



The Association of
United States and European
Aerospace Industry Representatives

&



présentent

USAIRE STUDENT AWARD 2014

Avec le parrainage de Monsieur Alain VIDALIES

Secrétaire d'Etat aux Transports, à la Mer et à la Pêche

*

**LES PAYS ÉMERGENTS DANS LE PANORAMA
AÉRONAUTIQUE CIVIL & MILITAIRE EN 2030**

*Les nouveaux équilibres et rapports de forces politiques, industriels et
technologiques en vue de 2050*

*

*

*

*

**EMERGING COUNTRIES IN THE CIVILIAN & MILITARY
AEROSPACE INDUSTRIAL LANDSCAPE IN 2030**

*New balances of political, industrial and technological bargaining
powers to prepare 2050*

*



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

Le Secrétaire d'Etat chargé des Transports,
de la Mer et de la Pêche

Paris, le 22 OCT. 2014

D14019061

Monsieur le Président,

Je vous remercie de votre proposition et accepte avec joie d'accorder mon parrainage à la neuvième édition de votre concours « USAIRE Student Award » sur les pays émergents dans le panorama aéronautique civil et militaire, à l'horizon 2030.

L'« USAIRE Student Award » a le mérite inédit de poser à des étudiants de tous horizons provenant de dizaines d'établissements en France et à l'étranger une question industrielle aux implications transversales, tant économiques, que technologiques et géostratégiques. Cet exercice, réalisé à l'initiative de l'association USAIRE, constitue une excellente contribution à la réflexion que mènent les acteurs industriels et institutionnels du monde de l'aéronautique et du transport aérien français pour dessiner le monde de demain.

Je suis également heureux de mettre à profit cette préface pour adresser toutes mes félicitations aux lauréats qui se sont brillamment distingués dans les travaux que compile ce recueil. Ouverts au monde qui les entoure, attentifs aux grands enjeux qui le traversent, ces étudiants démontrent par leur excellence académique, leur inventivité et leur lucidité qu'ils sauront s'imposer avec profit comme les acteurs de demain.

Par ailleurs, je ne manquerai pas de vous faire connaître, le moment venu, si les contraintes de mon emploi du temps me permettent de participer, le 28 novembre prochain, à la cérémonie de remise des prix ou de vous communiquer, dans le cas contraire, le nom de mon représentant.

Je vous prie de recevoir, Monsieur le Président, l'expression de mes sentiments les meilleurs.

Alain VIDALIES

Monsieur Michel DUBARRY

Président France
en charge de l'Europe et de l'Afrique du Nord
Rolls-Royce International
Vice-Président de l'USAIRE
122 avenue Charles de Gaulle
92522 Neuilly-sur-Seine Cedex

AVIATION SANS FRONTIÈRES

La voie des airs pour secourir la Terre

La vocation d'ASF

ASF, créée en 1980 par un groupe de pilotes désireux de mettre leurs compétences et celles du monde de l'aéronautique au service de la cause humanitaire, reconnue d'Utilité Publique en 1993, est partenaire du Conseil Economique et Social des Nations Unies. ASF est l'unique ONG qui fédère le monde de l'aéronautique.

Sauver des vies dans l'urgence

Missions avions

Aux commandes de ses avions particulièrement adaptés aux terrains difficiles d'accès en Afrique, les pilotes bénévoles d'ASF portent secours à des populations isolées dans des régions enclavées et à risque. Ces ponts aériens redonnent espoir à des milliers de personnes.

Aviation Sans Frontières est la première ONG européenne à avoir obtenu un CTA (certificat de transport aérien) délivré par la DGAC, ce qui reconnaît le niveau élevé de formation des pilotes et des mécaniciens pour la sécurité des vols.

Convoyage d'enfants

ASF, en étroite coopération avec des équipes européennes de cardiologie ou de chirurgie réparatrice, accompagne sur des vols réguliers chaque jour des enfants souffrant de pathologies lourdes, impossibles à soigner dans leurs pays et les ramène une fois guéris, dans leur famille.

Escorte de réfugiés

ASF, à la demande de l'Office International pour les Migrations accompagne vers de nouveaux horizons, des familles cantonnées depuis de longues années dans des camps de réfugiés qui ont été autorisées à rejoindre un nouveau pays d'accueil pour démarrer une nouvelle vie.

