérien : les métiers de pilote et de contrôleur aérien disparaîtraient dans leur forme actuelle, les compagnies auraient moins de liberté et seraient obligées de négocier les routes et les horaires avec le système.

Si l'objectif est d'apporter plus de fluidité et de sécurité au système du transport aérien, il ne nous paraît absolument pas certain que l'utilisateur soit prêt à adopter ce concept « sans pilote à bord » dans un avenir proche. Une évolution qui passe par une phase de transition avec un concept mixte semble être une hypothèse plus réaliste : régulation et pilotage seront principalement assurés par le système, mais la présence et une possible intervention par un pilote qui se trouve à bord apporte une sécurité supplémentaire et est à même de rassurer les passagers.

Aspects environnementaux et énergétiques

Dans une perspective de développement durable, des adaptations et des améliorations dans le domaine des activités aéronautiques s'imposent. Elles concernent les sources énergétiques, les rejets et matériaux polluants, ainsi que les nuisances sonores. Ces nouvelles exigences s'appliquent à l'ensemble des infrastructures aéroportuaires, des aéronefs et des procédures.

Au niveau des **infrastructures au sol**, l'objectif est la neutralité de rejets polluants, notamment de CO₂. La problématique est identique à celle de l'architecture urbaine ou industrielle : utilisation de matériaux « propres », bâtiments à haute efficacité énergétique, équipement de dispositifs d'énergies alternatives, notamment solaires et éoliens, production locale de l'énergie, installation de chaufferies de type biomasse et récupération de chaleur, utilisation de matériaux recyclés et recyclables, mais aussi diminution de la consommation d'eau et minimisation des rejets d'eau et de déchets¹⁵. A l'horizon 2050, on peut s'attendre à une intégration de ces procédés dès la conception des aéroports.

La réduction du temps de roulage au sol et de l'attente avant le décollage font également partie des objectifs européens. Côté **roulage**, l'acheminement jusqu'à la piste pourrait être assuré par des systèmes automatisés, donc sans utilisation des moteurs (*green taxiing*). Plusieurs solutions sont envisageables : tracteurs sans conducteur, guidés depuis la tour de contrôle, notamment sur les hub

¹⁴ Citons à titre d'exemple l'atterrissage réussi du pilote Chesley Sullenberger sur l'Airbus A320 dans le fleuve Hudson, après la percusion d'un groupe d'oiseaux (vol 1549 US Airways, le 15 janvier 2009). On peut s'interroger, si l'accident qui s'est produit dans la phase de décollage aurait pu être maîtrisé par un système ou un commandeur se trouvant au sol et non pas dans l'avion.

¹⁵ https://www.gifas.asso.fr/fichiersPDF/Publications/Publications/BROCHURE_ENVIRONNEMENT_FR.pdf

et pour les gros porteurs, ou *WheelTug* (moteur électrique placé sur la roulette de nez) pour les avions de taille moyenne et sur les aéroports régionaux¹⁶.

Concernant les **procédures** de décollage et d'approche, le renforcement des *noise abatement procedures*, ainsi que des trajectoires et profils de montée et de descente plus silencieux, contribueront à l'objectif de réduire le bruit perçu aux alentours des aéroports. Le renforcement des liaisons point-à-point au détriment d'hubs&spokes tel qu'il est prévu dans le scénario *regulatory push pull*, a également des impacts positifs, à la fois sur les nuisances sonores mais aussi sur les économies d'énergie : le nombre de décollages – atterrissages, ainsi que les distances parcourues sont diminués.

Par rapport aux **aéronefs**, les recherches actuelles portent également sur les économies d'énergie, le remplacement des carburants classiques et la diminution des nuisances sonores.

L'utilisation de nouveaux matériaux et de procédés visent à rendre les avions plus légers : matériaux composites, soudage par friction, remplacement des fluides hydrauliques et de l'air comprimé par le courant électrique. Le taux de recyclage des éléments constitutifs d'un avion (actuellement jusqu'à 85% par TARMAC AEROSAVE) devrait encore être amélioré dans les années à venir.



Figure 4 l'avion NOVA de l'ONERA

Un autre champ de recherche concerne l'architecture et l'aérodynamisme de l'avion, afin de réduire la traînée, comme par exemple le concept de l'aile volante ou de l'aile rhomboédrique. L'ONERA travaille sur un concept innovant, présenté comme une technologie de rupture, l'avion NOVA. Cet aéronef se caractérise par un fuselage ovale et plus large que les architectures actuelles,

permettant de configurer la cabine avec deux couloirs pour une capacité de 180 passagers. Les ailes sont équipées de *winglets* (pennes) inclinés vers le bas. Les moteurs sont situés à l'arrière, à moitié intégrés dans le fuselage ; leur diamètre est plus important que celui des réacteurs actuels. L'objectif principal est de réduire la traînée générale de l'avion¹⁷, mais aussi de le rendre plus silencieux. De futures conceptions d'intégration motrice dans la cellule (*buried engines*), ainsi que le carénage des atterrisseurs et des hypersustentateurs, devraient également contribuer à une réduction du bruit perçu.

Airbus, Boeing, Lockheed Martin,... les grands constructeurs et concepteurs sont activement à la recherche de nouveaux concepts d'avion pour demain. Les projets illustrés ci-dessous¹⁸ ne représentent que quelques-unes de ces innovations :

¹⁶ <http://www.aeroweb-fr.net/actualites/2012/07/farnborough-2012-quelles-solutions-pour-un-roulage-automatise>

¹⁷ <http://www.industrie-techno.com/l-avion-du-futur-vu-par-l-onera.43653>

¹⁸ <http://www.futura-sciences.com/sciences/photos/univers-top-17-avions-futur-688/>



Figure 5 : Les avions du futur

Boeing Sugar Volt : motorisation hybride ; la propulsion partiellement électrique utilisable au décollage est censée réduire le bruit et la consommation.

Lockheed Martin : un moyen-courrier biréacteur économe à aile rhomboédrique.

Airbus aux longues ailes : un fuselage plus élargi pour un volume intérieur plus grand. L'empennage est en U, les réacteurs sont installés contre le fuselage et non sous les ailes, une architecture destinée à réduire le bruit.

Les axes de recherche autour des moteurs et des carburants sont également orientés vers la réduction de la consommation et du bruit: amélioration du cycle primaire et du taux de dilution, rotor ouvert, systèmes hybrides, utilisation de biocarburants, moteurs à hydrogène liquide, installation de capteurs solaires sur les aéronefs,... Un autre projet plus récent consisterait à récupérer le CO₂ présent dans l'atmosphère et à le transformer en énergie. Si elle se concrétise, cette technologie pourrait changer la donne¹⁹.

L'aviation légère sera en grand partie composée d'avions électriques, comme en témoigne l'importance croissante accordée à ce type d'avions lors des derniers salons de l'aviation générale (par exemple l'*e-flight-expo* lors de l'AERO à Friedrichshafen en Allemagne²⁰).

L'ensemble de ces mesures est à même d'augmenter significativement la qualité de vie pour le citoyen. Par contre, concernant le transport aérien, l'impact de ces nouveaux concepts et procédés se situe surtout au niveau des prix des billets. Les mesures environnementales, l'augmentation du trafic aérien, l'épuisement des ressources fossiles et leur remplacement par des carburants

¹⁹ <http://www.europe1.fr/emissions/l-innovation-du-jour/rechauffement-climatique-des-scientifiques-ont-reussi-a-transformer-du-co2-en-carburant-2876786>

²⁰ <https://simandflight.com/2016/04/21/aero-2016-actualites-du-salon-international-de-laviation-generale/>

alternatifs, le recours à d'autres motorisations, la recherche de nouveaux concepts, tout cela a un coût. Le financement de ces innovations fera probablement grimper les prix des billets, par rapport à ceux d'aujourd'hui, avec comme conséquence pour l'usager, le choix - ou non - de l'avion comme moyen de transport.

Equipped, confort et service

Le voyage en avion en 2050, sera-t-il différent de celui d'aujourd'hui ? Les exigences auront-elles évoluées ? Quelles pourraient être les attentes et facteurs qui jouent sur la satisfaction / l'insatisfaction, et sur le ressenti d'un vol « agréable » ?

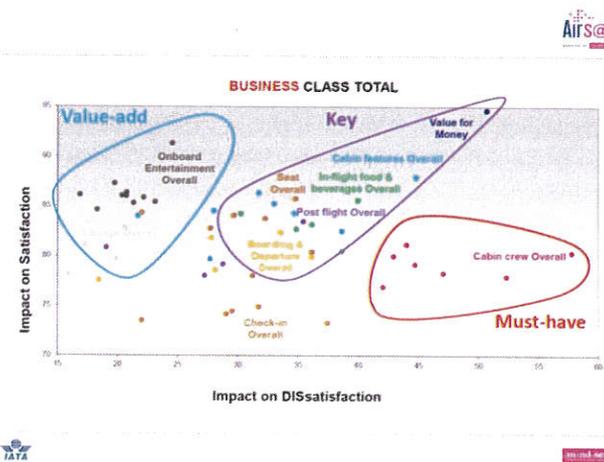


Figure 6 : In-flight impacts

Parmi les points les plus importants du vol figurent les attentes liées au confort d'être bien assis et également de pouvoir dormir, ainsi que la température ambiante, que ce soit pour les passagers de la *business class* ou pour ceux de la classe économique²¹.

La présence, la courtoisie et le professionnalisme d'un équipage (*cabin crew*) sont considérés comme indispensables. Des défaillances à ce niveau contribuent à un sentiment d'insatisfaction. Les moyens de divertissement en vol (films, musique,...) sont considérés comme un bonus qui influence positivement sur la satisfaction.

Les facteurs clés qui jouent à la fois sur la satisfaction comme sur l'insatisfaction sont notamment le ressenti « qualité/prix », le niveau d'équipement à l'intérieur de la cabine (qualité et largeur des sièges, possibilité de réglage, espace pour les jambes, lumière) ainsi que les collations et boissons proposées. On retrouve ces facteurs clés aussi bien pour la classe affaires que pour la classe économique, bien qu'à des niveaux légèrement différents²².



Figure 7 : concept de sièges Zodiac Aerospace

Les grands avionneurs comme Airbus et Boeing commencent à intégrer ces facteurs d'équipement cabine dans leurs nouveaux avions (Airspace pour Airbus²³, système siège/lit de la compagnie Zodiac Aerospace²⁴,...). Le wifi et l'accès à internet se généralisent également petit à petit au niveau des compagnies aériennes.

²¹ <https://www.iata.org/publications/Documents/iata-annual-review-2016.pdf> , p.50

²²

http://www.passengerexperienceconference.com/RXUK/RXUK_PexConference/Hamburg%202016/Presentations%202016/m1nd-set%20and%20IATA%20Presentation.pdf?v=635961569949620272

Dans un avenir proche, on pourrait imaginer des cabines ou des espaces encore plus individualisés et adaptés en fonction des différents types de voyage : mini-salons, espace famille / salon 4 ou 6 places

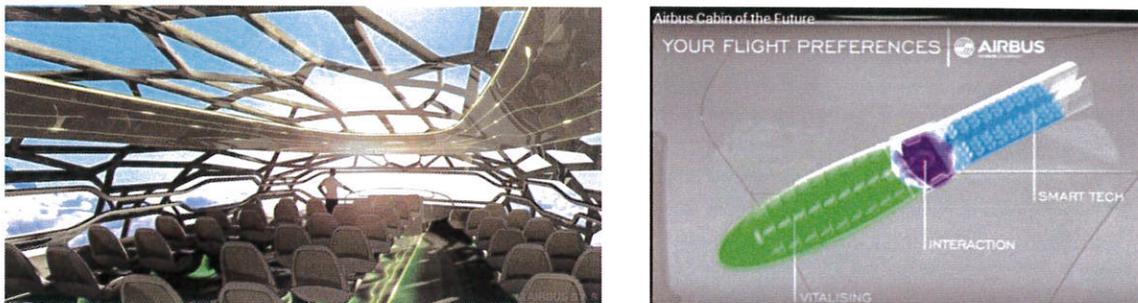


Figure 8 : cabine Airbus, à l'horizon 2050

(sièges amovibles pendant la phase de croisière pour être assis face à face), espace de travail ou de réunion, zones de repos pour les uns, vue panoramique pour les autres, espaces interactifs²⁵,... On peut s'attendre à ce que ces exigences augmentent. Le futur passager ne se contentera probablement plus de subir un transport en commun « basique ».

Grace à ces équipements fonctionnels et variés, l'usager pourra choisir entre plusieurs options, en fonction de ses préférences. Ceci devrait lui permettre de voyager plus agréablement. Par contre, ces aménagements influenceront sur le prix du billet ; on va sans doute vers des prestations à la carte, au delà d'un niveau de confort standard plus élevé (dont l'accès à internet gratuit) que celui d'aujourd'hui. Le niveau d'équipement variera également en fonction de la durée du voyage : moyen courrier – long courrier.

Le sentiment d'un voyage agréable est parfois aussi conditionné par l'entourage dans l'avion. Avoir un voisin qui ronfle, un enfant qui s'agite peut être gênant si on veut travailler ou lire tranquillement. Inversement, un voisin qui reste muet alors que l'on a envie de discuter est aussi frustrant. La possibilité d'être à côté d'une personne qui partage les mêmes centres d'intérêt peut rendre le voyage plus intéressant et enrichissant. Une piste est alors la généralisation du concept « meet and seat » mis en place par KLM. Ce service permet de « choisir » son voisin par les médias sociaux (*facebook, twitter,...*)²⁶.

Flexibilité

Les incertitudes concernant les évolutions à moyen terme sur les missions, les destinations et les taux de remplissage nécessitent un haut niveau d'adaptabilité.

Du côté des avionneurs, on souligne la nécessité de concevoir des avions qui sont adaptés à diverses missions et capables de voler dans plusieurs environnements²⁷, la durée de vie d'un avion de transport commercial étant d'environ 20 ans²⁸.

²³ <http://www.leparisien.fr/voyages/avion-airbus-devoile-le-futur-de-ses-cabines-24-03-2016-5659711.php>

²⁴ <http://www.easyvoyage.com/infos-voyageur/avion-les-sieges-du-futur-30428>

²⁵ <http://www.actinnovation.com/innovation-aeronautique/airbus-plane-concept-vie-a-bord-avion-du-futur-2480.html>

²⁶ <http://www.voyagesurlenet.com/klm-exemple-en-strategie-social-media/>

²⁷ Entretien avec Didier Lux, Airbus : <https://www.youtube.com/watch?v=4xvm3-FNpbI>

De même, flexibilité et mobilité s'imposent du côté des compagnies aériennes²⁹. L'enjeu est de disposer des avions, là où il le faut, en termes de destinations et d'horaires, mais aussi en termes de capacités (nombre de sièges, restauration,...).

Alors que les compagnies historiques génèrent une partie importante de leurs recettes par une clientèle de voyageurs « affaires » en première classe (27% des recettes en 2012)³⁰ et assurent des vols long courrier, le *business-model* des compagnies *low-cost* est davantage basé sur un taux de remplissage important et un maximum de rotations : *surbooking*, minimisation du temps d'immobilisation de l'appareil, un réseau constitué de liaisons point-à-point permettant d'éviter la gestion des correspondances des passagers et des transferts de bagages,...³¹.

Mais c'est justement l'enchaînement des rotations qui est la cause de retard numéro 1 (en moyenne, 40 minutes de retard au décollage ou à l'atterrissage dans l'Hexagone) : embarquement et débarquement des passagers et des bagages, vérifications et interventions sur les appareils, mesures de sûreté à l'aéroport,...³². Pouvoir maintenir des temps d'escale courts, voir les raccourcir sans que cela ne retarde le décollage, est un enjeu majeur pour les compagnies. Ceci nécessite donc un changement dans les procédures ou la mise en service d'un autre avion que celui qui était prévu.

Côté passager, le retard prolonge la durée du voyage, l'arrivée tardive peut avoir des conséquences fâcheuses : rendez-vous annulés, correspondances manquées,... En effet, pour la majorité des voyageurs, ce n'est pas la rapidité du transport en lui-même qui est privilégiée, mais la durée totale d'un trajet « de porte à porte ». Les attentes liées à l'embarquement constituent une des principales réticences dans le choix d'un voyage en avion.

En ce qui concerne les capacités de transport des avions dont disposent les compagnies, là aussi une plus grande flexibilité en fonction du nombre de passagers pourrait permettre d'optimiser le taux de remplissage et d'économiser du carburant. Actuellement, les compagnies *low-cost* misent sur une flotte d'appareils homogènes, afin de diminuer les coûts de formation, ainsi que les coûts des pièces détachées et de la maintenance. Le défi consiste à trouver une solution permettant de rendre compatible ces deux aspects.

Dans cette optique de flexibilité et d'augmentation des rotations, plusieurs solutions sont actuellement à l'étude ou en projet. Elles consistent à remplacer le concept de cabine intégrée à l'avion par un système de wagons ou de capsules. Les passagers effectuent l'embarquement directement à l'aéroport ou dans un lieu dédié, et les wagons sont ensuite acheminés vers l'avion. Potentiellement, l'embarquement devrait être plus rapide et contribuer ainsi à diminuer les retards.

²⁸ Nicolas Péteilh, MOOC ENAC Quel avion pour quelle mission, 2016, Les ordres de grandeur, p. 159

²⁹ Entretien avec Pierre Bogart, Easyjet : <https://www.youtube.com/watch?v=fjBQzRALtc>

³⁰ Nathalie Lenoir : Les mutations de l'économie du transport aérien, dans : Le transport aérien – une mondialisation réussie, La documentation Française, N° 78 Mars-avril 2016, p. 19

³¹ <http://transport.sia-partners.com/la-reponse-des-compagnies-aeriennes-historiques-europeennes-loffensive-du-low-cost>

³² <http://www.easyvoyage.com/pratique/les-causes-des-retards-aeriens-20>

Deux options sont alors envisageables³³ :

- 1) les cabines roulent dans le fuselage d'un avion de type classique, via une rampe (système « Shift ») :

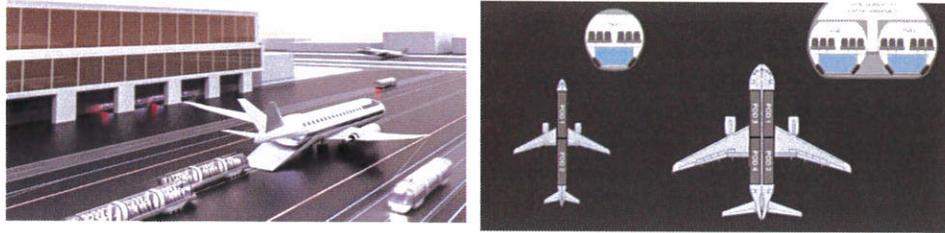


Figure 9 : système "Shift"

- 2) les cabines ou capsules sont accrochées à l'avion de type aile volante. Grâce aux diverses combinaisons de cette deuxième approche modulaire (capsules amovibles), un avion peut atterrir avec un chargement et repartir avec une autre configuration.



Figure 10 : projet "Horizon"

Ces systèmes permettraient également d'avoir des cabines plus adaptées à des besoins spécifiques (différentes classes, capsules équipées pour des personnes à mobilité réduite, capsules « espace de travail », capsules « loisir »,...). Ces cabines pourraient aussi servir pour d'autres missions (transport de marchandises,...), sans qu'il y ait besoin d'effectuer des aménagements lourds à bord comme dans une cabine centrale d'un avion classique.

En plus, on pourrait imaginer que l'avion transporte, lors de son trajet, des capsules de compagnies différentes, chacune des compagnies gardant ses spécificités et sa clientèle, seule la partie trajet de l'aéroport A à l'aéroport B reste la même (accords de *joint-venture*).

Une éventuelle dissociation des parties « aile volante » et « capsules » (*type projet Horizon*) permet également d'avoir une plus grande flexibilité. La réparation et la maintenance non planifiée des moteurs et de la structure de l'avion n'immobilisent pas les capsules, qui pourront alors être transportées par un autre avion de remplacement, sans que cela ne nécessite des opérations de débarquement/embarquement supplémentaires.