Répondre aux situations de détresse

Messagerie médicale et fret humanitaire

A l'appel d'hôpitaux dépourvus même du strict nécessaire, des colis de produits pharmaceutiques ou petit matériel chirurgical s'envolent quotidiennement vers des dispensaires, des orphelinats ou des léproseries. Lors de famines, de conflits, de catastrophes naturelles, ASF achemine des tonnes d'aide d'urgence vers les pays dévastés.

Offrir une part de rêve

« Les Alles du Sourire »

En coopération avec 21 aéro-clubs en France, ASF offre à de jeunes handicapés physiques ou moteurs isolés par leur mobilité réduite, de vivre la réalisation de leur rêve : voler. ASF permet à chacun de découvrir un nouvel espace de liberté.

Faire découvrir d'autres horizons

E-aviation

ASF, grâce à son activité « e-aviation » participe à l'effort collectif en faveur d'adolescents socialement isolés ou en difficulté scolaire en les sensibilisant aux métiers de l'aérien grâce à l'outil informatique.

Si vous souhaitez être régulièrement informé sur nos activités, tout en apportant votre soutien financier à nos actions humanitaires, merci de compléter le bulletin de soutien au verso.

Pour nous contacter : Tél. 01 49 75 74 37 – Fax : 01 49 75 74 33 – asf.paris@asf-fr.org
Rejoignez-nous sur www.asf-fr.org et sur www.facebook.com/aviationsansfrontieres.fr



Bulletin de soutien

Je souhaite soutenir les actions humanitaires d'Aviation Sans Frontières
en faisant un don de _____ euros

Je joins mon don par chèque bancaire ou postal émis à l'ordre
d'Aviation Sans Frontières.



➤ À renvoyer accompagné de votre don à
Aviation Sans Frontières - Orly Fret 768
94398 Orly Aéroport Cedex

Si vous êtes imposable, 66% de votre don sont
déductibles de votre impôt sur les revenus, dans
la limite de 20% de votre revenu imposable. Par
exemple, un don de 40 € vous revient en réalité
à 13,60 €.

Un reçu fiscal vous sera adressé prochainement.

Mes coordonnées:

Nom : _____ Prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Tél : _____ Profession : _____

☐ J'accepte de recevoir mon reçu fiscal par e-mail : _____ @ _____

Les données recueillies vous concernant sont nécessaires au traitement de votre don et à l'émission de votre reçu fiscal. Conformément à la loi informatique et libertés, vous disposez d'un droit d'accès, de rectification, de radiation sur simple demande écrite à Aviation Sans Frontières, Orly Fret 768, 94398 Orly Aéroport Cedex. Vos coordonnées peuvent être communiquées à d'autres organismes ou associations partenaires d'ASF, sauf avis contraire de votre part en cochant la case ci-contre ☐

ASF en 2013, c'est :

- + de **700** bénévoles sur tous les terrains
- + de **1 790** heures de vol effectuées en Afrique
- + de **1 180** enfants en urgence de soins accompagnés vers l'Europe
- + de **920** réfugiés escortés vers de nouveaux horizons
- + de **8 750** colis médicaux acheminés vers des structures isolées
- + de **8** tonnes de lait distribuées, soit 1 verre de lait par jour pour **800** enfants malgaches pendant 1 an
- + de **20** tonnes de fret humanitaire expédiées
- + de **420** vols découverte pour plus de **860** jeunes personnes handicapées organisés en coopération avec 21 aéro-clubs en France
- + de **160** personnes, souvent maltraitées par la vie, qui ont bénéficié de visites aéronautiques
- + de **300** jeunes en difficulté scolaire ou socialement isolés qui ont découvert le monde de l'aérien grâce à e-aviation



Kinshasa

Convoyage, messagerie médicale, centre de santé, bénéficiaires sur place et mission avion : une mission complète pour ASF

Fin juin 2014, Nadia M'Tarrah, lauréate du prix ASF 2013 organisé par l'UISAIRE, accompagnée de Jean-François Briois, bénévole ASE, et Nathalie Ahuès, logisticienne ASE, décolle direction Kinshasa, en République Démocratique du Congo et nous raconte sa mission.