Ces solutions sont compatibles avec la pratique des alliances avec d'autres compagnies. Les principaux objectifs des alliances sont de faciliter le passage d'un réseau à l'autre, tant du point de vue des tarifs que de celui des horaires, mais aussi de maximiser les offres de destinations en utilisant à plein l'effet multiplicateur créé par un partenariat avec un grand nombre de compagnies³⁴.

³³ <http://www.harvardbusinessmanager.de/extra/artikel/mit-welchen-konzepten-sich-die-luftfahrt-veraendert-a-1022787-2.html>

³⁴ Julien Lebel, Pierre Zembri : Les compagnies aériennes face à la concurrence croissante : des stratégies et des objectifs différenciés, dans : Le transport aérien – une mondialisation réussie, La documentation Française, N° 78 Mars-avril 2016, p. 79

Aéroports : sûreté, fluidité, acheminement



Figure 11 : Une des huit queues des aéroports de départ

L'organisation et la conception des aéroports ont beaucoup évolué ces dernières années : rallongement de la durée de construction des terminaux, réglementations en matière d'environnement et de nuisances sonores, développement et déploiement d'avion gros porteurs,...

L'augmentation du nombre de voyageurs et des vols, les menaces terroristes ou encore l'arrivée de demandeurs d'asile, ont rendu la coordination des activités au sol - assurer la sûreté, la sécurité, et la fluidité - beaucoup plus complexes.

Pour le voyageur, les temps d'attente ont considérablement augmenté : trouver un parking, enregistrer les bagages, passer les contrôles, nécessite de se rendre de plus en plus en avance à l'aéroport, au moins pour la grande majorité de ceux qui voyage en classe économique³⁵.

L'évolution de l'offre de services dans les aéroports va de pair avec cette évolution. Restauration, espace de travail, connectivité, espaces marchand (*dutyfree*), équipements de loisirs (musées, salle de musculation,...) font des plus grands aéroports de véritables « aéroville » aux enjeux économiques et financières : *Dubai International Airport* sera équipé à terme de vastes complexes commerciaux et résidentiels, entourée de terrains de golf ; l'aéroport de *Vancouver* dispose d'un parc et d'un aquarium ; à *Changi Singapour* on trouve des cinémas, des saunas, la reconstitution d'une forêt tropicale ; *Amsterdam Schipol* expose des œuvres de maîtres hollandais³⁶,...

Si ces aménagements servent à diminuer le temps d'attente passive en faveur d'une attente active, l'aéroport reste le plus souvent, un lieu de passage pénible, entre le point de départ initial et le lieu de destination finale, au point que, pour les distances inférieures à 500 km, les trains à grande vitesse arrivent facilement à concurrencer l'avion. Comme principales contraintes liées au transport aérien on peut citer la localisation des structures aéroportuaires, le plus souvent excentrées, et les attentes liées à l'embarquement, ainsi que les distances à parcourir au sein de l'aéroport³⁷.

Les solutions à mettre en place à l'horizon 2050 devraient passer par des nouvelles architectures aéroportuaires.

Pour l'embarquement, une des solutions envisageables est le concept de *Passenger Airport Shuttles* (Aéroport à navettes passagers). Il s'agit d'une approche décentralisée. Les passagers sont acheminés depuis le terminal central vers des « skygates », via des navettes commandées par un système de contrôle central automatisé. Dès son entrée dans le véhicule, une fonction d'identification assure la reconnaissance du passager et des données de son vol par le système de contrôle. Le traitement des bagages se fait dans le *skygate* (petit terminal externe), interface entre la navette et l'aéronef. Cette approche doit permettre aux passagers de se rendre à l'aéroport moins de dix minutes avant le

³⁵ <http://www.bestglobe.fr/contenu/pratiques-voyageur/les-huit-queues-des-a%C3%A9roports-de-d%C3%A9part>

³⁶ Renaud Le Goix : Aéroports et métropoles : l'important c'est d'arriver là où on veut aller, dans : Le transport aérien – une mondialisation réussie, La documentation Française, N° 78 Mars-avril 2016, p. 62

³⁷ http://archivesma.epfl.ch/2012/033/geibel_enonce/Final.pdf/

décollage³⁸. On trouve ce concept de terminal externe sur l'aéroport de *Hong Kong International*. Toutefois, l'aéroport est contraint de se doter d'une infrastructure supplémentaire.

Une solution plus globale consiste à transformer l'aéroport en un véritable pôle d'échange multimodal entre avion, train, métro, tram, et voiture³⁹. Les modes d'acheminement vers l'aéroport à privilégier sont le train et le réseau de transport urbain (Métro, RER,...). L'évolution vers des voitures plus propres (électriques) ne résoudra pas l'accès et l'encombrement au niveau des parkings aéroportuaires. Si l'on souhaite minimiser les temps d'attente, il faut alors mettre en œuvre une bonne coordination entre les horaires train – avion, avec une fréquence importante et adaptée aux heures d'ouvertures des terminaux (pas question de rester bloqué plusieurs heures à l'aéroport à cause d'une arrivée tardive de l'avion). Ce pôle multimodal doit également permettre d'accéder rapidement aux terminaux avec une architecture permettant de minimiser les distances à parcourir.

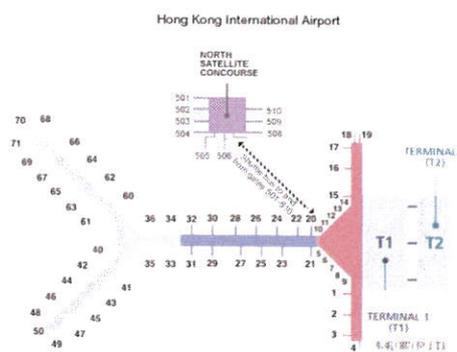


Figure 12 : L'aéroport international de Hong Kong (1998)

http://fr.ceair.com/muovc/main/fr_FR/Static_pages/Airport_Information_HongKong.html

Côté passager, ces conceptions auront comme probable conséquences une diminution du temps d'attente passif et un temps de voyage plus court dans sa totalité. En effet, pour la majorité des voyageurs, ce n'est pas la rapidité du transport en lui-même qui est privilégiée, mais la durée totale d'un trajet « de porte à porte ».

A l'horizon 2050, nous proposons donc de raisonner en termes de voyage et non plus uniquement en termes de transport aérien (in-flight).

Nous présentons par la suite le projet Clip-Air, qui est susceptible d'apporter des réponses opérationnelles à cette approche.

3. Le Projet Clip-Air

Le projet Clip-Air a été développé par L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Il s'agit d'un nouveau concept pour le transport multimodal, basé sur un avion modulaire. Une maquette de cet avion a été présentée au Salon international de l'aéronautique et de l'espace du Bourget, en juin 2013. Ce concept nous paraît être en mesure d'apporter des réponses aux nombreux défis évoqués, à l'horizon 2050 : modularité, flexibilité, possibilité de transport combiné, moins de moteurs et de consommation ainsi

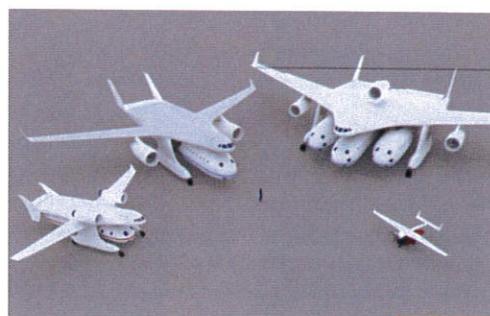


Figure 13 : Différentes versions de l'avion Clip-Air

³⁸ <http://www.techniques-ingenieur.fr/actualite/articles/laeroport-du-futur-1137/>

³⁹ Entretien avec Patrick Jeantet – Aéroports de Paris, <https://youtu.be/LV001CkoZIO>

que la possibilité d'utilisation de nouveaux carburants sont les principaux atouts de cet avion nouvelle génération.

Le principe

Clip-Air est un avion modulaire composé d'une aile volante sous laquelle on accroche une ou plusieurs capsules de passagers et / ou de fret. L'aile volante peut accueillir jusqu'à trois capsules d'une capacité de 150 passagers chacune⁴⁰.

Une vidéo de simulation peut-être téléchargée à l'adresse suivante :

https://documents.epfl.ch/groups/e/ep/epflmedia/www/20130610_clipair/videos/clipair_Gohard_june%202016.mp4

L'architecture

La base motrice est constituée d'une aile volante de grande envergure (environ 60 mètres pour le modèle 3 capsules), comparable à celle de l'avion expérimental Boeing X-48B⁴¹ en taille réelle. La version trois capsules dispose de trois moteurs, dont un fixé sur l'aile, d'un cockpit non accessible depuis les capsules, de réservoirs et d'un train d'atterrissage.



Figure 14 : architecture Clip-Air

⁴⁰ <http://clipair.epfl.ch/>

⁴¹ <http://www.nasa.gov/centers/dryden/research/X-48B/index.html>

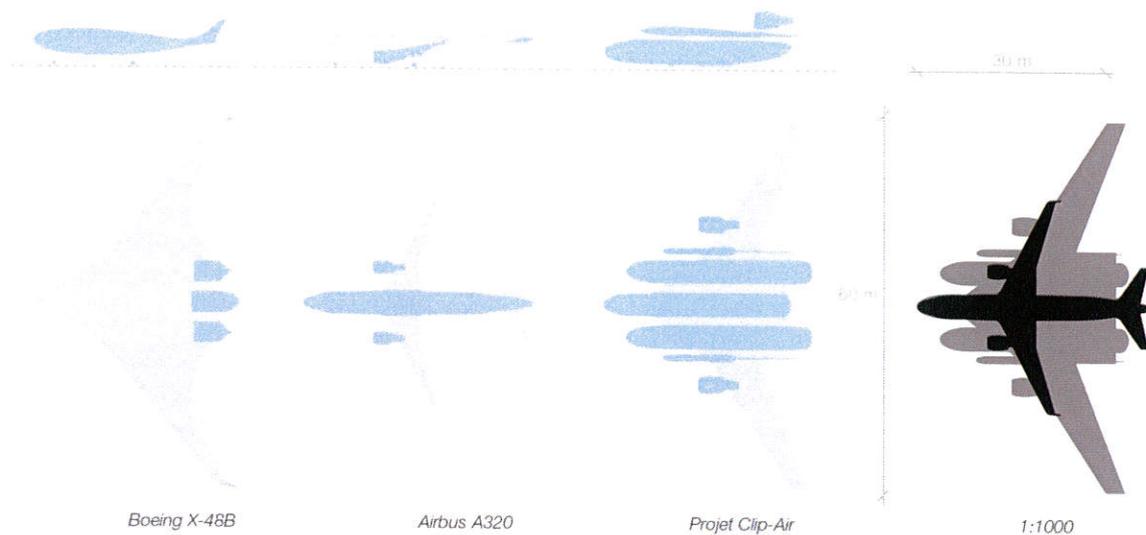


Figure 15 : comparaison d'envergures d'avions

Moteurs et carburant

L'aile volante peut être équipée aussi bien de moteurs *turboprop* – pour l'aviation de loisir - que de moteurs *turbofan*. Pour la version équipée de trois capsules, le moteur central est fixé sur l'aile, ce qui doit rendre ce tri-réacteur moins bruyant.

Plusieurs types de carburants alternatifs peuvent être utilisés, dont notamment l'hydrogène liquide (LH2), qui ne rejette pas d'émission de CO2 dans l'atmosphère, ou encore du gaz naturel liquéfié (GNL) à prédominance de méthane (CG4).

	Clip-air	Avion standard
Bio-carburant (Microalgues, Jatropha ⁴² , ...)	✓	✓
cellules solaires sur l'aile	○	○
GNL (gaz naturel liquéfié) à prédominance de méthane CH4	✓	✗ modification importante nécessaire
LH2 (hydrogène liquide)	✓	✗ modification importante nécessaire
Jet-A (kérosène standard pour l'aviation)	✓	✓
gaz, biomasse, charbon (procédé Fischer-Tropsch ⁴³)	✓	✓

⁴² Actuellement, la production et commercialisation de cette plante de l'hémisphère Sud comme agro-carburant est contestée, à cause de son faible rendement et son prix environnemental (fort besoin en eau et produits chimiques, déforestation,...) source : <http://www.20minutes.fr/planete/660238-20110127-planete-le-jatropha-fiasco-parmi-agro-carburants>

⁴³ Réaction chimique qui permet de synthétiser par catalyse des hydrocarbures à partir de monoxyde de carbone et d'hydrogène source : http://www.univ-paris-diderot.fr/DocumentsLabos/126H/File/TH2_Fischer_Tropsch.pdf

Dans la perspective d'une future utilisation d'hydrogène liquide ou de GNL en substitution du kérosène standard Jet-A, se pose le problème de la structure et de l'emplacement de réservoirs pouvant supporter de très basses températures (-253 °C). L'équipe d'ingénieurs du projet Clip-Air a étudié les possibilités de réservoirs cryogéniques intégrés et de réservoirs externes. Contrairement à l'avion Cryoplane d'Airbus, où les réservoirs sont intégrés dans le fuselage et situés au dessus de la

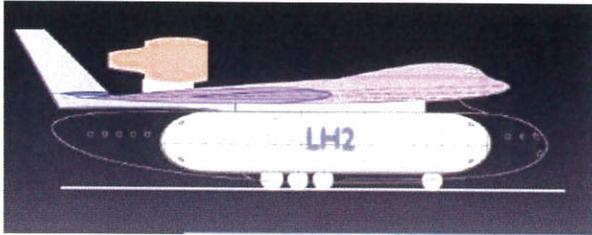


Figure 16 : réservoir cryogénique externe

cabine des passagers⁴⁴, la solution proposée par l'équipe Clip-Air est basée sur une externalisation des réservoirs cryogéniques⁴⁵. L'architecture de l'avion s'y prête particulièrement bien, puisque la capsule centrale peut être remplacée par ces réservoirs cryogéniques externes, ayant une forme sphérique ou cylindrique. Cette

configuration présente notamment deux avantages : 1) La taille et / ou le nombre de réservoirs est modulable et peut ainsi être mieux adapté à la mission, 2) les réservoirs sont détachables, ce qui permet un remplissage à l'extérieur de l'aéroport, et donc un gain de temps par rapport au ravitaillement en carburant sur le tarmac.

Les capsules

Contrairement à la spécialisation des avions actuels, la modularité des capsules permet le transport combiné de passagers, de courrier et de marchandises avec la même base motrice.

La dimension des capsules passagers pour des avions commerciaux est équivalente à celle des wagons ferroviaires : une capacité d'environ 150 places, une longueur de 27 mètres, une hauteur de 4,8 mètres, un poids de 40 tonnes. L'avion Clip-Air pourra donc transporter jusqu'à 450 personnes, avec trois capsules passagers.



Figure 17 : différentes capsules Clip-Air

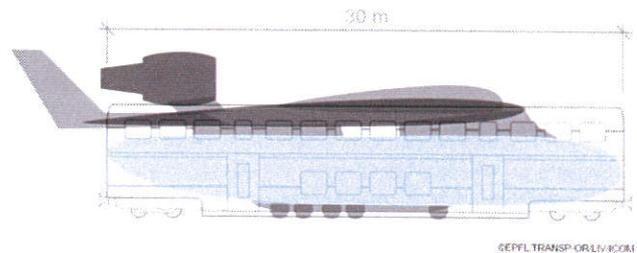


Figure 18 : comparaison de dimensions wagon ferroviaire - capsule Clip-Air

⁴⁴ http://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/dgllr/hh/text_2001_12_06_Cryoplane.pdf

⁴⁵ <http://clipair.epfl.ch/files/content/sites/clipair/files/Publications/ClipAirFinalReport.pdf>

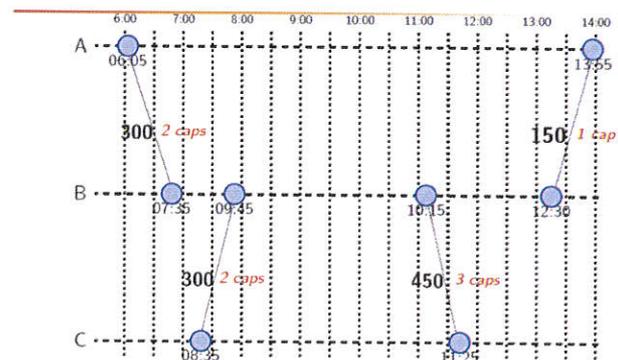
Modularité et flexibilité

Avec cette configuration de trois capsules passagers, le Clip-Air peut transporter autant de passagers que trois A320, avec deux fois moins de moteurs et trois fois moins de personnel navigant technique (*flight crew*). Le tableau ci-dessous résume les différentes capacités potentiels de transport :

	A320	Clip-Air
Maximum Capacity	150 seats	3x150(450 seats)
Engines	2 engines	3 engines
Maximum Aircraft Weight	1 (plane/capsule) 2 (planes/capsules) 3 (planes/capsules)	78t 139t (+78%) 208t (-11%)
	2x78t (156t)	173.5t (+11%)
	3x78t (234t)	208t (-11%)

Figure 19 : Analyse comparative A320 - Clip-Air

L'intérêt qu'apporte une plus grande flexibilité des capacités de transport a été étudié plus en amont. Le Clip-Air est en mesure de répondre, au moins partiellement à ce défi. A titre d'exemple, basons-nous sur une constellation avec trois aéroports A, B et C, et des liaisons directs A <-> B et C <-> B. A l'aller, 300 voyageurs ont réservé un vol de A -> B, et 300 de C -> B. La



compagnie doit donc disposer de deux ailes volantes Clip-Air, chacune transportant deux capsules de 150 passagers. Pour les vols retour, quelques heures plus tard, seuls 150 passagers se rendent à l'aéroport A, par contre 450 passagers retournent vers C. Là encore, seuls deux avions Clip-Air sont nécessaires, un équipé d'une seule capsule, et l'autre de trois capsules. En cas de nécessité, la capsule en surnombre qui se trouve maintenant à l'aéroport C, peut être acheminée par transport ferroviaire vers A⁴⁶. Par contre, si ces liaisons étaient assurées par des avions classiques avec une capacité de 150 passagers chacun, quatre avions seraient nécessaires et nous aurions un déséquilibre en termes d'appareils, puisque trois avions se trouveraient à l'aéroport C, en fin de journée, et un seul à l'aéroport A.

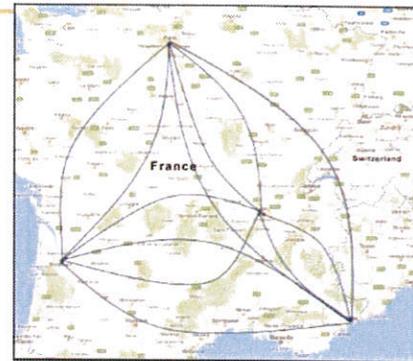
Au delà du transport de passagers, la flexibilité inhérente à ce concept permet également un transport mixte avec le même avion : passagers, courrier, fret .

L'équipe de *Recherche opérationnelle Transport* de l'EPFL a modélisé plusieurs scénarios pour calculer la rentabilité de ce concept, afin de comparer le bénéfice généré par l'utilisation du Clip-Air à celui d'avions standards (A320, A330 et B747-200). Concernant la France, trois cas de figure ont été analysés : 1) celui d'un réseau *hub&spoke* à partir de Paris et en direction de Pau, Bayonne, Strasbourg et Bâle, 2) celui d'une liaison simple Paris – Nice, et 3) celui d'un réseau point-à-point Paris – Nice, Paris – Lyon, Paris – Bordeaux, Lyon – Nice, Lyon – Bordeaux et Bordeaux – Nice (voire schémas ci-dessous).

⁴⁶ <http://clipair.epfl.ch/files/content/sites/clipair/files/Publications/MultimodalModeling.pdf>

Network effects - Peer-to-peer network

Data		
Airports		4
Flights		98
Density (Flights/route)		8.17
Passengers		28,465
Itineraries		150
Standard fleet types	A320(150), A330(293), B747-200(452)	
Results		
	Standard fleet	Clip-Air
Operating cost	3,189,763	3,117,109
Spill costs	982,556	978,683
Revenue	5,056,909	5,060,782
Profit	1,867,146	1,943,673 (+ 4.1 %)
Transported pax.	20,840	21,424 (+ 2.8 %)
Flight count	91	84
Total flight duration	6650 min	6160 min
Used fleet	7 A320 10 A330 3 B747	13 wings 28 capsules
Used aircraft	20	13
Used seats	5336	4200 (- 21.3 %)
ASK	502,695,667	366,520,000
TPASK ($\times 10^{-5}$)	4.15	5.85



- High flight density
- Better connected network
 - ⇒ increased potential
 - ⇒ higher profit
 - ⇒ less allocated capacity
 - ⇒ significantly less aircraft

Network effects - Hub and spoke

Data		
Airports		5
Flights		26
Density (Flights/route)		3.25
Passengers		9,573
Itineraries		37
Standard fleet types	A320(150), A330(293), B747-200(452)	
Results		
	Standard fleet	Clip-Air
Operating cost	817,489	938,007
Spill costs	484,950	393,677
Revenue	1,247,719	1,338,992
Profit	430,230	400,985 (- 6.80 %)
Transported pax.	5,031	5,721 (+ 13.71 %)
Flight count	24	22
Total flight duration	1850 min	1700 min
Used fleet	5 A320 2 A330 1 B747	6 wings 12 capsules
Used aircraft	8	6
Used seats	1788	1800
ASK	46,860,500	43,350,000
TPASK ($\times 10^{-5}$)	10.74	13.20



- Low flight density
 - ⇒ less potential
 - ⇒ lower profit

Figure 20 : Comparaison de rentabilité entre Clip-Air et avions standards

Selon les résultats obtenus, l'utilisation du Clip-Air est particulièrement intéressante sur des liaisons intracontinentales directes et très fréquentées, dans une configuration de réseaux bien interconnectés. Dans le scénario décrit ci-dessus, le bénéfice est augmenté de 4,1 %, en lien à la fois avec une diminution des coûts et avec une augmentation des revenus, puisque le nombre de passagers transportés peut être plus important. En même temps, le nombre d'ailes volantes à utiliser

(13 avions Clip-Air) est moins important que le nombre d'avions classiques sur ces liaisons (20 avions de type A320, A330 et B747-200).⁴⁷

Par contre, dans une constellation *hub&spoke* et sur des liaisons moins fréquentées, les coûts d'exploitation du Clip-Air sont plus élevés que ceux d'une flotte standard et diminuent le bénéfice. Pour les vols long courrier et intercontinentaux se pose le problème de rapatriements des capsules vides.

Multi-modalité



Figure 21 : Gare d'embarquement des capsules Clip-Air

Le projet Clip-Air s'inscrit également dans une approche plus globale de transport. L'architecture des capsules doit en effet permettre de les acheminer par le rail. L'idée est de pouvoir embarquer dans une capsule à partir d'une gare ferroviaire de proximité et, sans quitter son siège, ni passer par le terminal aéroportuaire, s'envoler vers une autre ville.

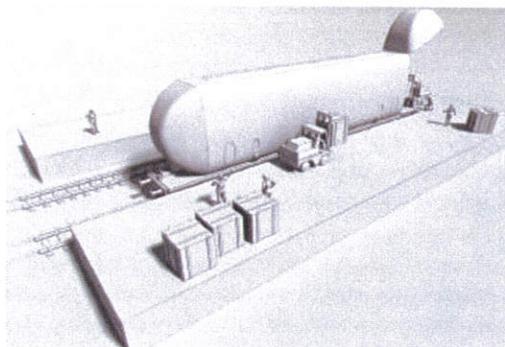
Le contrôle (identité, billets, passage au scanner, étiquetage et enregistrement des bagages,...) est alors décentralisé : il se fait dans les gares ferroviaires. Des infrastructures supplémentaires sont nécessaires. Toutefois, des solutions électroniques d'identification et de contrôle automatisé permettent des détections plus détaillées, aussi bien au niveau des grandes gares ferroviaires qu'au niveau des aéroports. Les simulations effectuées font état d'un gain de temps d'environ 1h1/4 entre l'état actuel (plus de 2 heures) et la solution proposée (45 minutes), depuis le *check-in* à l'embarquement⁴⁸. Concernant les bagages, il est prévu de les affréter dans un wagon à part. Le contrôle et le tri se feraient par des installations existantes dans les aéroports, qui mettent actuellement 8 minutes pour accomplir l'ensemble des étapes de tri les conduisant au container. D'ici 2050, on pourrait également imaginer des valises connectées. Grâce à une puce intégrée dans la valise, le passager pourra géolocaliser son bagage via son smartphone et signaler d'éventuels problèmes détectés (destination non conforme, fracturation, détérioration,...).

Par contre, toutes les gares ferroviaires ne pourront probablement pas prendre en charge la fonction de contrôle frontalier assurant l'accueil dans des zones de transit (ZAPI). L'approche proposée d'embarquement à la gare ferroviaire sera donc limitée aux vols à l'intérieur des espaces ayant signé des accords en matière de déplacement et d'immigration (Schengen pour l'UE).

Le passage par le terminal aéroportuaire sera alors facultatif pour le voyageur, en tout cas il disposera d'un temps très limité pour par exemple effectuer des achats.

⁴⁷ <http://transp-or.epfl.ch/documents/talks/NOW13.pdf>

⁴⁸ http://archivesma.epfl.ch/2012/033/geibel_enonce/Final.pdf/



Le chargement des capsules de marchandises pourra également se faire en dehors de la zone aéroportuaire, dans des gares de marchandises ou sur le site de production.

Figure 22 : Clip-Air : chargement capsule marchandises

Une fois arrivées au pôle multimodal de l'aéroport, les capsules seront détachées du train et acheminées jusque sous l'aile volante par des chariots roulants téléguidés et équipés de vérins. Elles

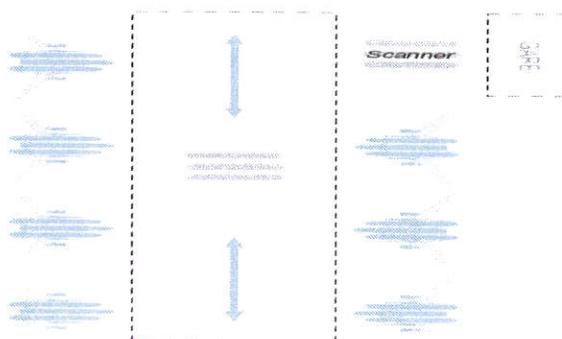


Figure 23 : concept d'un pont transbordeur

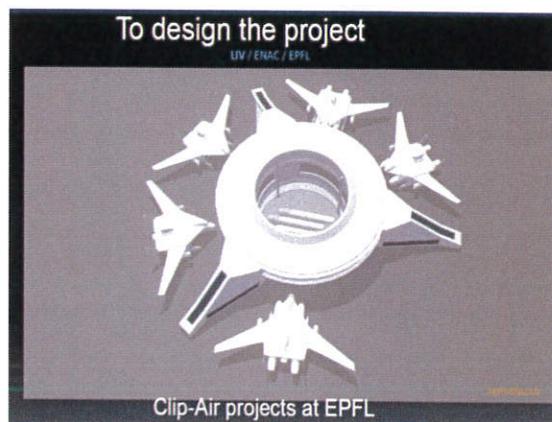


Figure 24 : plaque tournante pour l'acheminement des capsules

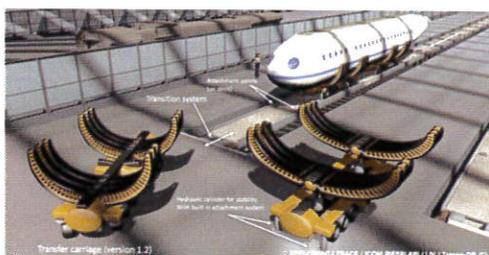


Figure 25 : chariot roulant équipé de vérins

passeront alors soit par un pont transbordeur, soit via une plaque tournante conçue spécialement à cet effet dans des aérogares du futur. Lors de ce passage, les capsules seront scannées pour détecter d'éventuels défauts ou dommages dans la structure. Le temps nécessaire pour l'acheminement et la fixation des capsules à l'aile volante est estimé à environ 30 minutes.

Afin d'optimiser le passage des capsules du train à l'avion, les nouveaux aéroports devront tenir compte de cette approche multimodale. Ainsi, la conception d'un nouveau terminal dédié à l'accueil de l'avion et des capsules Clip-Air pourrait intégrer le système d'une plaque tournante. Le schéma ci-contre montre une architecture imaginée pour un terminal de l'aéroport international de Genève-Cointrin. Celui-ci est caractérisé par trois niveaux : accès au terminal et au tarmac au niveau 0, arrivée des trains au niveau -1, traitement des bagages au niveau -2. En effet, l'aéroport de Genève semble se prêter particulièrement bien pour la mise en place d'un terminal dédié. L'aéroport est déjà desservi par les trains depuis la gare centrale de Genève Cornavin. Il suffit de prolonger la voie ferrée

de quelques centaines de mètres pour desservir ce nouveau terminal Clip-Air. La prise en compte de ces changements et la pleine exploitation de l'approche multi-modale sont avant tout envisageables pour les futurs aéroports. Il en est de même pour le transport combiné avion – tube Hyperloop (capsules hermétiques dans un tube à basse pressurisation)⁴⁹, où encore l'intégration du PAT (*Personal Air Transport*) en pilotage automatique autonome, évoqué dans les scénarios ULS et RPP.



Figure 26 : gare multimodale

La multi-modalité assurée par ce système de capsules facilite également le basculement entre transport terrestre et transport aérien, puisque le voyage peut être effectué par l'une ou l'autre de ces voies, sans que le passager ne soit obligé de changer de place. En cas de conditions météorologiques ou climatiques qui rendent le transport aérien impossible, le transport se poursuit alors par le rail.

Sûreté et sécurité



Figure 27 : Clip-Air - capsules passager et cargo

Le concept d'aile volante autonome a également des répercussions sur la sûreté et la sécurité du vol. Le cockpit n'est pas accessible depuis la cabine des passagers, un détournement de l'avion par intrusion en vol n'est donc plus possible. Cette séparation physique entre les passagers et les pilotes pourrait également constituer une phase de transition entre la pratique de pilotage actuelle (programmation des routes via le *FMC – flight management computer* et phases de pilotages manuelles) et le *full*

automation, tel qu'il est prévu dans les scénarios *unlimited skies* et *regulatory push-pull*. L'avion étant un moyen de locomotion spécifique par rapport aux moyens de transport au sol, il nous semble en effet peu probable que les passagers acceptent un pilotage entièrement guidé par le sol, à l'horizon 2050⁵⁰. Certes, d'un point de vue technologique, les avions sans pilotes pourraient devenir une réalité vers 2035 ou 2040, notamment pour le transport de courrier et de marchandises, mais un changement des mentalités ne nous paraît envisageable que si l'autonomie des moyens de transport au sol (trains et voitures autonomes) se généralise.

⁴⁹ http://www.sciencesetavenir.fr/high-tech/elon-musk-annonce-l-hyperloop-un-moyen-de-transport-revolutionnaire_28215

⁵⁰ <http://tempsreel.nouvelobs.com/economie/20150616.OBS0923/y-aura-t-il-un-jour-pas-de-pilote-dans-l-avion.html>

Concernant les capsules, elles pourraient être munies de parachutes et il serait théoriquement envisageable de les larguer en vol en cas de problème technique sans causer de pertes humaines. L'EPFL travaille également sur un projet d'équipement en parachutes de ces capsules.

Compatibilité avec d'autres projets innovants

Le concept Clip-Air est compatible, voire mieux adapté à la plupart des autres pistes d'amélioration évoquées et de projets innovants : capsules ou espaces panoramiques, de loisir, de travail, disposition des sièges, éclairage, tractation moteur éteints jusqu'à la piste de décollage, contrat 4D, profils de montée et de descente plus silencieux, meet&seat, ...

Phases d'évolution

La feuille de route exploratoire de 2012 prévoyait l'introduction du concept Clip-Air entre 2018 et 2025, avec un modèle à 1 capsule, pour les avions privés. Pour l'aviation de ligne, la mise en place est envisagée pour 2050.

L'état actuel (septembre 2016) de l'avancée du projet fait apparaître un retard. Le coordinateur du projet à l'EPFL, Claudio Leonardi, estime qu'il y aura encore besoin de cinq ans de recherche représentant un budget de 1,5 millions d'euros. Il faudra également 7 millions d'euros pour le développement de deux prototypes mono-capsule (type avion d'affaire) à échelle réduite.

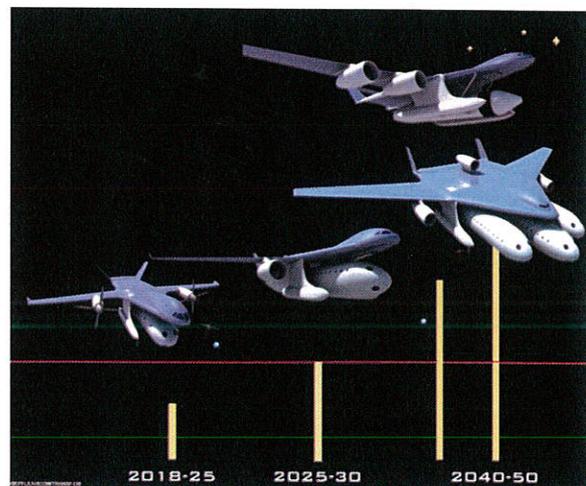


Figure 28 : phases d'évolution du Clip-Air

A noter, que l'EPFL a également participé au développement de nombreux projets innovants, dont Solar Impulse et Jetman.

Impacts potentiels sur le passager

Le projet Clip-Air semble prometteur en ce qui concerne ses impacts potentiels positifs sur le voyage :

- diminution du temps de voyage dans son ensemble,
- embarquement dans une gare (ferroviaire) de proximité,
- moins de queues d'attentes (gain de temps estimé de plus d'une heure entre le check-in et l'embarquement),
- confort du voyage : pas de changement nécessaire entre le train et l'avion, moins de distances à parcourir à pied,

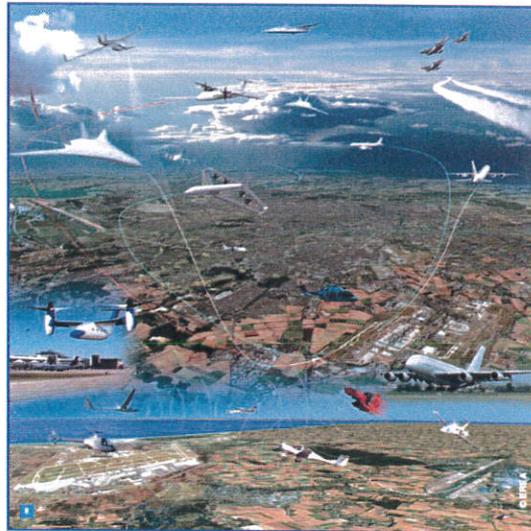
- aménagements plus facilement adaptables à des besoins spécifiques (personnes à mobilité réduite, transport sanitaire,...),
- diminution des risques de détournement lors du vol,
- en cas de problèmes climatiques, l'ensemble du voyage peut se poursuivre sur le rail.

Si l'on inclut l'acheminement « ferroviaire » dans le prix du billet de vol, celui-ci sera évidemment plus élevé. Un autre aspect qui peut représenter un inconvénient pour certains usagers, c'est le fait qu'il n'y aura pas ou moins de temps disponible pour le « shopping » à l'intérieur de l'aéroport – une alternative de commande en ligne doit donc être proposée.

Conclusion

En 2050, le trafic mondial aérien aura augmenté, notamment en provenance et en direction de l'Asie (Chine et Inde). Les longs courriers passeront par des hubs « aéroilles », les moyens courriers par des liaisons point à point, soit par voie aérienne, soit par transport ferroviaire, grâce à une meilleure coordination et/ou à des dispositifs multimodaux.

On trouvera plus de variétés d'aéronefs qu'aujourd'hui. Se côtoieront des avions classiques long courrier type A380 ou Boeing 747, rendus moins bruyants et moins gourmands en carburant, des avions modulaires moyen courrier sous forme d'ailes volantes utilisant des carburants moins polluants, quelques rares avions d'affaires supersoniques soumis à une réglementation stricte et à une écotaxe dissuasive. Les avions et planeurs privés à moteurs électriques, hybrides et solaires auront remplacé de plus en plus les moteurs à piston classiques.



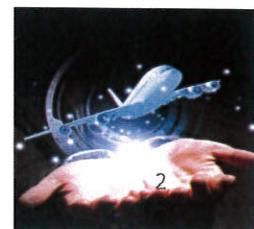
La gestion du trafic aérien et le pilotage des avions sera partiellement automatisée. Les avions de fret, seront majoritairement contrôlés et pilotés depuis le sol et voleront sans pilote. Pour le transport des passagers, le pilotage sera mixte : en règle générale automatisé et coordonné depuis le sol, en cas de problème intervention du pilote à bord de l'avion. Les profils de vol seront définis dans une logique d'économie d'énergie (*low cost factor*) au détriment d'un gain de temps minime. Les profils de montée et de descente obéiront à des règles de préservation de l'environnement et d'approches les plus silencieuses possible. Sans doute va-t-il également falloir régler le trafic des nombreux drones en leur attribuant des espaces et routes aériennes dédiés.

Pour le passager, l'embarquement prendra moins de temps, les moyens de transport seront plus interconnectés qu'actuellement. Grâce à plus de flexibilité dans la gestion des avions et des concepts de transport rail – air combiné, les retards auront tendance à diminuer et le voyage dans son ensemble sera plus court. A bord aussi, les configurations et équipements variés permettront de mieux satisfaire les besoins individuels, et de faire du vol plus qu'un déplacement à subir. Tout bien considéré, voyager en avion en 2050 sera plus agréable et plus sûr qu'aujourd'hui pour l'utilisateur.

L'AUTOMATISATION DES PLATEFORMES AEROPORTUAIRES

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION:



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Sommaire

Introduction

1. Côté ville

- a. BagXpress
- b. Evolv Edge

2. Côté piste

- a. AirCobot
- b. Drones

3. Let's imagine !

Conclusion



Introduction



Comment concevoir l'aéroport de 2030 ?

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION:



1. Côté ville

Depuis le centre-ville jusqu'au poste d'inspection-filtrage
(parkings, commerces, hôtels...)

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION:



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires
BagXpress

- Mis en place en décembre 2012
- Exclusivité Paris Aéroports (Orly et Roissy)
- En partenariat avec la société Alstef
- Traitement de 60 bagages par heure
- Fluidifier et réduire le parcours passager
- Un agent AirFrance pour 5 machines



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Evolv Edge
(poste d'inspection-filtrage)



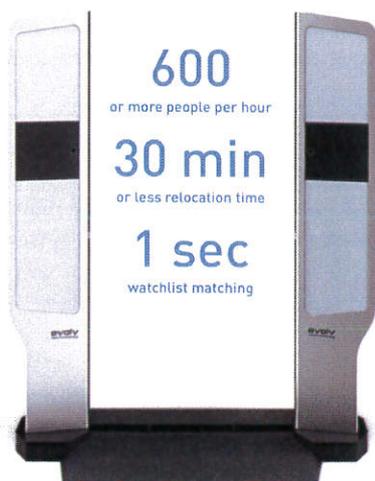
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Evolv Edge
(poste d'inspection-filtrage)



- Scanner corporel à ondes millimétriques
- Intelligence artificielle
- Reconnaissance faciale
- Pas besoin d'enlever bagages ni effets personnels

SESSION:

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**



2. Côté piste

Depuis le poste d'inspection-filtrage jusqu'aux pistes, taxiways...