Les Retrouvailles & Les Rencontres

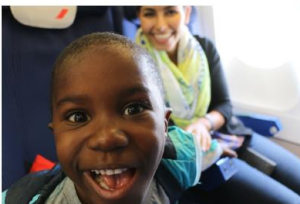


Arrivés à l'aéroport Charles de Gaulle, nous retrouvons le petit Jussivie, 6 ans, qui a été soigné à Marseille et que nous raccompagnons en pleine forme auprès de sa famille à Kinshasa après trois longs mois passés loin d'elle. Impatient de retourner chez lui et débordant d'énergie, Jussivie a tout de même été sage pendant les huit heures de vol.

Sur place, nous rencontrons notre contact du voyage, le Docteur Eboué, ainsi que le père du petit Jussivie, très ému de retrouver son fils.

Le lendemain matin, nous retrouvons Liliane, représentante ASF à Kinshasa, pour une séance de travail en compagnie de Peter Kumandé, correspondant local de la messagerie médicale auprès du Père Crispin. Ce dernier était indisponible pour des raisons de santé.

Peter nous explique alors qu'il est chargé de récupérer les colis envoyés par ASF afin de les remettre aux destinataires. Cependant, en raison des procédures administratives, il rencontre parfois des difficultés pour accéder aux colis dès l'arrivée ; ces derniers sont alors conservés



sous douane, ce qui entraîne des lourdeurs et des taxes à acquitter pour pouvoir les récupérer. En effet, à Kinshasa, rien n'est gratuit. De plus, même si les bénéficiaires des colis sont généralement ponctuels, il subsiste parfois des retards relativement importants de leur part, engendrant des problèmes de stockage car les colis sont conservés dans le bureau du Père Crispin. Nous apprenons également que les bénéficiaires de la messagerie médicale ne sont pas présents dans Kinshasa même mais se trouvent dans les terres, au Kasai Oriental. Néanmoins, Peter nous organise un rendez-vous avec les destinataires des colis.

La journée continue avec des visites de courtoisie. En particulier, celle au Ministère de la Santé où nous avons été reçus par le Directeur du Cabinet, Monsieur Baitura Musowa Schadrac qui a salué le travail d'ASF sur le territoire congolais. Il nous a expliqué que le Ministère de la Santé utilisait son propre système de distribution de médicaments, la Fedecam, Fédération des centrales d'approvisionnement et médicaments essentiels. Selon lui, il serait nécessaire de créer un partenariat avec le Ministère de la Santé à travers un accord de



reconnaissance afin que les actions d'ASF soient totalement reconnues dans le domaine de la santé.

Nous continuons nos visites avec celle de l'Ambassade de France et son attaché régional de coopération et correspondant humanitaire, Monsieur Sébastien Dauré, à qui nous avons présenté les actions d'ASF et qui reste à notre disposition en cas de besoin.

Par la suite, nous avons rencontré Madame Marianne Le Marchand, chef de projet chez CHIRPA ASBL, Chirurgie Pédiatrique en Afrique/République Démocratique du Congo. Cette structure, née des associations *Chaîne de l'Espoir Belgique* et *Chaîne de l'Espoir RDC*, est spécialisée dans les interventions chirurgicales correctrices. Les enfants souffrant de malformations non traitables en RDC sont envoyés en Belgique afin d'y être soignés. Cette structure bénéficie de plusieurs financements tels que ceux de l'Etat Congolais pour ce qui est des locaux et des équipements ou de l'AFD pour l'eau et l'électricité. A l'issue de nos échanges, CHIRPA semblait intéresser par une future collaboration avec ASF.



Une mission surprenante

« J'ai été surprise de constater le travail remarquable des associations locales malgré le peu de moyens et la culture de la négociation permanente. »

— Nadia MTARRAH

Le lendemain, nous accueillons à l'hôtel certains destinataires bénéficiant des colis. Nous avons notamment rencontré Monsieur Jean-Claude Nsapo, administrateur et Mlle Christine Ngalula, coordinatrice de l'Institut de l'Offrande Africaine (INOAF). Ils nous ont fait part de leurs besoins en matière de matériel médical tel que des compresses, des seringues, des potences ou encore du matériel de laboratoire.

Plus tard dans la journée, nous avons eu la chance de visiter leur centre de santé en leur compagnie. L'établissement est spécialisé dans la santé des femmes et la maternité. Il était encore en travaux, faute de financement pour peindre les murs et finir la construction du deuxième étage. Malgré le peu

de moyens, l'établissement était bien entretenu et propre. Le centre pratique en moyenne 40 à 50 accouchements par mois grâce à un personnel

en direction du Ministère du Plan, où nous avons rencontré le Chef de Bureau, Monsieur Johnny Kompani Mundele. Ce ministère approuve ou non

qui nous partageons les difficultés que rencontrent parfois nos correspondants pour récupérer les colis à l'arrivée de l'avion. Après discussions, il serait probable qu'un accord soit mis en place entre Air France et ASF : la compagnie aérienne pourrait se charger de transporter les colis jusqu'en ville.