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION:



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

AirCobot

(Aircraft enhanced Inspection by smaRt & Collaborative rOBOT)



SESSION:

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

AirCobot

(Aircraft enhanced Inspection by smaRt & Collaborative rOBOT)

- Développé conjointement par Airbus, AKKA Technologies, le LAAS-CNRS et l'Ecole des Mines d'Albi depuis 2013
- Facilitation des inspections de l'avion au sol
- Réduction des temps d'immobilisation de l'avion
- Remontée des informations aux pilotes et aux mécaniciens



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

AirCobot

Points forts:

- _ Robot collaboratif
- _ Déplacement autonome
- _ Trajectoires sécurisés dans l'environnement de travail
- _ Traitement des images via scanner 3D
- _ Inspections non destructives _ Aide pour la traçabilité de la maintenance de l'avion



AirCobot

Aspects techniques :

- _ Dimensions : 145 x 80 x 120
- _ Autonomie : 10 h
- _ Vitesse : 2 m/s
- _ Hauteur du bras articulé : 2,5 m
- _ 4 Cameras stereo et 2 lasers
- _ 4 Capteurs ultrason
- _ 2 Unités de contrôle



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

AirCobot

(Aircraft enhanced Inspection by smaRt & Collaborative rOBOT)

Vidéo de présentation d'Airbus

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

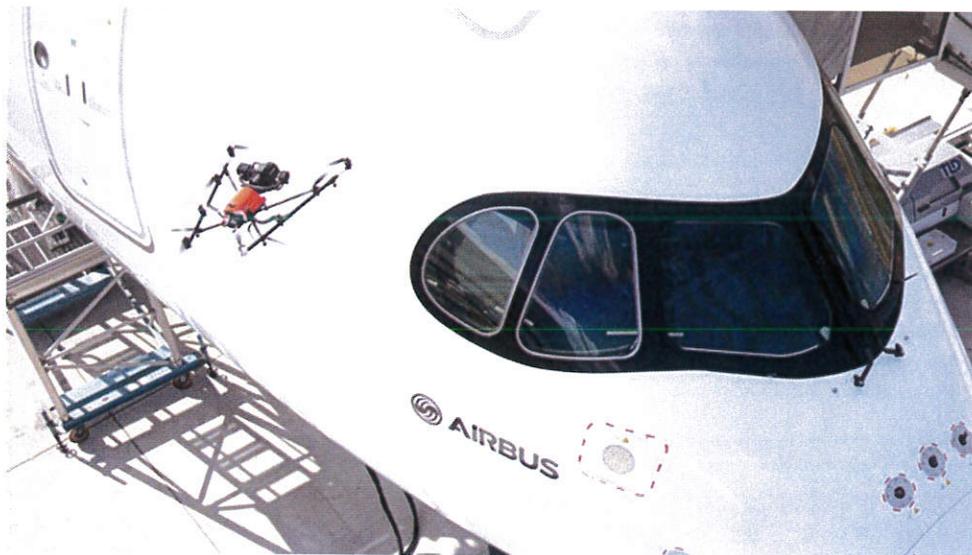
SESSION:



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Drones

(inspection des avions – Airbus)



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Drones

- Drones filaires d'Elistair
- Aéroports de Paris (une dizaine de vols d'essais en 2015)
- Futurs usages multiples :
 - Inspection de piste (10 min au lieu de 2h)
 - Inspection du balisage lumineux
 - Pompiers
 - Calibrage des instruments d'aide à la navigation aérienne



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



3. Let's imagine !

Des idées « simples » pour un aéroport plus moderne

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**

SESSION:



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Autres idées

- **Passerelle automatique :**
Synchronisation entre l'arrivée d'un avion et le déplacement de la passerelle
- **Avitaillement automatique :**
Réseau de plomberie sous-terrain et tuyau aimanté



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Autres idées

- **Acheminement des bagages :**

Bagage acheminé jusqu'à l'avion

Un seul déplacement des bagages par les techniciens



- **Remorquage automatique :**

Trajet prédéterminé pour chaque avion



FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires
Autres idées

- **Parking automatique « casier » :**
Réduire la perte de temps consacré à la recherche d'une place
Notification dépassement du temps – paiement sur smartphone



SESSION:

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le **Transport Aérien**



L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Conclusion

Le trajet du passager (trajet Paris – Toulouse)

- 13h55 : Départ de la maison en voiture automatique. Pas d'embouteillages. La voiture dépose le passager devant le terminal avant d'aller se garer sur le parking de type casier.
- 14h15 : Entrée dans l'aérogare : des caméras invisibles scannent le passager sur tout le trajet présenté en réalité augmentée son smartphone. Celui-ci peut effectuer ses achats dans la grande galerie commerciale.
- 14h17 : Dépôt du bagage sur une plateforme roulante qui l'achemine directement vers l'enregistrement automatique puis vers l'avion. Le bagage est pesé puis étiqueté avec un « tag intelligent » .
- 14h20 : Arrivée à la porte : embarquement sur le siège, la rangée est installée dans l'avion.



Conclusion

Le trajet du passager (trajet Paris – Toulouse)

- 14h25 :** **Départ de l'avion.** Pendant le trajet, le passager peut choisir sur une tablette les cadeaux, objets qu'il désire acheter et qui lui seront remis à destination : « Shop & Collect© ».
- 15h27 :** Arrivée de l'avion à Toulouse.
- 15h29 :** Les sièges sortent rangée par rangée en commençant par le fond.
- 15h32 :** Le passager suit son téléphone qui le guide à un comptoir où il retire les produits qu'il a achetés. Une notification lui est envoyée lorsque ses bagages sont disponibles, regroupés dans la zone de retrait (possible grâce au tag intelligent).
- 15h40 :** Sortie du terminal. Le taxi (ou la voiture de location réservée) est immédiatement disponible.



FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien
L'Automatisation des Plateformes Aéroportuaires

Sources

AUTOMATISATION DU TRAITEMENT AU SOL DES AVIONS COMMERCIAUX ? , Jean-Baptiste Rigaudias, La Gazette 3AF

Communiqué de presse Elistair :

http://www.amalthea.fr/WordPress/Blog/wp-content/uploads/2016/07/Elistair_CP-Aéroports-de-Paris_050716.pdf

Evolv Technology :

<http://evolvtechnology.com/security-platform/mass-casualty-screening/>

Inspection d'avion par drone, Airbus :

<http://www.aeronestv.com/fr/industrie/drones/3465-airbus-teste-l-inspection-de-ses-avions-par-drone.html>

SESSION:

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien



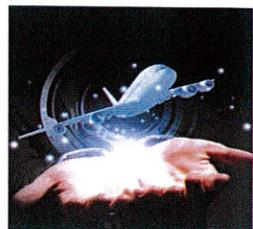
L'ENQUÊTE

- Quelques chiffres
 - Objectifs
 - Thèmes traités
- Élaboration du questionnaire
 - Passation

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

2



Quelques chiffres

- ▶ 13 étudiants de l'ISAE-SUPAERO
- ▶ 15 heures de préparation
- ▶ 3 matinées sur le terrain
- ▶ 177 personnes interrogées
- ▶ 4 villes et quartiers
- ▶ Plus de 5500 questions posées



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Objectifs

► Connaître les opinions sur différents sujets :

- la pollution
- la vitesse
- l'aéronautique du futur (automatisation)
- la gestion et construction des aéroports.

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Thèmes traités

- ▶ Pratiques et représentations de l'aéronautique
- ▶ Évocation des avions
- ▶ Avions sans pilote



- ▶ Deuxième aéroport toulousain
- ▶ Nuisances
- ▶ Privatisation des aéroports
- ▶ Automatisation des aéroports

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► Pratiques et représentations de l'aéronautique

Cerner le rapport enquêté/aéronautique

- Fréquence des derniers vols et raisons
- Évocations transport aérien (Stress, rapidité, pollution,...)
- Compromis entre vitesse, prix et pollution.

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► 2ème aéroport ?

Connaître l'avis de la population toulousaine sur la construction d'un 2^{ème} aéroport

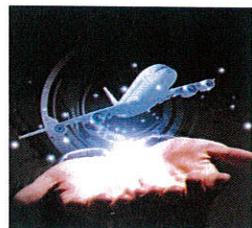
- Concerné et favorable ?
- Pourquoi oui ou non ?

Exemples :

- Favorable : Croissance du trafic aérien actuel, création emplois,...
- Défavorable : Raisons environnementales, gaspillage fonds publics ...

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► Nuisances

Identifier le type et le taux de gênes dues au trafic aérien

- Proximité géographique enquêté/aéroport
- Type nuisances : trafic routier, sonores (quand), visuelles, pollution
- Taux de gêne

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► Privatisation

Perception de la privatisation des aéroports

▪ Qu'évoque la privatisation ?

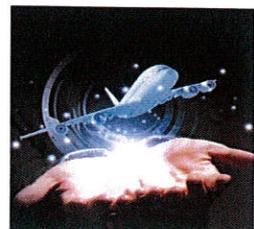
Exemples de modalités :

- Opportunité économique citoyens/Etat
- Désengagement de l'Etat
- Augmentation des prix

▪ Favorable ?

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► Vols sans pilotes

Automatisation du moyen de transport

► Automatisation des aéroports

Rapport population/machines autonomes.

- Expérience avec services automatisés
- Implantation nouveaux services de contrôle ?

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

► Informations générales

Cerner le profil de l'enquêté

- Sexe
- Age
- CSP
- Revenus
- Etude
- Expérience professionnelle en aéronautique

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Élaboration du questionnaire

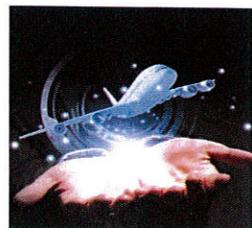
► Types de Questions

- Binaire
- Echelle
- Questions à choix multiples

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

12



Élaboration du questionnaire

► Biais possibles

- Questions orientées
- Opinions forcées
- Non connaissance de points abordés par les questions
- Lieux de passage

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

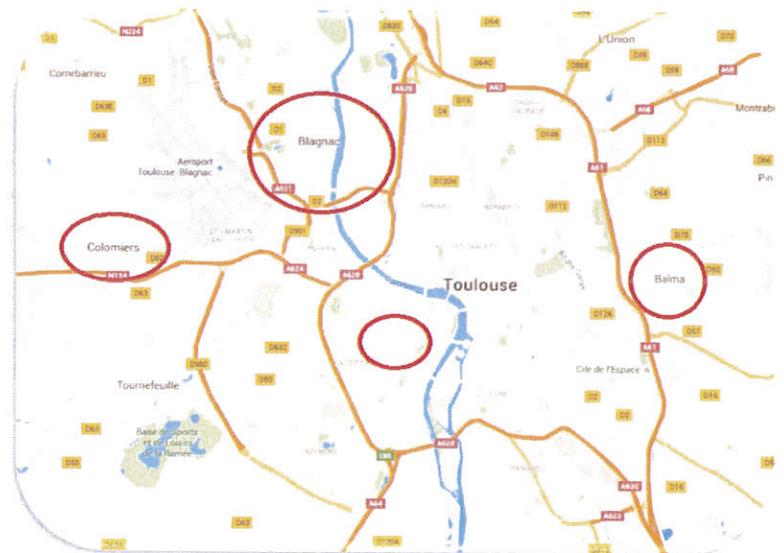
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Passation

► Lieux de passation

- Blagnac
- Colomiers
- Arènes
- Balma



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

14



Passation

► Outils

- Tablettes
- LimeSurvey
- Routeurs

► Méthode d'approche

- Indices sur la disponibilité ou non du potentiel sondé
- Phrase d'accroche : Etudiant SUPAERO

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

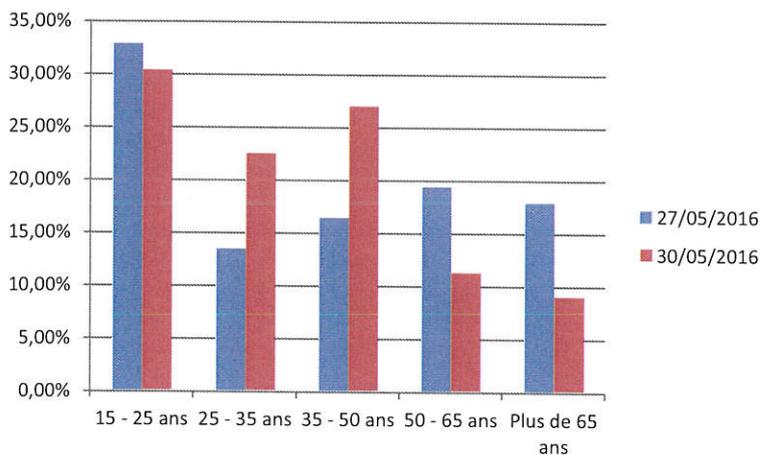
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

15



Passation

► Âge en fonction du jour d'enquête



- Données sur l'âge peu exploitables le samedi (échantillon trop faible)
- Population plus jeune le lundi que le vendredi

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

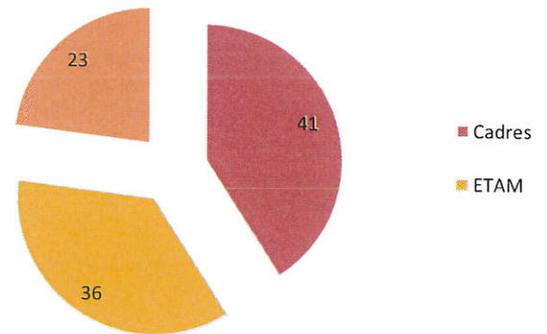
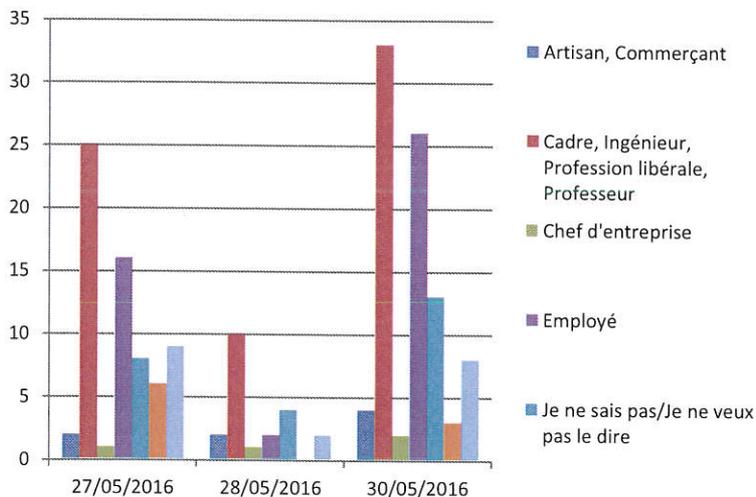
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Passation

► CSP en fonction du jour d'enquête

Répartition du secteur aéronautique en France en 2012



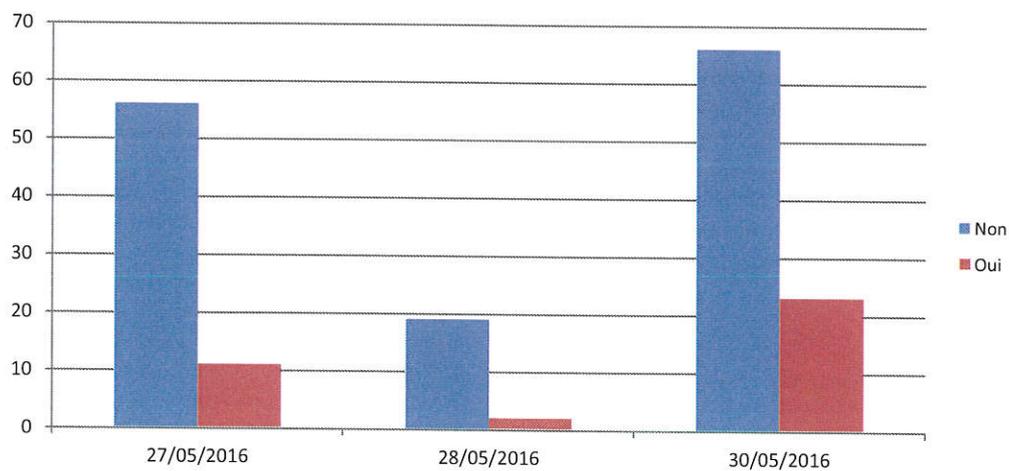
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Passation

- Part des travailleurs aéronautiques en fonction du jour d'enquête



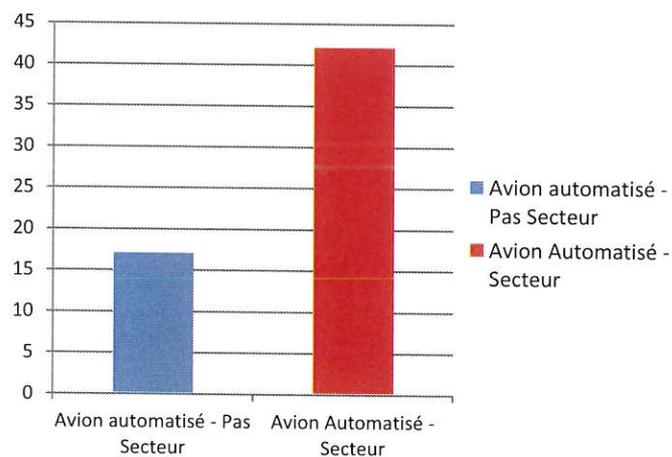
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Passation

► Travailleurs aéronautiques : influence dans les réponses ?



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

19



Analyse des résultats

- Usages de l'avion
 - Nuisances
- Deuxième aéroport
 - Pollution
 - Privatisation
- Vol automatisé

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

20



Méthodologie

- ▶ Excel
- ▶ Élimination des réponses aberrantes
- ▶ Remise en forme des données
- ▶ Choix des paramètres d'analyse pertinents
- ▶ Tableaux croisés dynamiques
- ▶ Pondérations
- ▶ Analyse des résultats

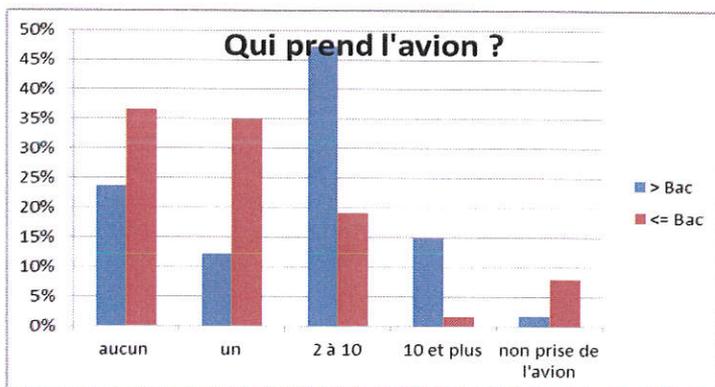
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

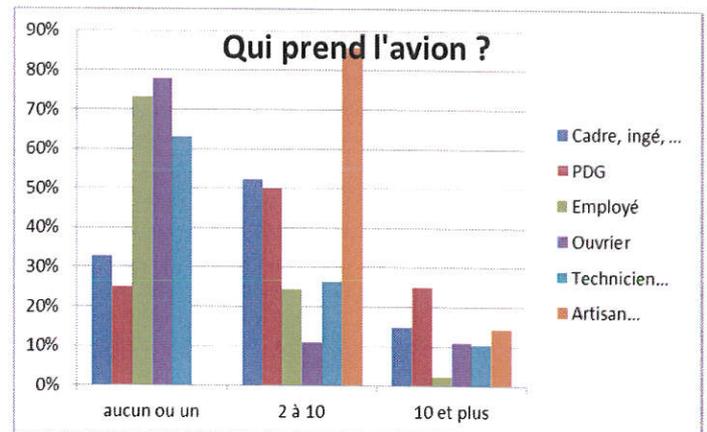


Usages de l'avion

- ▶ Niveau d'études et utilisation de l'avion (en fonction du nombre de vols au cours des 12 derniers mois)



- ▶ CSP et utilisation de l'avion (en fonction du nombre de vols au cours des 12 derniers mois)



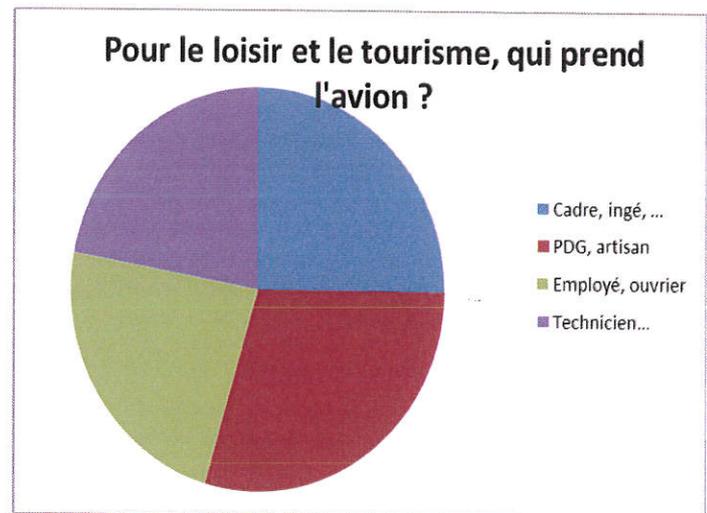
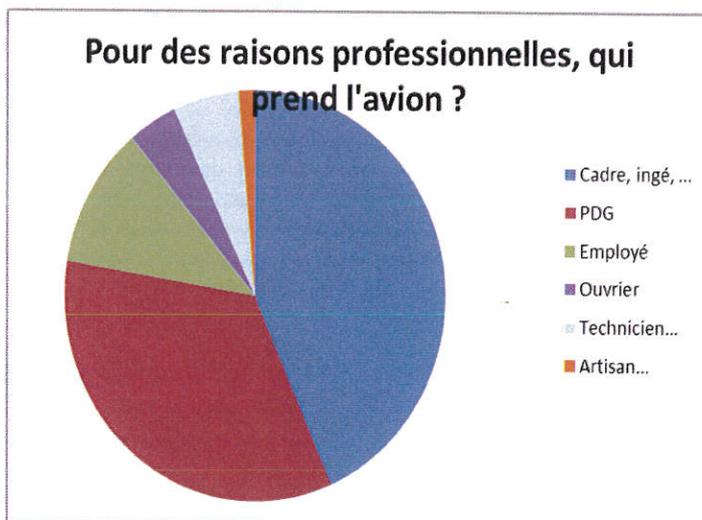
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Usages de l'avion

► CSP et motifs d'utilisation



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

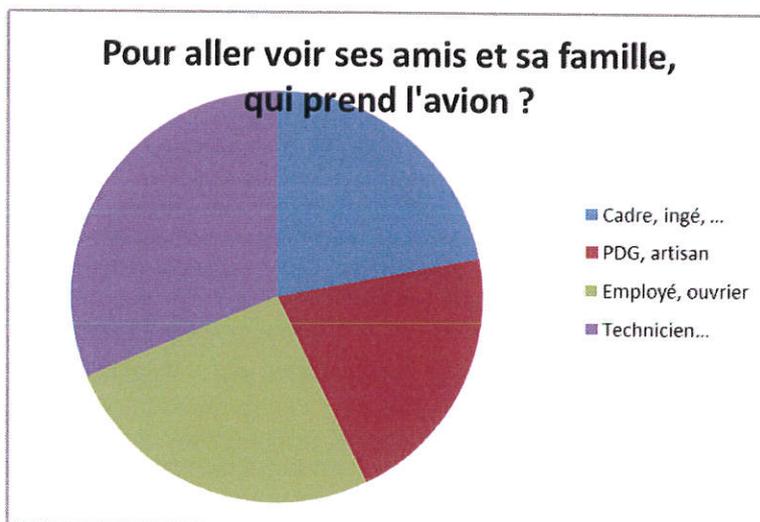
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

23



Usages de l'avion

► CSP et motifs d'utilisation (suite)



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Usages de l'avion

► Niveau d'étude et motifs d'utilisation



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

25



Usages de l'avion

► Niveau d'étude et motifs d'utilisation (suite)



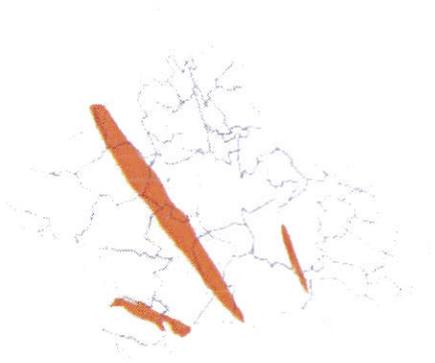
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

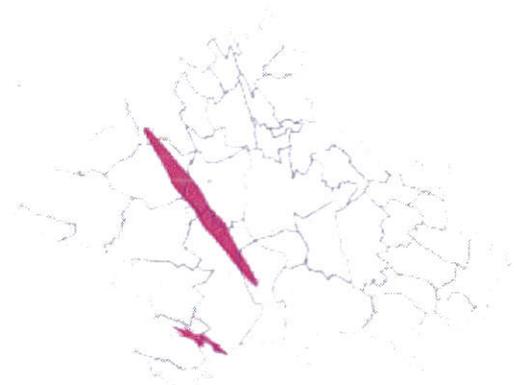


Nuisances

► Présentation du couloir aérien : où aller ?



Secteur impacté au-delà des valeurs limites du bruit aérien sur 24h (source : Toulouse Métropole)



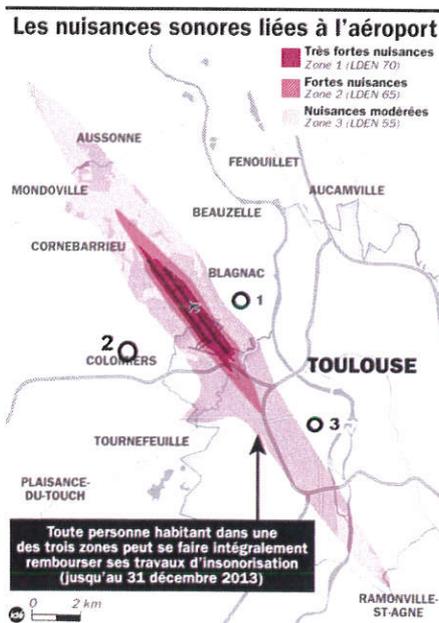
Secteur impacté au-delà des valeurs limites du bruit aérien la nuit (source : Toulouse Métropole)

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Nuisances



► Lieux d'études

- 1: Odysud Blagnac (vendredi matin)
 - 2 : Centre ville Colomers (vendredi après midi)
 - 3 : Arènes
 - 4 : Centre ville Balma
- ⇒ approche au plus près des zones de nuisances
- ⇒ contrainte de passage

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

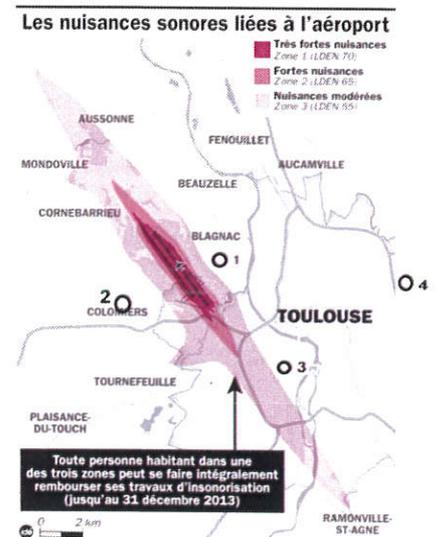
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

28



Nuisances

- ▶ Évaluation des nuisances sonores
 - Lden : moyenne de l'intensité sonore sur la journée
 - Ln : intensité sonore la nuit
 - - zone 1 : très forte nuisance Lden > 70 dB
 - - zone 2 : forte nuisance, 70 dB < Lden < 65 dB
 - - zone 3 : nuisance modérée 65 dB > Lden



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

29



Nuisances

- ▶ Évaluation du trafic aérien à Blagnac
 - Transports passagers +2% / an : 7,7 millions
 - Fret +4% / an : 58 000 tonnes de marchandises
 - Vols de nuit (22h-6h) : 20 / nuit

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

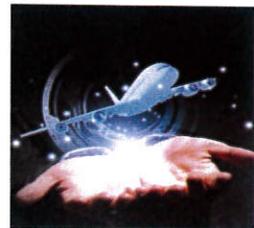


Nuisances

- ▶ Questions posées :
 - Sur une échelle de 1 à 4 (1 = Pas du tout dérangé ; 4 = Fortement dérangé), dans quelle mesure êtes-vous importunés par les nuisances suivantes liées au trafic aérien ?
 - Trafic routier
 - Nuisances sonores
 - Nuisances visuelles
 - Pollution
 - Concernant les nuisances sonores, êtes-vous dérangés par ces nuisances plutôt :
 - Le jour
 - La nuit
 - Les deux

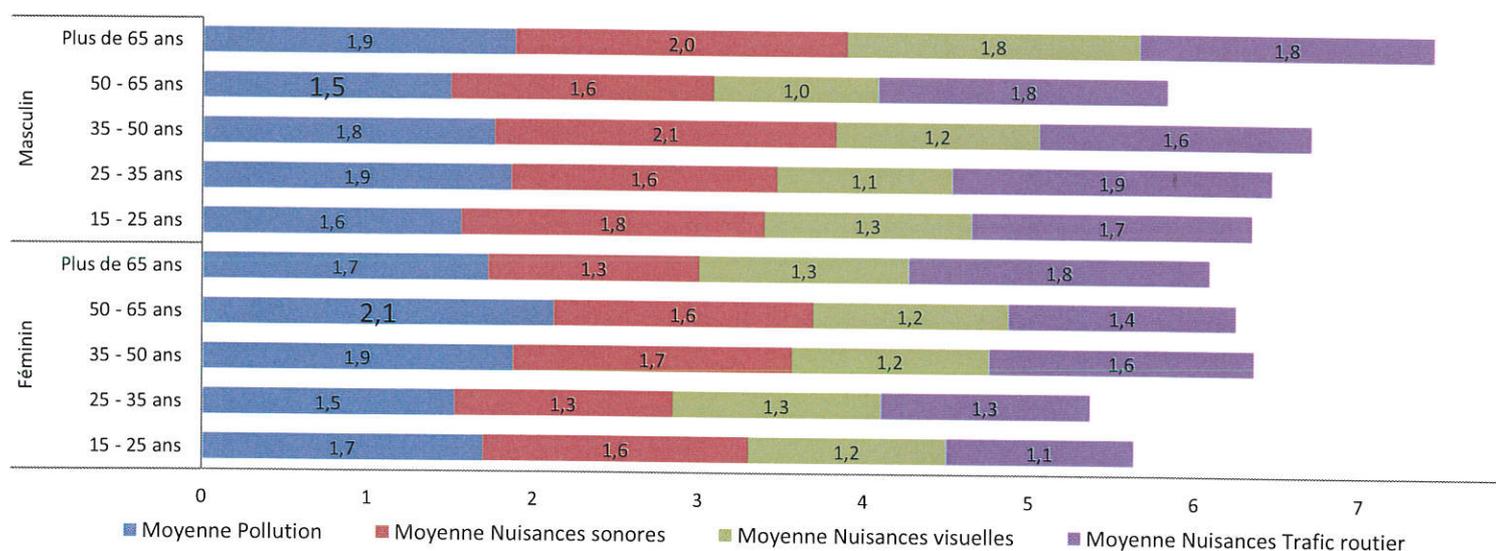
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Nuisances

► Impact des nuisances sur la population



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

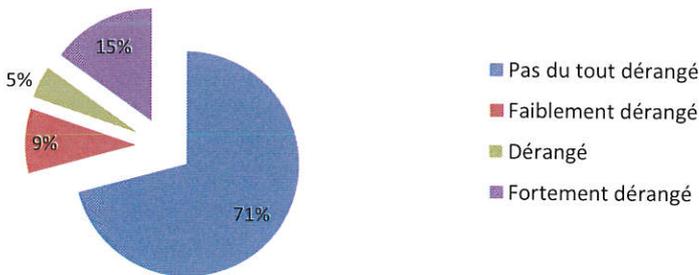
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



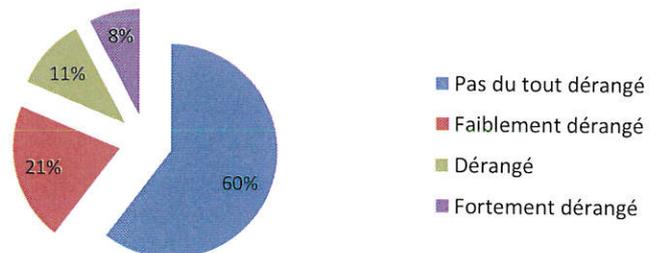
Nuisances

- Influence de la proximité de l'aéroport du lieu d'habitation sur le ressenti des nuisances sonores

nuisances sonores loin de l'aéroport



nuisances sonores à proximité de l'aéroport



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

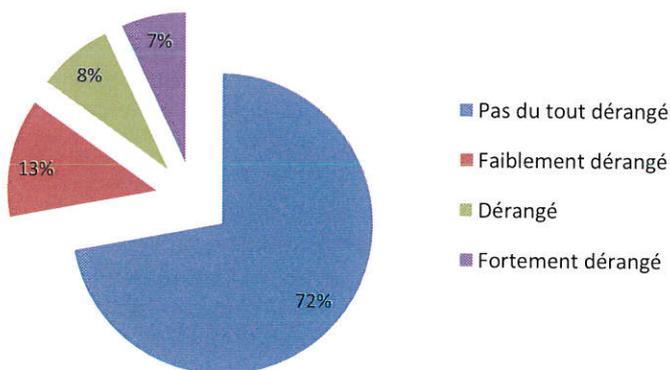
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



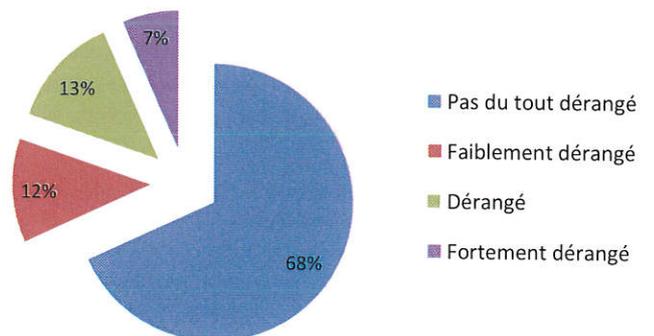
Nuisances

- Influence de la proximité de l'aéroport du lieu d'habitation sur le ressenti de la gêne engendrée par le trafic routier

Impact du trafic routier loin de l'aéroport

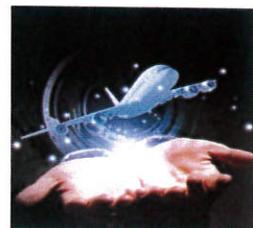


Impact du trafic routier près de l'aéroport



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

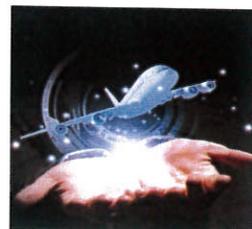


Nuisances

- ▶ Solutions proposées et mesures
 - Plan d'Exposition au Bruit (PEB) : limiter l'installation de nouvelles populations dans certaines zones
 - Plan de Gêne Sonore (PGS) : aider à l'insonorisation des locaux

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Deuxième aéroport

Rapport aux nuisances sonores	Concerné 2ème aéroport Toulousain?		Rapport aux nuisances sonores	Favorable 2ème aéroport Toulousain?	
	Non	Oui		Non	Oui
Pas du tout dérangé	69,83%	30,17%	Pas du tout dérangé	39,66%	31,03%
Peu dérangé	62,96%	37,04%	Peu dérangé	51,85%	18,52%
Assez dérangé	57,14%	42,86%	Assez dérangé	21,43%	35,71%
Fortement dérangé	60,00%	40,00%	Fortement dérangé	35,00%	45,00%
Total	66,67%	33,33%	Total	39,55%	31,07%

Réduction des nuisances sonores?		
Rapport aux nuisances sonores	Non	Oui
Pas du tout dérangé	90,52%	9,48%
Peu dérangé	88,89%	11,11%
Assez dérangé	85,71%	14,29%
Fortement dérangé	70,00%	30,00%
Total	87,57%	12,43%

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Deuxième aéroport

Rapport aux nuisances routières	Concerné 2ème aéroport Toulousain?		Rapport aux nuisances routières	Favorable 2ème aéroport Toulousain?	
	Non	Oui		Non	Oui
<i>Pas du tout dérangé</i>	70,16%	29,84%	<i>Pas du tout dérangé</i>	42,74%	27,42%
<i>Peu dérangé</i>	63,64%	36,36%	<i>Peu dérangé</i>	31,82%	27,27%
<i>Assez dérangé</i>	52,63%	47,37%	<i>Assez dérangé</i>	36,84%	42,11%
<i>Fortement dérangé</i>	58,33%	41,67%	<i>Fortement dérangé</i>	25,00%	58,33%
Total	66,67%	33,33%	Total	39,55%	31,07%

Réduction du trafic routier ?

Rapport aux nuisances routières	Non	Oui
<i>Pas du tout dérangé</i>	88,71%	11,29%
<i>Peu dérangé</i>	95,45%	4,55%
<i>Assez dérangé</i>	84,21%	15,79%
<i>Fortement dérangé</i>	75,00%	25,00%
Total	88,14%	11,86%

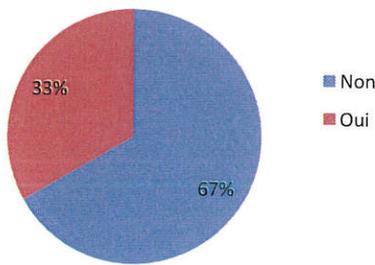
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

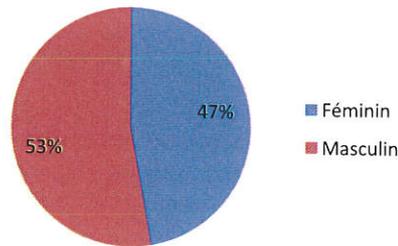


Deuxième aéroport

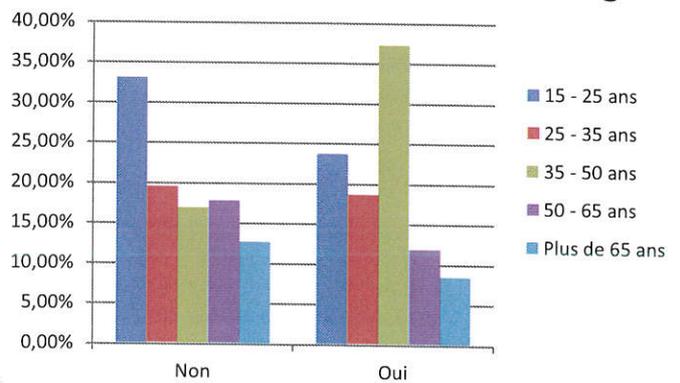
Concerné 2ème aéroport toulousain



Sexe des concernés



Répartition en fonction de l'âge



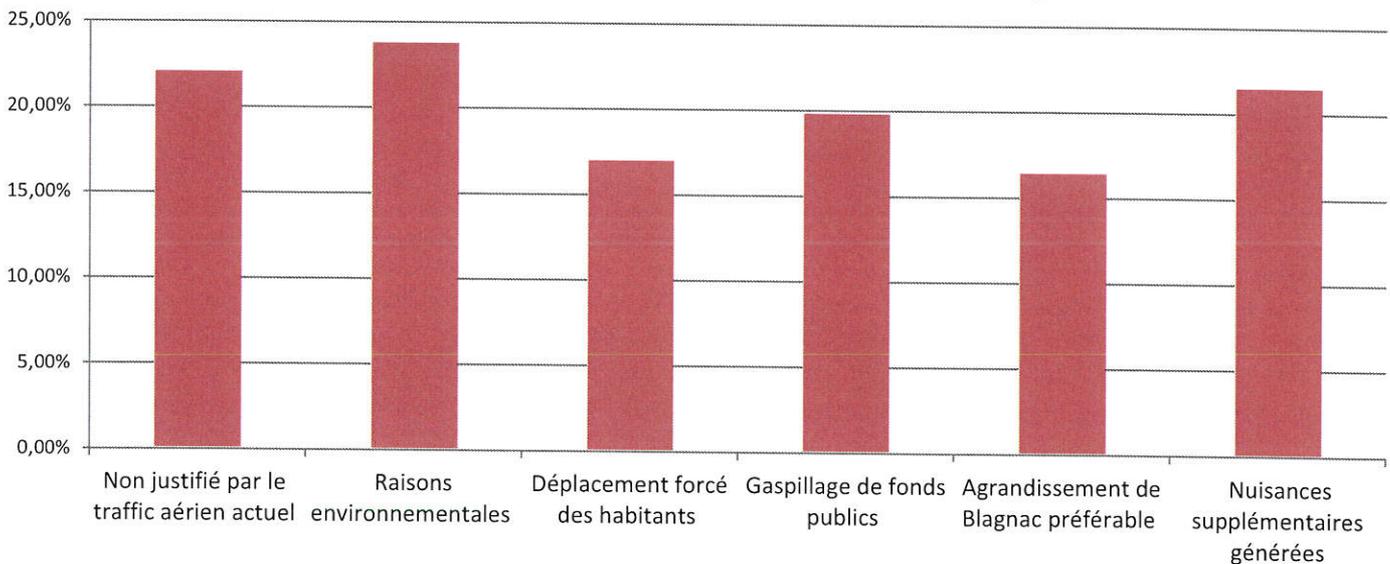
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Deuxième aéroport