Centre de santé de l'INOAF

médical composé de trois infirmières et d'une sage-femme. Nous avons pu voir de jeunes mamans et les enfants pris en charge par le centre dès leur plus jeune âge. Fonctionnant 24h/24, chaque nouvel arrivant doit s'acquitter d'une taxe symbolique d'1\$. La visite s'achevant, nous partons

l'implantation de nouvelles activités sur le territoire. Nous avons ainsi présenté les actions de la Messagerie Médicale d'ASF, peu connue de leur côté. Enfin, nous achevons notre marathon de visites avec la rencontre du nouveau chef d'escala d'Air France, Monsieur Patrick Verdon, avec

Au cours de cette mission, nous avons également eu la chance de rencontrer des mécaniciens et des pilotes ASF présents pour réaliser la maintenance d'un des Cessna d'ASF. Réaliser cette mission humanitaire aussi dense que complète aura été très enrichissante et dépayssante.

Un grand merci à USAIRE et ASF pour cette magnifique opportunité.

Premier Prix

Cyprien CANIVENC
E.N.S. de Cachan & HEC Paris

Page 13

*

Deuxième Prix

Thomas FERMIN
Delft University of Technology

Page 43

*

Troisième Prix

Arthur HEBERT & Nicolas MEUNIER
Ecole Centrale Paris & Université de São Paulo

Page 73

*

Quatrième Prix

Jérôme WURSTER & Fabien KOUTCHEKIAN
Ecole des Mines d'Alès

Page 99

*

Prix spécial du Jury*

Christelle LONGO
ESTACA

Page 123

**Lauréate du Student Awards pour la 2^e fois (2012 & 2014)*

Les Membres du Jury 2013

Franklin AUBER

Singapore Airlines

*

Carl CHEVILLON

Raytheon

*

Yann COCHENNEC

Air & Cosmos

*

Jean-Pierre DEVAUX

DGA

*

Nathalie DOMBLIDES

DGAC

*

Jean-Marc FRON

Boeing

*

Pascal HUET

Airbus

Henri HURLIN

ASF

*

Andrew LOVELL

Marshall Aerospace

*

Pascal PARANT

AAR Corp

*

Romain POLY

Rolls-Royce

*

Hadrien RHONAT

Rolls-Royce

*

Louis-Alain ROCHE

CGA

*

Hervé de SAINT-EXUPERY

Armée de l’Air

Premier Prix

Visite des usines de São José dos Campos offerte par **Embraer**, en partenariat avec **LATAM** (un aller-retour Paris-São Paulo)

Une découverte des activités d'**Aviation Sans Frontières**

Un an d'abonnement offert par **Air et Cosmos**

Un chèque de 700 euros offert par **USAIRE***

Deuxième Prix

Un billet aller-retour Paris-Singapour offert par **Singapore Airlines**

Visite du site de **Rolls-Royce** à Singapour

Un an d'abonnement offert par **Air et Cosmos**

Un chèque de 500 euros offert par **USAIRE***

Troisième Prix

Un aller-retour pour deux personnes avec **Air Méditerranée**

Deux appareils photos offerts par **Panasonic**

Un an d'abonnement offert par **Air et Cosmos**

Deux chèques de 250 euros offerts par **USAIRE***

Quatrième Prix

Deux appareils photos offerts par **Panasonic**

Un an d'abonnement offert par **Air et Cosmos**

Deux chèques de 250 euros offerts par **USAIRE***

Prix Spécial du Jury

Une semaine d'immersion dans le bureau de design de **Marshall Aerospace and Defence Group** à Cambridge

Un appareil photo offert par **Panasonic**

Un an d'abonnement offert par **Air et Cosmos**

Un chèque de 250 euros offert par **USAIRE***

**L'enveloppe offerte par USAIRE couvre les frais induits par le Student Award.*



Panasonic



Aviation Sans Frontières
FRANCE



AIR&COSMOS

AIRBUS
GROUP



Rolls-Royce



The Association of
United States and European
Aerospace Industry Representatives

STUDENT AWARD 2014

Cyprien CANIVENC

E.N.S. de Cachan & HEC Paris

« Etudiant l'économie à l'ENS Cachan et la gestion à HEC Paris, mon intérêt pour les thématiques industrielles m'a porté à effectuer un stage dans le groupe ArcelorMittal, puis à mener des recherches sur les surcapacités productives européennes dans le secteur de l'imprimerie. La participation au concours USAIRE m'a donc permis d'explorer un autre secteur industriel autour d'un sujet riche, complet et pertinent. Riche d'abord, parce qu'à l'intérieur du panorama aéronautique, s'entrecroisent de nombreuses thématiques politiques, industrielles et technologiques. Complet ensuite, parce qu'il invite à multiplier les échelles d'analyse, qu'il s'agisse du marché mondial, du consommateur final, ou de la stratégie d'entreprise. Pertinent enfin, parce que c'est bien en s'interrogeant sur les tendances et les ruptures futures, que l'on peut élaborer les stratégies à mettre en œuvre dès demain. »

Cyprien Canivenc

Le jury a apprécié une excellente synthèse qui s'est distinguée par la rigueur de l'analyse menée et par l'effort intellectuel de son rédacteur.



USAIRE Student Award 2014 : « Les pays émergents dans le panorama aéronautique civil et militaire en 2030

Les nouveaux équilibres et rapports de forces politiques,
industriels et technologiques en vue de 2050 »

Prédire les transformations économiques, technologiques et politiques que le monde verra jusqu'en 2050 n'est pas un exercice trivial. Pour autant, si l'on fait abstraction de certains risques majeurs (conflits mondiaux, instabilité économique, politiques protectionnistes, brusques changements climatiques), il nous semble possible de brosser à grands traits le portrait du monde en 2050, et *a fortiori* en 2030.

A ces dates, les *actuels* pays émergents¹ représenteront dans le monde plus de 55% du PIB, plus de 50% de la population, plus de 60% du marché aéronautique, environ la moitié des dépenses de recherche et développement. Bref, une partie des actuels pays émergents auront d'ici 2050 une économie similaire aux actuels pays développés. Aussi, les dernières projections de PWC (2013) font apparaître un PIB/tête chinois de 38 900\$, soit la valeur exacte de l'actuel PIB/tête allemand.

Cette montée en puissance « du reste du monde² » marque d'ores et déjà le panorama aéronautique civil et militaire (PACM) de trois manières. A la fois consommateurs, partenaires et producteurs, les pays émergents représentent effectivement :

- 1) **Un marché à forte croissance** : en 2012 et 2013, c'est par exemple la compagnie aérienne indonésienne Lion Air qui s'est illustrée par

¹ Le FMI qualifie 19 pays « d'émergents », l'annexe 1 en précise la liste.

² "The Rise of the Rest" (Carnegie, 2010, *The World Order in 2050*).

l'ampleur inégale de deux de ses commandes, dont le total s'élevait à 434 aéronaves Airbus et Boeing.

- 2) **Une aire de coproduction et de cogestion en expansion** : en mars 2014, le groupe Airbus, associé au consortium TJFTZ et à l'avionneur AVIC, a ainsi annoncé le prolongement du contrat de partenariat pour la période 2016-2025, de même que l'accroissement des capacités chinoises de production afin d'accueillir l'assemblage de l'A320neo.
- 3) **Un ensemble de concurrents naissants ou grandissants** : en mars 2013, Embraer Defense and Security a par exemple conclu avec l'US Air Force un accord de principe sur l'achat d'A-29 Super Tucano et sur la location d'un site de production en Floride.

C'est dans un PACM transformé par la croissance démographique, le développement économique, la modification des modes de consommation et les avancées technologiques, que nous chercherons à déterminer la place des pays émergents en 2030 et 2050. Nous noterons en particulier que le progrès technique sera déterminant, à la fois pour un secteur aéronautique, historiquement proche de la frontière technologique, et pour des pays émergents en cours de rattrapage.

Centres d'innovation, alliés, acheteurs ou encore concurrents, nous examinerons donc les pays émergents dans leurs différents rapports au reste du monde en 2030, en vue de dessiner les contours des équilibres de 2050.

En participant à la réflexion sur les opportunités et les risques que constituent ces pays pour le PACM et conformément au vers de Lamartine, « je lis dans l'avenir la raison du présent³ », nous constituerons ce rapport comme un support d'aide à la décision économique contemporaine.