Raisons contre la construction d'un 2ème aéroport



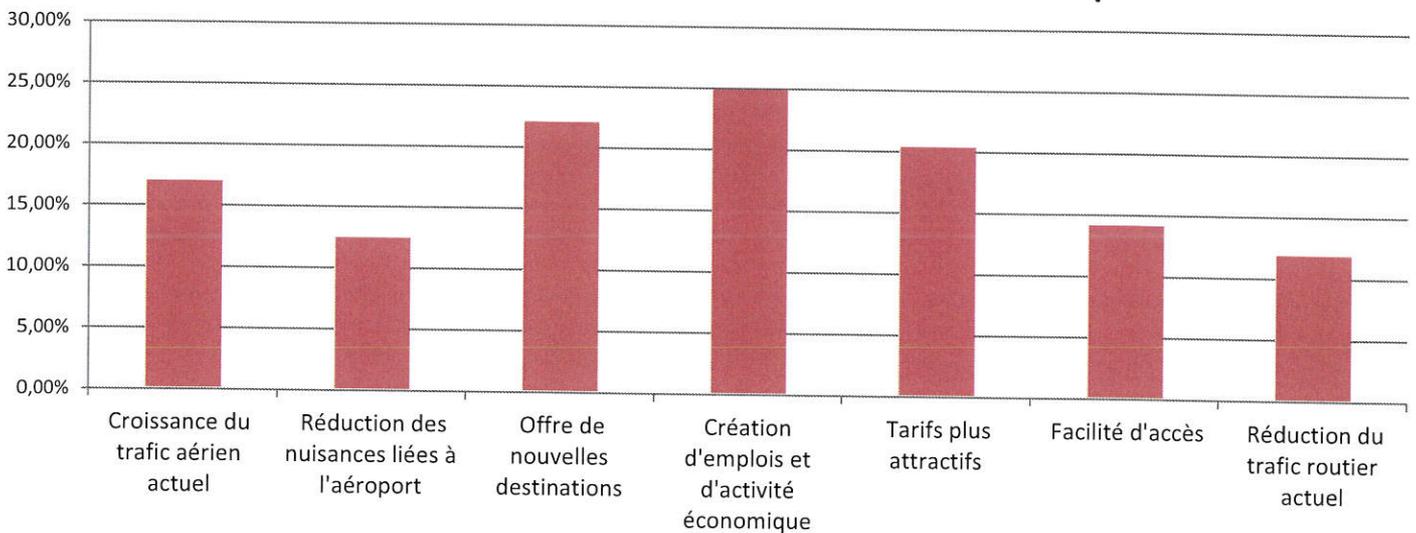
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Deuxième aéroport

Raisons en faveur de la construction d'un 2ème aéroport



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

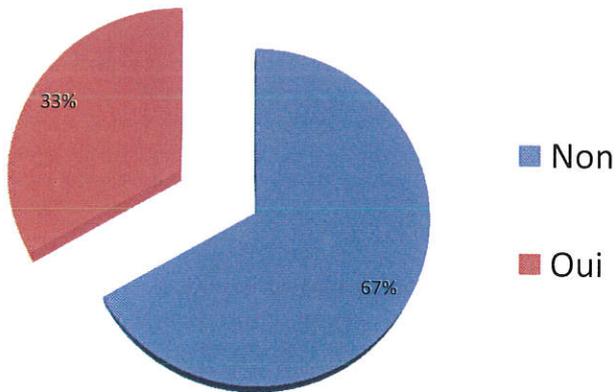
40



Pollution

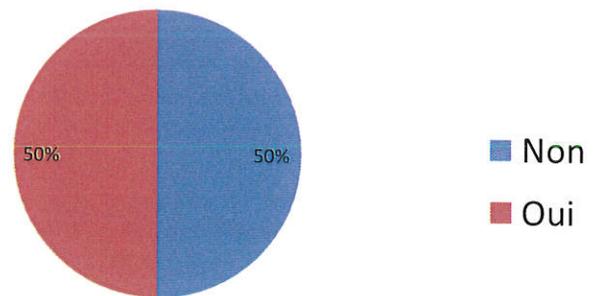
► Tri à plat

Evocation pollution



► Tri à plat

Pourcentage d'évocation de la pollution
chez les 50 à 65 ans



Au dessus de la moyenne

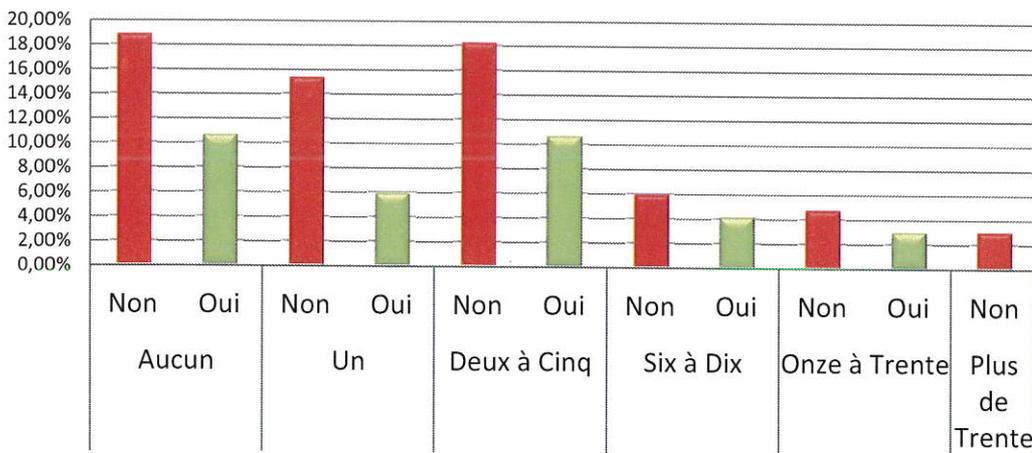
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Pollution

► Evocation de la pollution en fonction du nombre de vols au cours des douze derniers mois



Pas de OUI chez les 5 plus de 30 voyages.
Sinon pas de tendance

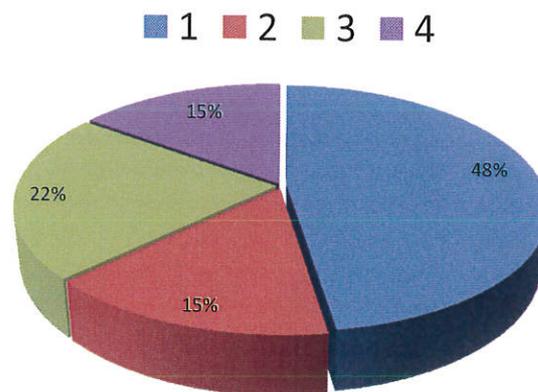
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Pollution

- **Mesure de la nuisance pollution après l'avoir évoquée
(1=pas du tout dérangé; ... ; 4=beaucoup dérangé)**



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

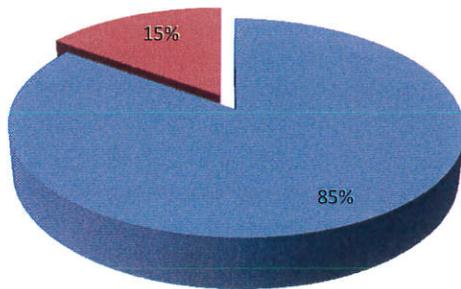
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Pollution

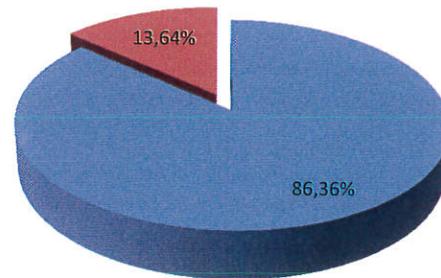
- ▶ A reconsidéré son choix pour l'avion en ayant évoqué la pollution ...

■ Non ■ Oui



- ▶ ... et répondu 3 ou 4 sur l'échelle de nuisance de la pollution

■ Non ■ Oui



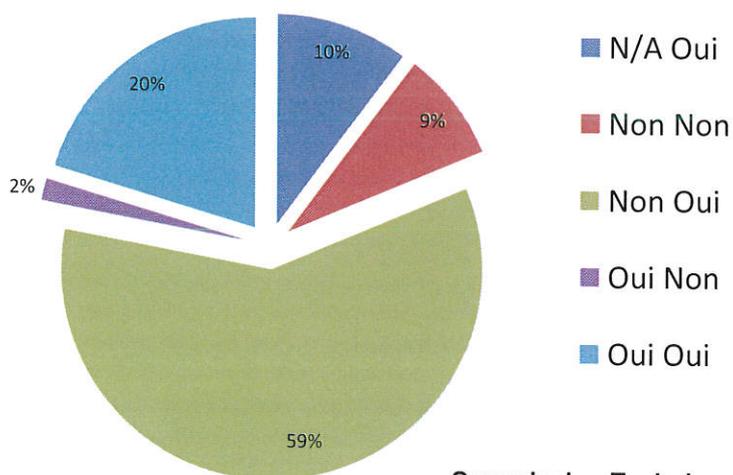
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Pollution

► Réaction de la population face au compromis vitesse/pollution



► Question 1 : Plus rapide mais plus cher de 25%

► Question 2 : Prêt à voyager moins vite si moins polluant

► Compromis vitesse/pollution pas toujours bien appréhendé ?

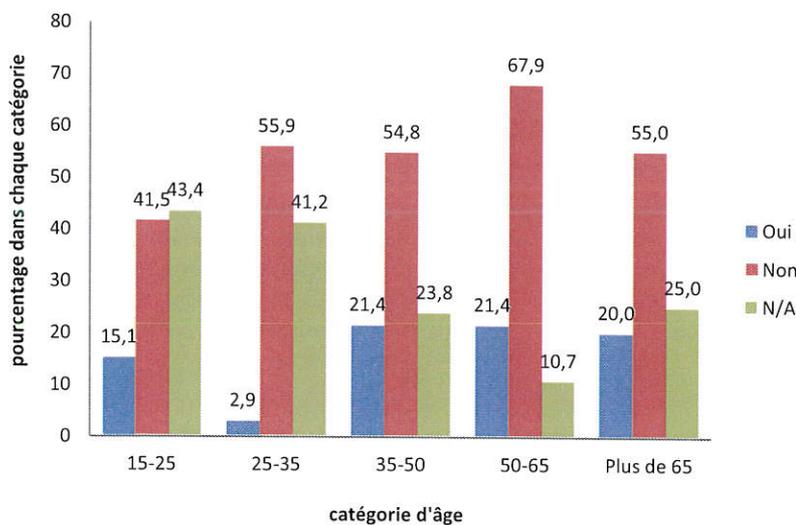
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Privatisation

► Privatisation en fonction de l'âge



► Toutes les tranches d'âge sont défavorables à la privatisation.

► Ceux qui ont plus de 35 ans sont plus favorables à la privatisation que les plus jeunes.

► Le pourcentage des gens qui n'ont pas d'avis diminue en fonction de l'âge, sauf pour les plus de 65 ans où 25% parmi eux n'ont pas d'avis.

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Privatisation

- ▶ Deux facteurs : l'expérience (âge) + niveau d'études.
- ▶ **Exemple:**

Pour la catégorie d'âge 25-35 (part d'avis défavorables):

Inférieur au Bac	5.88%
Bac	14.71%
Bac - Bac+3	29.41%
Supérieur au Bac + 3	50.00%

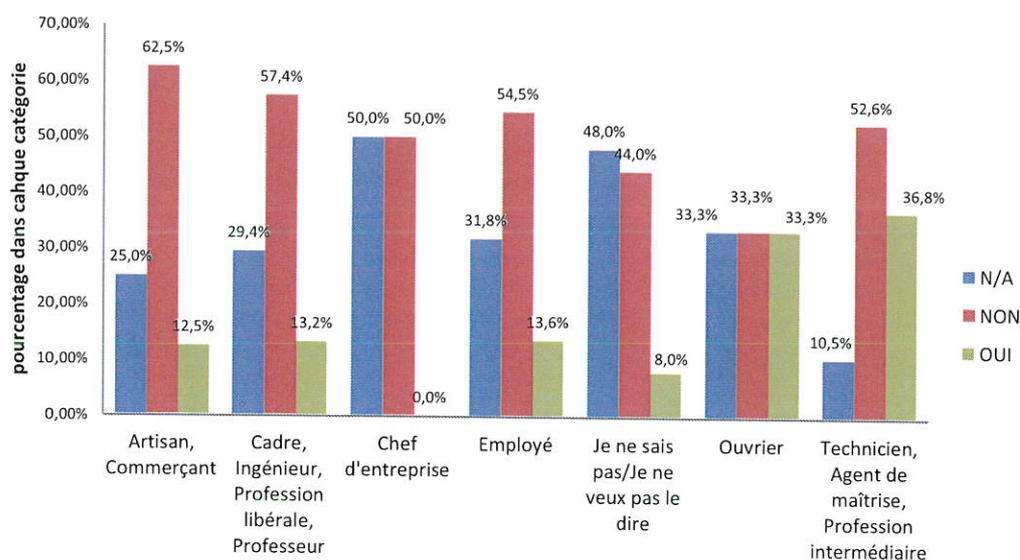
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Privatisation

► Privatisation en fonction de la CSP



Toutes les catégories socioprofessionnelles sont défavorables à la privatisation

Les techniciens, les agents de maîtrise et les ouvriers sont plus ouverts à l'idée de la privatisation que les autres catégories.

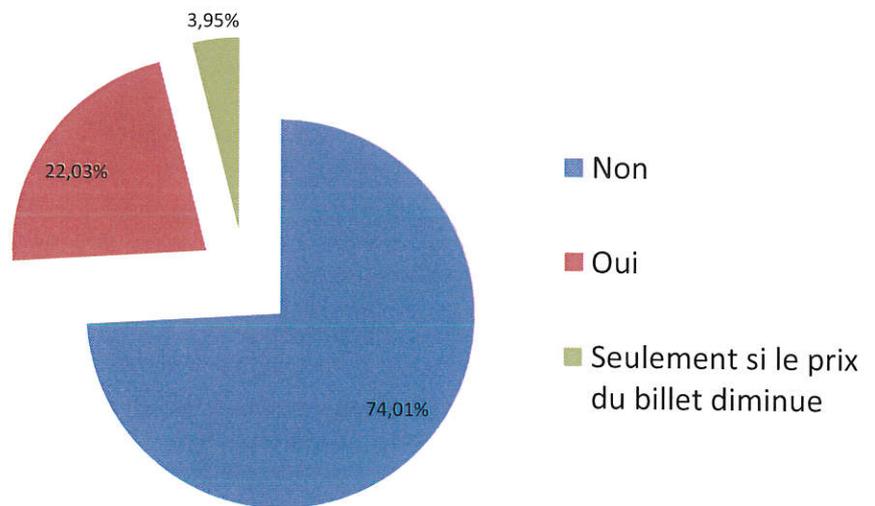
catégories socioprofessionnelles
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Automatisation des vols

► Pour ou contre des vols totalement automatisés



Raisons :

- Sécurité 97%
- Emplois 51%

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

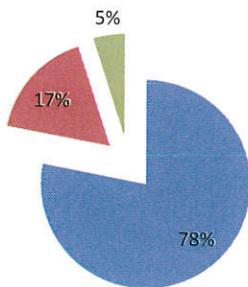
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Automatisation des vols

► Personnes n'ayant jamais travaillé dans l'aéronautique

- Non
- Oui
- Seulement si le prix du billet diminue

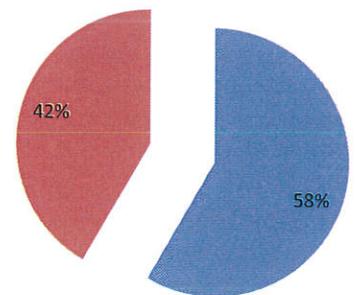


• Pour ou contre des vols totalement automatisés

- Plus de pour chez ceux qui ont travaillé dans l'aéronautique
- Ajout de la raison de la fiabilité des systèmes techniques

► Personnes ayant ou travaillant dans l'aéronautique

- Non
- Oui



Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

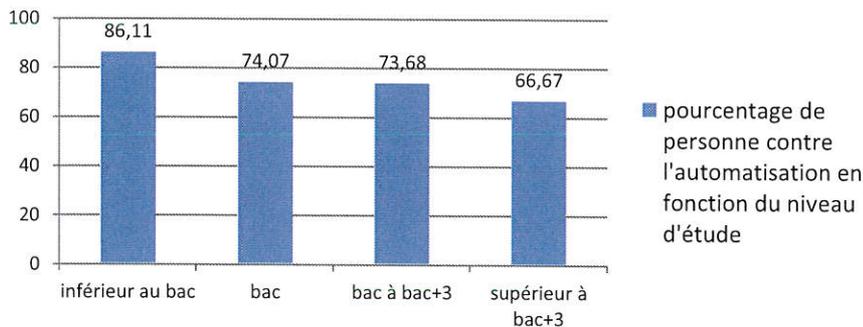
SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Automatisation des vols

► Effet du niveau d'étude :

**pourcentage de personne contre
l'automatisation en fonction du niveau
d'étude**



- Une légère tendance
- Rapport à la technologie ?

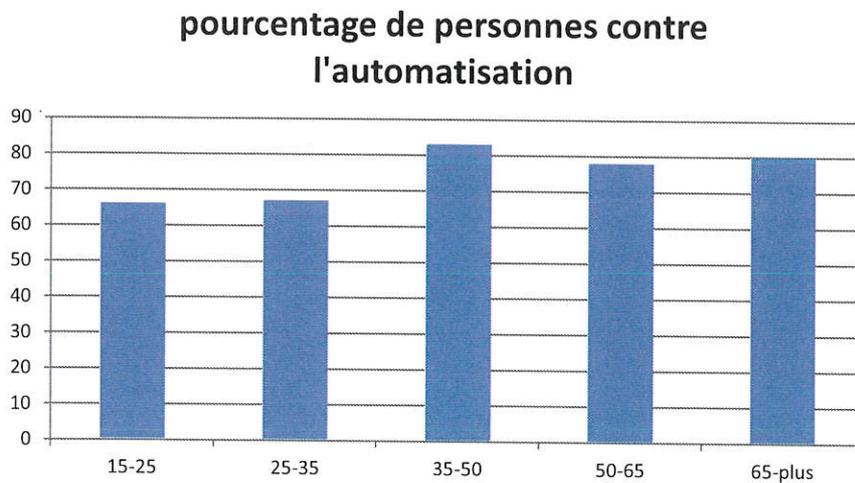
Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



Automatisation des vols

► Effet de l'âge :



► Effet génération

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen



CONCLUSION

Commission Technique Aviation Commerciale
FORUM
Ré-inventons le Transport Aérien

SESSION: ISAE-SUPAERO – Pour un transport aérien citoyen

53



Strategic Analysis Project

LET'S RE-INVENT THE AVIATION TRANSPORTATION

« Let's answer *why* more than *how* »



Aerospace Team

Claire Batten, Yiran Wang, CyndieJacqmart, Yi-Peng
Liu, Enguerrand Sudrat

Table of Contents

A shorter lifespan for more eco-friendly aircraft.....	4
1. The identified problem.....	4
2. Solution	5
A. Speeding up the renewal of aircraft by reducing the lifespan	5
B. The changes for the main actors	7
C. The impacts on the PESTEL.....	9
D. Advantages for main actors.....	11
Conclusion	13

Executive Summary

This strategic analysis project is conducted by a Toulouse Business School team of five students and has been written with the aim to re-invent the future of air transportation. The team is composed of three different nationalities: Chinese, English and French, which enabled us to have different visions and mind-sets on the subject. The report has for objectives to find solutions to an identified problem.

Our study first presents the data of the environment and the industry through an analysis of the aeronautical market before detailing the features of our solution to the identified issue of aircrafts lifecycles management, which is not efficient enough nowadays to deal with CO2 emissions, global warming and sustainable development.

Our written report aims at presenting clearly our recommendations in an imaginative world where the current characteristics of the aeronautical sector would not be such a brake to big changes. It does not pretend to be exhaustive or entirely complete, but more to give axes of amelioration and ideas of pathways for a better, more efficient and eco-friendly aviation transportation.

We have first made a complete market analysis that is made throughout political, environmental, social, technological, economical and legal features and Michael Porter's five forces aspects. To end this analysis, the current trends of air transport have been analyzed.

A main problem has been identified: the aircraft impact on the environment. Indeed, planes have a huge negative impact on climate change as shown and proven by numerous studies, as many gases and pollutants are emitted. On top of this, the lifespan of an airplane is too long since some aircrafts still flying are not eco-friendly enough. Moreover, the traffic is increasing each year, which induces negatives impacts on the population living around airports and on the crops that are sometimes near airports, for instance. Noise pollution has also a direct impact on the biodiversity and on people's health.

Potential solutions have been found that are described in this report with not only the different mixed impacts that they can have on the airlines, the manufacturers and the airports, but also the deeper advantages. The subject is mainly organized around the fact that the lifespan of aircrafts will be shortened to have younger and eco-friendlier planes in the airlines companies' fleets. In this way, the legal aspect will need to be adapted by offering various tax reductions to those who have low gas emissions from their planes.

Each industry needs to improve in order to decrease its carbon footprint to respect the engagement made in order to avoid global warming and its dramatic consequences. This report aims at finding a solution, to live in a better world in which our children will be able to benefit from healthy conditions.

A shorter lifespan for more eco-friendly aircraft

1. The identified problem

Many airlines - above all low-cost ones - have old aircrafts, they buy second hand planes and the overall lifecycle is 25yrs (more or less). This means that only a few airlines have the latest planes with the most updated technologies.

According to studies, in order to reduce the emissions of greenhouse gases, only 1% of the worldwide GDP needs to be spent each year, but for that we need to act very quickly. In addition to recognizing the predictable economic cost of global warming, studies sought solutions to find new ways that are needed for climate adaptation. This requires a very high increase of global research and development efforts and a fivefold increase in aid for low-carbon technologies. It is important not to oppose economic growth and the fight against climate change; it is precisely in this area that innovation must intervene in order to boost growth and employment at the same time. The damage caused by this global warming is nearly 200 billion euros in the last 30 years compared with 50 billion previously.

In the years following a flight of an aircraft, the impact of it on the environment and specially the climate change, is more than five-time worse than the impact of the car. The total volume of car passengers is 51%, against 16% for the aircraft. Moreover, the aircraft has a consumption of 4.5 times lower than the motorist in total volume over a year.

The explanation of such an impact on the climate change is that the aircrafts' impact on the clouds and the ozone is very high because their flying altitude is very high and many gases and pollutants are emitted.

It is true that the air traffic which has been increasing for decades represents a real impact on the environment.

IATA (International Air Transport Association) made in 2013 a study demonstrating that air passenger traffic in 2013 increased by 5.5%. This constant increase has a direct impact on air pollution. We could certainly see an improvement through the modernization of the aircraft but this is still one of the highest polluting modes of transport. CO₂ emission rate and primary energy consumption are at their highest. In addition, aircraft emit high levels of carbon monoxide, water vapour, sulphur dioxide and nitrogen oxide which contribute to climate change. In fact, the nitrogen oxide emissions produce a greenhouse gas called ozone. The emissions of water vapour, in turn, heat the surface of the earth with their contrail formation.

These contrails can remain in the air up to 24 hours and measure up to 150 km. The increase in air traffic has generated a multiplying number of contrails in the sky above both developed but also emerging countries.

In addition to the environment, public health is also affected, at least the areas overflowed by aircraft. We have noticed over the past years an increase of children hospitalized for asthma due air pollution.

According to Nicolas Hulot, air-transport is the mode of transportation the most pollutant with a big emission of greenhouse gases. This means that people living near airports are directly impacted by the hyper pollution of these areas. Indeed, more than take-offs and landings, aircrafts pollute a lot when they are on the ground waiting to load passengers or when they move to go to their parking spot to the airstrip and vice versa. In addition, crops are also affected. Atmospheric dust falls to the ground when it rains, contaminating many cultivated areas. The food produced from these crops ends up in our plates.

For a small example, the planes taking off from Paris airports (Roissy, Orly and Bourget) emit the same amount of nitrogen oxide as 2.3 million cars running on diesel and travelling a distance of 25km.

Moreover, the fact that Low Cost Carriers (LCC) buy second hand aircrafts doesn't have a good effect on the impact that have aircrafts on the environment.

Today, gas emissions caused by aviation are 3% of the worldwide total emissions. If we do not move, if serious measures are not taken, the industry will see its emissions double or even triple by 2050. With this increase, we will lose any hope of limiting global warming.

If no improvements are made, the losses linked to the damages will continue and the economy will be in a bad shape. Innovation, research and development and measures to live in an eco-friendly world have to be taken in order to enable our children and grandchildren to live in a healthy environment.

2. Solution

A. Speeding up the renewal of aircraft by reducing the lifespan

In the market analysis we have made and in the description of the problem above, we have seen that amongst others, pollution is a huge problem of current air transportation. Our aim is to help dramatically reduce the effects on our environment, while not making it harder for the three main stakeholders that we have identified; Manufacturers, Airlines and Airports. Our solution revolves around the shortening of aircraft lifespans.

We have come up with the decision that if we reduce the overall limit of cycles an airplane is allowed to fly for before increasing taxes by a large percentage, this will mean that the aircraft flying in our skies will be overall younger and therefore equipped with more updated and eco-friendly technology.

Currently, an aircraft's lifespan is measured based on the number of takeoffs and landings, which involve a lot of pressure on the plane. By pressurizing aircraft during flight, the connection parts used on the fuselage and the wings are put under a lot of stress and with time develop faults such as cracks.

Aircraft are designed using parts that are not meant to have problems for a certain number of cycles; however, manufacturer maintenance is necessary to identify any possible issue. Therefore, we can point out that the manufacturers have a very important role in determining the lifespan of a plane. For each model of aircraft, the number of cycles is different, depending on whether they are destined for long haul or short haul. A short haul aircraft which is normally used more often will logically be

pressurized more times. This means that its overall number of cycles will be reached faster than a long-haul aircraft.

Naturally, a change in the length of an aircraft lifecycle, no matter how small, will have enormous consequences on the economy, notably that of the main actors; manufacturers, airlines and airports. It is necessary to rethink many aspects of air transportation, going from the price of a plane, to the price of final tickets, in order to ensure that the economy of this sector is not damaged beyond repair.

We have chosen in our solution to reduce the limit of the aircraft lifespan by percentage of overall cycles for that particular model before increasing taxes for airlines and passengers. We already know that on the market, fleets can be of all sizes and ages. Having an age limit that is quite high will still have huge repercussions on some airlines, notably the smaller ones. If we take a look at the average age of fleets for different airlines, we can see that they can be between 9 and 23 years. This number cannot be used as a base for our recommendations as an average does not take into account the extremes.

What we can expect is that some LCCs and airlines from emerging economies will have bought their planes second hand in order to reduce costs and will tend to have older fleets, and therefore have more planes to replace if the lifespan is reduced. This could be very dangerous for their survival as their business models and general income may not enable them to buy new planes. They will be able to keep the second hand planes that they already own until the end of their proposed lifecycle but after the limit is reached, taxes will be increased to a rate that is so high it could become impossible for them to survive. In these cases, we can only recommend that these airlines rely on aircraft leasing in order to sustain their fleet, until they develop their business enough to buy new aircraft. At the end of the day, with higher taxes, it will be cheaper for these airlines to buy 2 new and eco-friendly aircrafts and to rent 8 more from leasing companies than to buy 10 second-hand, older and highly polluting ones. Leasing will also become more environmentally friendly since leasing companies will also be subjected to the higher tax system if a plane nears the end of its lifespan, encouraging them to own aircraft younger than their current fleet.

This type of change will have legal and social repercussions and to ensure that everything goes smoothly, a certain number of new laws and limits will be needed. One of the main laws that we have imagined will state that second-hand sales between airlines are forbidden unless the receiving party is a certified aircraft dismantling company. Manufacturers, through partnerships with dismantling companies, can then buy and re-use the aircraft pieces and equipment to build new planes. As this project is not based around planned obsolescence but only taxed obsolescence, many parts on a plane reaching the end of its lifespan will still be interesting for a manufacturer and reusable. From the viewpoint of manufacturers, the reuse of old aircraft parts will be encouraged by a tax reduction for those participating in this recycling circle.

Certain tax reductions that are unavoidably included in this concept will encourage the airlines and manufacturers to respect these new regulations and strategically adapt their business models. Airlines that buy the latest planes; the aircraft that are the most eco-friendly, will benefit from a tax reduction for buying the latest technology but will also naturally have lower carbon taxes to pay as R&D improves. They will receive a sum of money in exchange for their aircraft resold to dismantling companies which will help ensure their competitiveness.

The difficulty of this solution comes partly from the political and legal difficulties but also from an overall social and cultural resistance. The tax on aircraft models should not be solely paid for by the

airlines, as they are not the only ones responsible for the pollution emitted. We believe that part of this tax should be reflected on ticket prices. An overall increase on ticket prices for airlines choosing to fly old, highly pollutant planes will very quickly modify the public opinion and put pressure on airlines to comply with this new standard. This could create a wave of discontentment but it will also lighten the airlines own financial liabilities, thus making the overall project more financially viable. The overall aim of including the passengers is also to try to lead them to understanding the necessity of these changes and to modify our view on air transport as certain have succeeded in doing in the car transport industry. From a political point of view, we would need to implement such a solution worldwide as to avoid delocalization. Taxes would have to be paid to a single entity and in a fair manner. We the political tensions existing in today's world economy and those that may evolve in the future, this could be hard to manage.

All things considered, our solution in order to reduce pollution of an aircraft is to encourage the reduction their lifespan, which is directly linked to the state of aircraft parts. Second-hand sales to airlines will be outlawed. By doing so, airlines will be encouraged to buy the planes with newer, more eco-friendly materials, thus polluting less. In parallel to this, the solution deals at the same time with the lack of safety measures taken by some companies. Indeed, some low-cost companies or even traditional companies have old aircrafts some of which hardly comply to the certification constraints in term of safety. With this solution, the companies will own aircraft that will be safer. In the next chapter, we will consider the direct impacts that this solution can have on the main actors of the industry, as these changes do not come without positive and negative aspects.

B. The changes for the main actors

o What will change for Airlines?

Airlines' connections with manufacturers will become tighter as manufacturers become airlines' partners within the whole air transport industry. Recycling requires deep collaboration right before an aircraft's retirement. There is a big possibility that airlines will need subsidiaries for evaluation and sales after recycling. Manufacturers can also become platforms for dealing with the recycling business.

The most obvious impact on airlines would be their fuel consumption. Being both economically and environmentally beneficial, airlines will embrace new eco-friendly aircraft and save a huge amount of fuel fees. On the other hand, under laws or regulations, airlines' lower emission of CO₂ and other pollutants will bring them tax reductions and even compensations, or tax increases. Airlines purchasing new aircrafts can also get tax reduction. Therefore, they are encouraged to shorten aircrafts' lifecycle and do their best to control emissions and pollutions.

Airlines from developing countries (by developing here it more represents African countries other than China and India) often use cheaper second-hand aircrafts. Where this is the case, airlines have some of the world's worst aviation safety records. Due to their budgets and economic environment it doesn't seem possible for them to regenerate all their aircrafts and use the latest eco-friendly technologies. If it's legally forbidden for airlines to sell second hand aircrafts, this would help reduce risks of operations linked to safety but put in peril the survival of these companies. Apart from buying, they are encouraged to lease airplanes. Leasing companies could receive compensation for leasing aircrafts to these airlines.

The tricky issue for airlines would be the air traffic linked to the increase in the number of planes in the sky. This problem is more serious in emerging countries like China. The growing needs for air transport are not satisfied by the current scale of airlines and capacities of airports. Expansion of airports seems to be a more realistic way for airlines survival and also echoes with “Aviation Cities”. This is not only for airports but also for airlines to benefit from the developing air transport’s peripheral industry.

- **What will change for Manufacturers?**

The solution we propose will have some impacts on the Manufacturers such as Airbus and Boeing. Indeed, they will have to develop new and more eco-friendly aircraft, and at a quicker pace in order to have aircrafts more eco-efficient. As the new aircraft will be more and more eco-efficient and lighter they will use less fuel.

The change in the length of aircraft lifespan will encourage and improve the sale of new aircraft with the latest technologies. More effort will be made in the study of environmentally friendly materials and recyclable parts, which will increase jobs in the scientific field, but also manufacturers will be producing more aircraft as demand unavoidably increases, which has a direct impact on the number of manufacturing jobs available.

In the finance department, the level of work will increase as they would have to distribute the money to allow developments.

In financial terms, the manufacturers will have to invest in innovation, research and development and even human resources if they intend to find new eco-friendly solutions and to improve the quality of aircraft. Plus, we can guess that the demand will increase so we will face a decrease in price. There are different possibilities in terms of aircraft dismantling : the airline can sell the aircraft to a dismantling company and this company either will make can of soda or other products OR the manufacturer can rebuy parts, equipment and materials. In both cases, the airline company will receive a sum of money to help enable them to buy a new aircraft. In the case where the manufacturer rebuy the materials, partnership will have to be created between the dismantling companies and the manufacturers in order to reuse materials such as aluminium or titanium and some parts. Indeed, it’s possible to dismantle and reuse one thousand different equipment parts per aircraft after certification. Plus, 90% of the weight of the aircraft can be recovered.

The number of dismantling companies will have to increase in order to be able to dismantle an increased number of aircraft. This will create employment in this sector
Offering products that are eco-friendly will also improve and enhance the brand image of the manufacturers.

The news orders that will come will have a huge impact on the manufacturers. Today, they already have orders for the ten coming years. Thus, these new aircrafts ordered will be delivered in many years. However, thanks to the increase of the demand that the solution will induce, we hope either an increase of the size of the companies in terms of factory, support, employee, and all the different departments present in a manufacturing company as well as for the subcontractors Tier 1, Tier 2... Or an introduction of new manufacturers to the market.

- **What will change for Airports?**

Airports are another important factor facing the air transportation problem. As we mentioned in the airline sector expanding and building “aviation cities” are a promising way but also needs solutions to things like noise and air pollutions. “Aviation Cities” can shorten the “distance” from downtown to airports. This distance is not only the geographic meaning but also in a commercial meaning. This progress requires cooperation from normal transportations like metros and buses.

Shortening the lifespan of an aircraft will have an effect on the noise and air pollution surrounding airports as the newer aircraft will have improved technologies to fight these problems.

From the beginning of the 21st century terrorism has been haunting the world, including air transport industry. It is one of the most frequent targets. The consequences are not only influencing the safety but also hurting this industry’s image. Not to mention people have to spend more time and money in airport security checking. Airports especially are on the first line facing not only terrorism but also public questioning. Airlines using safer aircrafts can help airports with their safety and makes airports’ environment and image better.

C. The impacts on the PESTEL

The revision of the PESTEL adapted to this new environment that would be created by our solution to try to reinvent air transportation permits to get a global view on their impacts at numerous levels as, for instance, the economic or political ones. They show the interconnectivity between different universes as much as the large scale of the impacts of our solution.

- **Political**

Politically, the role of the states will be stronger than before because it is impossible to let the worldwide market freely deal with global warming. Such solutions as explained above cannot be efficiently enforced if the regulation doesn’t make them mandatory for everyone, at a national or regional level at least.

Concretely, the States will have to foster and enforce the law in order to oblige the airlines to switch old aircrafts with new ones after a certain number of flights. A pollution tax reduction will be applied for those who accept the request, which will considerably help the efficiency of this imaginative solution. We also can imagine an improvement of this solution at a European level with an adoption of the new law for every airline of the 27 European countries.

To avoid the strategic delocalization of the airlines to non-European countries in short-term logic, Brussels could for instance forbid to any airline not applying this law to fly in the European sky. The final purpose is, of course, to reach a worldwide consensus thanks to the action of the aeronautical entities such as IATA...

- **Economical**

Our solution would be good news for everyone because it would foster the whole aerospace market by enabling more R&D, more aircrafts sales, more jobs, more confidence in the future and so more cash flows in the sector. It would be a real revolution in the sense that there would be a positive domino

effect enabled by the strong interconnectivity between airlines, manufacturers and airports. All this would enhance the aerospace growth and wealth at a large scale.

- **Social**

Socially speaking, the solution we thought about would probably encourage people to travel even more than presently since there would be a more confident mindset in our overall capacity to face global warming and to find solutions in the coming years. Air traffic will continue to grow each year a little more and so people will really consider the aircraft as a 'basic' mode of transport. This is why we have to stop producing so much carbon because the risk is to pollute twice or three times more within the two coming decades. Moreover, increased security of planes will increase the trust that people have of flying

Emerging countries will have more and more travelers with the upper middle class that is growing in China, Latin America, Africa or India for instance. All this has to be taken into account.

- **Technological**

For the technological part, the report is quite simple: with the obligation for airlines to buy new aircraft after a certain number of flights and to replace their old fleets, the new projects of aircrafts and more eco-friendly motors from Airbus, Boeing, and their numerous suppliers will explode literally since they will have the insurance to get a complete order book within several coming decades and less cancellations, even more than presently. This excellent confidence of the near future will enable a fast increase concerning, for instance, the research work for electric aircrafts, or pilotless ones. Technology will be strongly fostered by the new and safer environment of air travel.

- **Environmental**

The strong need from both airlines and the planet for a cleaner air transport and the climate change alerts are some of the numerous reasons that lead to more eco-friendly and safe aircrafts need, which could be enabled by the obligation to change aircrafts after so many flights and the interdiction of the second-hand aircrafts market. The airlines paying so much money because of their emissions of CO₂, the total cost will be lower, financially and environmentally speaking.

- **Legal**

The legal aspect of our solution is very present since the law will have to frame precisely the aerospace sector via the administrations and institutions (states, EU, ICAO, IATA, ATAG, ...): indeed, it is impossible to oblige the airlines to change aircraft after so many flights without a law to define the features of such measure, forbidding the second-hand aircrafts market. Laws would need to be integrated and ratified worldwide, a concept which is naturally very challenging both on political and legal terms. Our vision would consist in a rather radical change because we cannot further sustain such a polluting system: international agreements and fair cooperation between countries are the main arms to face the intricacies of an international harmonization of the aeronautical sector since it is very integrated and worldwide, with disparities due to economical differences as for the developing countries. The actual EU Emissions Trading System (ETS), which is used for a more international cooperation with ICAO, has limits since it doesn't look at the different aircrafts flying with their different pollution rates, but only the global amount of CO₂ that is produced each year by every single airline. Our

solution would be more efficient and accurate, looking at the 'age' (linked to its number of flights made) of each aircraft of each airline's fleet, and giving a 'case-by-case' tax obligation to polluters.

Finally, the manufacturers and dismantling companies would also benefit from tax reductions if they buy the old aircrafts from the airlines to reuse the recyclable parts in order to build new aircrafts or other products.

The creation of a tax for the passengers when they take a plane; directly linked to the amount of CO₂ they produce by using this kind of transport mode, would make them more conscious of the pollution emitted by them. This will have a psychological impact on their own and individual responsibility. The amount of money linked to this tax would go to an international and independent entity. This organization could develop links with the dismantling firms around the world and could help support in purchasing old planes.

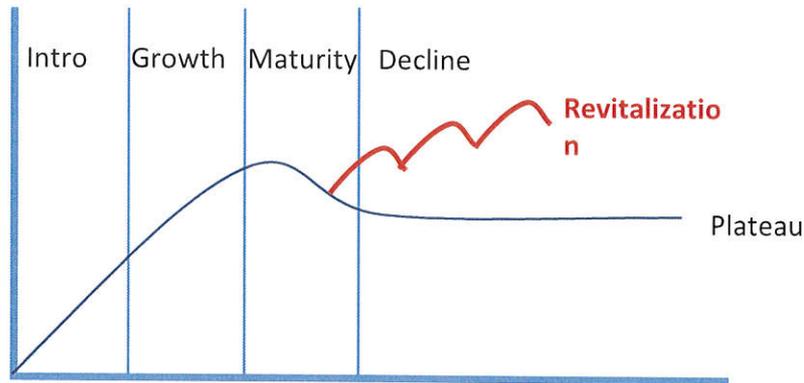
D. Advantages for main actors

○ For airlines

- **Complying with the regulation of aircraft emission:** Although in short term, airlines have to add more investment to replace the old aircraft, in long term consideration, airlines could more likely comply with the the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation(CORSIA) agreement of ICAO.
- **Reduction of the cost of fuel consumption:** In the operational costs of airlines, the proportion of cost is fuel around 40%. If the airlines are willing to replace the current aircraft in shorter life cycle, they could apply more efficient and eco-friendly aircraft. Therefore, it's possible to help airlines to save money in their operational process. For example, the new engine of A320neo could offer 15 per cent fuel burn saving and the same for an A350 that is made of carbon and so lighter.
- **Sustainable development in air transportation industry:** Until now, the air traffic between two continents is the fastest way and non-replaceable. Therefore, it's important develop a sustainable air transportation industry. For airline companies, this solution could help them survive for longer time.
- **Improvement of airlines' safety in emerging countries:** As we mention in the part of impacts on airlines, the change in the length of aircraft lifespan means there will be few old aircrafts in the sky. It could indirectly improve the safety of aircrafts in the emerging countries.
The companies would be more competitive as their fleet will be made of new aircraft, eco-friendly, quiet, calm and very comfortable.

○ For manufacturers

- **Increase of aircraft sales:** The product life cycle of aircraft is getting shorter because the stage four "Decline" will be decreased. In the other words, the PLC of aircraft will be revitalized again and again. When airlines need to renew their fleet more frequently, the manufacturers will get more orders and have to invest in the new eco-friendly aircraft.



Resource: This study

- **Positive brand image because of more eco-friendly aircraft:** More eco-friendly aircraft could bring the pollution level down. It can alter the image of people towards the air transportation industry that it isn't the same as the other polluting industries.
 - **Increase in employment:** The importance of the manufacturers in the air transportation industry will become the pole position because of the demand of updating the aircraft, manufacturers have to yield more aircraft. Consequently, aircraft manufacturers will increase their employment.
 - **More aircrafts disassembly:** The higher rate of replacement of aircrafts means the demand of aircraft disassembly will increase. It also means the cooperation between airlines and manufacturers is tighter. Their contract of new aircraft may include more disassembly parts and MRO parts. For example, manufacturers may have to provide the new aircraft for the airlines and reduce their benefit. However, they could benefit from the aircrafts disassembly.
- **For airports**
- **Improvement of the relationship between airport and residents nearby**
The European Union (E.U) estimates that 20 percent of European people or around 80 million people are exposed to the noise from the take off and land in airports. These people are also more likely to get heart disease. However, if the noise from the aircraft can be improved, it can decrease the protesting of airport noise around the airport.

Conclusion

The potential solutions presented in this report face some drawbacks but also many advantages. One of the main drawbacks is the increase of money that will be spent in order to renew a fleet for an airline company. Emerging countries won't be supported in the purchase of aircrafts for their airlines companies. They won't have many other options than to have recourse to leasing. This solution can therefore lead to the death of some companies, not only in emerging economies, as discussed before, but also for certain LCCs. If the money required to renew fleets is not available, some airlines may have old fleets with polluting planes thus higher taxes to pay and a damaged brand image.

This solution is based on a long term strategy. The total renewal of the entire fleet of an airline company will still take a very long time. This means that if a new ground-breaking disruptive innovation is created, it will take a while before all airlines adopt it. However, this drawback is nothing new in the air transportation business; strategies and lifespan have always been long and airlines often need to make return on initial investments before embarking on new adventures. By creating a limit, we can, however, help speed up this renewal.

In the future, real improvements are expected in terms of technologies. Indeed, electrical engines and green fuel will make easier the reduction of the impact of air-transport on the environment. More eco-friendly planes in the sky means that the impact on the planet will be reduced and we can expect to have a more eco-friendly world. If improvements and efforts are made the quality of air will be improved and the impact on the biodiversity and the example of noise pollution will be reduced. Moreover, as the old planes will be recycled more often, a decrease in the number of planes left in deserted areas will be established.

Something that can be more or less confirmed is that air transportation will still exist in the next 20, 50 and 100 years. We cannot say in what form, but it is clear that the roads we currently drive on are overcrowded, and as a species, our current priority is gaining time by travelling fast. This is currently done by flying through the air. Innovation is used in order to ensure that we can transport ourselves faster and more efficiently from point A to point B. For this to continue, fuels and materials will have to evolve to enable us to travel without damaging our planet beyond repair. Our solutions are not perfect but they encourage innovation by discouraging pollution.

The goal of the product is to face this first scenario, where rights are used to fill vacant seats. If this is not the usual scenario for a particular route, maybe it is not advised to implement the system of rights.

2nd scenario: Coordination with regular sales

This scenario considers the possibility that the tickets sold through the system of rights would also be sold through the usual channels, if still available. This case corresponds to flights with a higher occupancy rate. The airline must have an estimation of the percentage of customers with rights who are going to buy a ticket in the end. According to this estimation, certain number of seats must be reserved. Those seats cannot be sold through regular channels.

For a given number of passengers who acquired their tickets through the system of rights:

- If the number of passengers is the same as the estimation there is a profit coming from the price of the rights (10% of the price of the rights). It is an optimal situation. However, it is going to be difficult to achieve.
- If the number of passengers is higher than the estimation; we may incur in overbooking. The airline must be able to deal with this situation. As there is a 15 day clearance between the last call to use a right and the departure, it is likely that those seats can be discounted from other categories with available seats. The airline may lose money by losing the opportunity to sell more expensive tickets.
- If the number of passengers is lower than the estimation we may lose money through unsold seats. Nevertheless, the airline can try to sell them during the last 15 days before the departure.

6. Conclusion

Most of the time, we will be in the first scenario, where all the income supposes profit for the airline as our potential customers would not have travelled without our new product. However, in the case we need to consider the travelers would have still bought the tickets through the regular airline channel, one should look at the second scenario. Depending on the accuracy of the estimation of the rights that will turn into real flight tickets, different cases are also presented. It seems challenging to estimate this value a priori, but the historical of the airline will ease the estimation. It is important to remark that, no matter the case, there is always an additional profit due to the sale of rights. This extra income can balance potential losses due to a bad estimation.

Forum for Students

“LET'S RE-INVENT THE FUTURE OF AIR TRANSPORT”

December 1st and 2nd 2016

Toulouse



Guillermo BARREIRO

Sonali BATRA

Satyaswamy Raghuvamsi DEEPTIHMAHANTHI

Elena GOMEZ

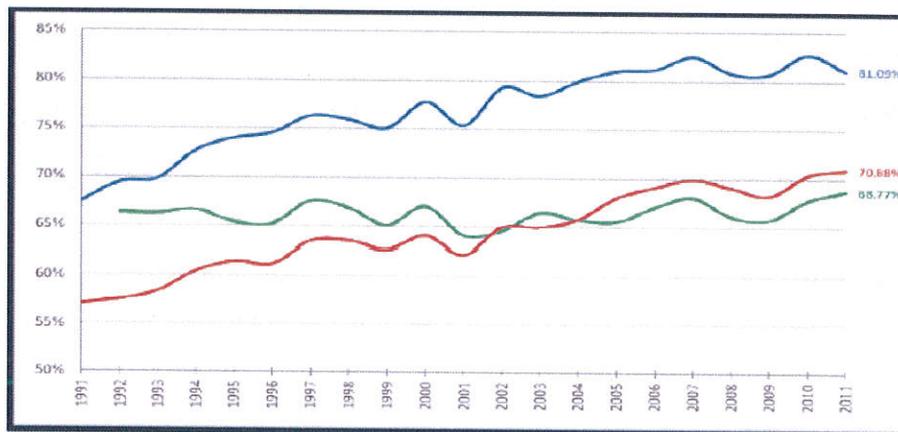
Index

1. PROBLEMS	3
2. EXISTING ALTERNATIVES	4
3. SOLUTION	4
4. SERVICE	5
4.1 Hypotheses	5
4.2 Description	6
4.3 Customer Segment	7
5. BUSINESS CASE	7
1 st scenario: Full profit	7
2 nd scenario: Coordination with regular sales	8
6. CONCLUSION	8

1. Problems

Vacant seats on planes of regular airlines in Europe

A low occupancy factor is observed on most of the regular airlines in Europe which means an amount of vacant seats in the majority of their airplanes. To study a bit more in depth this issue, we organized data from some reports undergone by SENASA and the evolution of the occupancy factor is presented in figure 1.



'Figure 1: Average occupancy factor for the principal European airlines, data obtained by EAA (European Airlines Association)'.

Having a look to the graph, the green line shows the evolution of the occupancy factor in the domestic flights. To see the evolution in the short/medium range, one should look at the red line. To end up with, the blue line represents the same evolution for long range routes.

For the study case we are interested about, we will consider the evolution served by the red line. It is observed an increasing evolution of the occupancy factor from 1991 to 2011 of around 13%. The value is close to 71% in the year 2011 and, according to some other statistics, this value has been increasing a bit until those days. However, this figure is still far from the ideal scenario for the airlines. This is one of the problems we want to deal with by developing our service and which will be presented in more detail in the following section.

2. Existing alternatives

At this point, it is essential to study the competence by having a look to the alternatives that exist on the market those days and that could suppose a threat for our product.

We should consider the overbooking of planes as a solution to avoid having vacant seats on planes and therefore increasing the occupancy factor. This measure has been considered since the beginning of aviation to have a bigger occupancy factor which means greater revenue for the airline. However, even though this measure is very used, the previous graph shows that the occupancy factor barely reaches 71% for regular airlines in Europe. The latter shows that this commonly applied measure does not represent an alternative to our product.

Another potential threat to our idea could be the flexible tickets that are offered today in most of the airlines to make the flight more flexible to changes. In spite of this existence, we came along with some issues to make a flexible ticket worth it. The most relevant could be the fact that most of the times although it is a flexible ticket with the chance to change it, you might have to pay the difference between your original ticket and the new one, which is usually a big difference taking into account that flight tickets usually increase their price by ten times from two months before the flight until the last day. That is why flexible tickets are not an alternative to our business idea.

3. Solution

In the airline industry, a common issue that is faced is that of vacant seats. The 'occupancy rate' is a parameter that is often used for metric purposes to see how many vacant seats are there in any given flight. An airline makes money from the seats that are sold, however, the operational costs are the same devoid of the fact that how 'full' the aircraft is, at the time of departure.

An interesting fact is that the occupancy rate of the low-cost airlines is relatively higher than that is the conventional airlines. What is the one big difference between the two types of airlines? It is the cost of the flight tickets. Therefore, the flight tickets are somehow related to the vacant seats on an aircraft. For this reason, it is necessary to find a common ground for the conventional airlines and the customers so as to minimize the number of vacant seats without causing losses

to an airline. Following section details out the description of the service and how customers will be affected.

In order to address the idea of filling vacant seats on an aircraft, we believe it is necessary to improve the existing ways of reaching the customers. The new service proposed in this case draws analogy from the stock market approach. Precisely, it underlines on the idea that the airlines can give the customers the 'right' to buy a ticket instead of just 'buying' a ticket. It is believed that this approach will provide more flexibility to a customer who is not sure when he/she will need to fly, but, nonetheless, does not want to pay a high cost for a ticket at the end moment.

In the service that we suggest, a customer would buy the 'right' to acquire a ticket at a cost of 10% of the final ticket price. It should be noted that this is not the price of the ticket but the price of the 'right'. Once this right is bought, the customer is free to buy a ticket at a price for which the 'right' was bought. The customer is free to buy the ticket until 15 days before the departure of the flight.

To ensure that the number of rights sold is not more than the estimated number of vacant seats on the particular flight route, the airlines have the right to regulate the rights they would be selling for each route. The airlines also hold complete control over the first availability of these rights. In this way, although the problem of vacant seats is being addressed, the airline is not a victim of loss. Such a service keeps in mind the needs of the customers and airlines can provide them a new approach that is more flexible for a customer. But at the same time, an airline exerts complete control over the flow of rights.

4. Service

4.1 Hypotheses

The hypotheses to define the service are the following ones:

- ✓ Aircraft with 180 passengers; as it represents an average value for medium range flights in Europe (A320 and B737).
- ✓ The service will only be applied to the Economy fare.
- ✓ The airline has an estimation of the amount of rights that are going to be turned into actual tickets.

4.2 Description

The new products we propose are flight rights, which give the possibility to buy a ticket at any moment for a fixed price. For a particular flight, the right can be acquired for a 10% of the current price of the ticket. Whenever the passenger decides, the right can be exchanged for the correspondent ticket by paying the price it was worth at the time of acquisition of the right, instead of the real market price. The aim of those rights is to make encourage potential low cost travelers to buy, even if they are not convinced about it.

The purchase of a right can be seen as an opportunity to prevent the potential increase of prices as the departure approaches. For many travelers, there is a time lapse between the moment they decide to travel and the moment they actually buy the ticket. Those travelers, who are not going to buy an expensive fare ticket, may be interested in expending a small amount in order to fix the price, which will probably increase otherwise.

Those rights are not certain sales. Therefore, they should not be considered as occupied seats. When selling those rights, the airline must have an estimation of how many of those rights are going to be exchanged by an actual ticket. This uncertainty must be addressed properly so as not to fly with additional empty seats. For routes with a high degree of occupancy, the sale of rights is less interesting, as the conventional procedures are enough to fill the aircraft. Nevertheless, this system can help increasing the occupancy factor for lines which are less appealing.

It is only going to be possible to buy flight rights for Economy fare tickets. It is a service for the segment of low contribution passengers and it should have no effect on the passengers willing to pay a flexible ticket. Additionally, to avoid this interference, the rights are only going to be available up to two months before the departure and in small number.

Like any new approach, this service also needs to be tested and validated before it is proposed to the market. In order to do so, a business case is prepared in this report to address the major concerns.

4.3 Customer Segment

It is an essential part of whole project where the financial articulation originates. This project offers to the segments that are profitable to both customers and airlines. When the customers are not ready to take the decision of their plan of travel but still need to book a ticket then they will opt for booking rights on the ticket. This scenario results in the profit to the company by getting income on the ticket rights. Here the occupancy rate is inversely proportional to the number of tickets that comes under this category. The aim of filling vacant seats can be fulfilled with these additional travelers.

As the project is new, there are difficulties that need to take into account. Customer segmentation can be used as the prominent basis for congregating resources to idea development, publicity and marketing. Regulating each individual segment based on the overall revenue, the profit and investment. Managing appropriate pricing of product like what amount of percentage is to deduce to give the rights on ticket. Establishing suitable service options like the virtual ticket will become real ticket by paying the money at any time in the stipulated interval. We should develop marketing programs by providing workshops for public awareness.

5. Business case

In order to study the feasibility of the new product we want to introduce, we are going to analyze the different scenarios we can face.

1st scenario: Full profit

The goal of the system of rights is to attract customers who would not be interested in buying an expensive last minute ticket, but who are not completely sure they want to travel when the tickets are still cheap. Those passengers would rather use a cheaper mean of transport instead of the airplane, if the price is not competitive.

This scenario considers that the tickets sold through the system of rights would not be sold otherwise. Therefore, the full amount of the income corresponds to profit for the company. This scenario would only take place in flights with a fairly large number of vacant seats. Those additional travelers would only fill the empty seats. If the airline is aware of the low occupancy rate, a high amount of rights can be sold to maximize the profit.

The goal of the product is to face this first scenario, where rights are used to fill vacant seats. If this is not the usual scenario for a particular route, maybe it is not advised to implement the system of rights.

2nd scenario: Coordination with regular sales

This scenario considers the possibility that the tickets sold through the system of rights would also be sold through the usual channels, if still available. This case corresponds to flights with a higher occupancy rate. The airline must have an estimation of the percentage of customers with rights who are going to buy a ticket in the end. According to this estimation, certain number of seats must be reserved. Those seats cannot be sold through regular channels.

For a given number of passengers who acquired their tickets through the system of rights:

- If the number of passengers is the same as the estimation there is a profit coming from the price of the rights (10% of the price of the rights). It is an optimal situation. However, it is going to be difficult to achieve.
- If the number of passengers is higher than the estimation; we may incur in overbooking. The airline must be able to deal with this situation. As there is a 15 day clearance between the last call to use a right and the departure, it is likely that those seats can be discounted from other categories with available seats. The airline may lose money by losing the opportunity to sell more expensive tickets.
- If the number of passengers is lower than the estimation we may lose money through unsold seats. Nevertheless, the airline can try to sell them during the last 15 days before the departure.

6. Conclusion

Most of the time, we will be in the first scenario, where all the income supposes profit for the airline as our potential customers would not have travelled without our new product. However, in the case we need to consider the travelers would have still bought the tickets through the regular airline channel, one should look at the second scenario. Depending on the accuracy of the estimation of the rights that will turn into real flight tickets, different cases are also presented. It seems challenging to estimate this value a priori, but the historical of the airline will ease the estimation. It is important to remark that, no matter the case, there is always an additional profit due to the sale of rights. This extra income can balance potential losses due to a bad estimation.

4-Conclusions

En conclusions, donnons la parole aux élèves :

«Je tenais à vous remercier pour nous avoir donné l'occasion de participer au forum 3AF sur le transport aérien suite au MOOC "Quel avion pour quel mission?"

En effet, en tant qu'élève-ingénieur en aéronautique et junior-entrepreneur, cette expérience s'est révélée très intéressante et enrichissante. Pouvoir échanger avec d'autres étudiants venus d'horizons différents et avec des acteurs du domaine aéronautique s'est révélé très constructif.

De ce fait, l'organisation d'un second forum me paraît clairement être une bonne idée, avec pourquoi pas un nombre d'équipes plus important. »*Jérôme Garant*

« Pour moi, l'organisation d'un forum sur l'avenir du TA était et reste une excellente initiative.

L'implication d'étudiants venant de plusieurs grandes écoles, chacune spécialisée dans son domaine, a permis de voir des approches à la fois très variées mais aussi (partiellement) complémentaires, à différents horizons temporels : automatisation lors de la visite pré-vol, représentations de la part des riverains, durée de vie des avions, projet de gestion des sièges par les compagnies aériennes, concepts de transport aérien à l'horizon 2050.

Le timing (1h30 par groupe) était suffisamment large pour approfondir les thématiques lors des discussions et les mettre en perspective par rapport à une vision plus globale du transport aérien et des enjeux sociétaux. La qualité de ces échanges a compensé le petit nombre de présentations et de projets innovants. Je pense que le débat a également permis, notamment pour les plus jeunes, de repositionner leurs projets dans un contexte plus large.

L'implication des étudiants dans la présentation des projets était importante et très appréciable, d'autant plus qu'il s'agissait d'un travail supplémentaire dans leurs études. La proposition de valoriser ce travail en le publiant nationalement est donc une très bonne idée, cela peut constituer un plus sur leur CV.

Le seul point d'interrogation reste la faible présence des autres étudiants non-intervenants. Période d'examens, d'autres manifestations en parallèle, surcharge de travail ou manque d'intérêt ? J'ignore si un e-questionnaire sur la thématique de ce forum, sur les attentes et sur l'intention de s'y rendre a été diffusé préalablement, sinon on pourrait peut-être l'envisager pour une prochaine fois ?

Je pense néanmoins, qu'il faudra proposer un forum sur l'avenir du TA en 2017 ou en début 2018, peut-être en invitant en même temps un « grand témoin » qui présentera sa vision ou

un projet innovant majeur dans le domaine du TA. Une périodicité annuelle permet peut-être de créer une vraie dynamique autour de ce sujet. En plus des thèmes à choisir librement et sans consignes, on pourrait également envisager de proposer un sujet interuniversitaire qui sera alors traité par un groupe d'étudiants mixte issus des différentes grandes écoles. »
Reinhard Finke

La CT 3AF Aviation Commerciale va prendre en compte ces commentaires et reproduire un forum similaire.

Rédacteurs : les membres de la CT 3AF Aviation Commerciale