³ Alphonse de Lamartine, *Méditations poétiques*, « La Foi ».

Plan du Rapport

Données, traitement et méthodologie	17
Les débouchés : les pays émergents dans le PACM en 2030 et 2050	18
La valeur du secteur aéronautique mondial devrait être multipliée par 1,9 d'ici 2030 et par 3,4 d'ici 2050.	18
En croissance plus rapide, le secteur aéronautique des pays émergents dépassera celui du G7 dès 2030.	19
Faible demande en petits jets régionaux, croissance rapide des ventes de moyen-courriers, expansion des jets privés et diversification des produits.	20
Les constructeurs : les pays émergents dans le PACM en 2030 et 2050	22
L'indiscutable avance technologique des pays développés.	22
Les pays émergents n'auront pas tous atteint la frontière technologique d'ici 2050, très peu l'auront atteinte en 2030.	23
Quelles conséquences à ce rattrapage inachevé en 2030 ?	24
Certains pays émergents parviendront à concurrencer les pays développés d'ici 2030...	25
...les autres seront coproducteurs jusqu'en 2050, même si parmi eux, certains seront en mesure de concurrencer les pays développés à partir de 2040.	28
La nationalité des producteurs est une caractéristique à prendre en compte dans le PACM.	29
Synthèse	31
Annexes	32
Bibliographie	32
Annexes méthodologiques	34
Annexes relatives aux débouchés	35
Annexes relatives aux constructeurs	39

Données, traitement et méthodologie

Les projections que nous réalisons dans ce rapport sont fondées sur des données issues d'articles notamment publiés par le FMI, l'ONU, et la Banque mondiale. La bibliographie en donne la liste exhaustive. Lorsque nous avons été confrontés à des données partielles (pour l'évaluation des dépenses militaires de l'Iran ou pour les dépenses de recherche et développement par exemple), nous avons travaillé par extrapolation linéaire.

Pour estimer la croissance du secteur aéronautique du monde et des pays émergents à l'horizon 2030 et 2050, nous nous fondons principalement sur la croissance du PIB et le phénomène de « rattrapage » des pays émergents⁴.

Ainsi, en 2011, le PIB en parité de pouvoir d'achat (PPA) du G7 était supérieur à celui des 19 pays émergents de 6%....pour une population plus de 5 fois inférieure ! Cette différence de développement économique tend à se réduire grâce à une croissance réelle du PIB plus forte dans les pays émergents. Cela signifie concrètement que le poids des pays émergents tend à s'accroître annuellement dans l'ensemble des domaines que nous allons étudier : marchés, matériel productif, investissements en recherche et développement (R&D)...

Mais au-delà de ce rattrapage uniforme de l'économie par la croissance du PIB, certains domaines peuvent faire l'objet d'un rattrapage plus rapide. Prenons l'exemple des dépenses militaires de la Chine qui représentent aujourd'hui 2% de son PIB.

- Si l'on garde ce taux constant, d'ici 2030, ces dépenses auront été *multipliées par 2,7* en valeur nominale car le PIB aura lui aussi été multiplié par 2,7.
- Mais on peut également prévoir que la Chine augmente ce taux pour atteindre un niveau américain (4,5% du PIB), afin d'asseoir sa puissance

⁴ Les annexes 2 et 3 justifient cette approche et détaillent les hypothèses sous-jacentes aux projections.

en Asie. Dans ce scénario et d'ici 2030, ses dépenses auront été *multipliées par 6* !

Dans le premier cas, s'opère ce que j'appellerai **convergence simple**, tandis que s'opère une **convergence double** dans le second scénario. C'est sur cette distinction qui me semble fondamentale que nous établirons nos différents scénarios.

Les débouchés : les pays émergents dans le PACM en 2030 et 2050

La valeur du secteur aéronautique mondial devrait être multipliée par 1,9 d'ici 2030 et par 3,4 d'ici 2050.

Pour déterminer la valeur de chacun des deux sous-secteurs aéronautiques civil (A-C) et militaire (A-M), nous avons élaboré trois scénarios⁵ :

- Pour le sous-secteur A-C, nous envisageons trois types de convergence déterminant la croissance du secteur : un scénario à convergence simple, deux scénarios à convergence double (moyenne ou forte).
- Pour le sous-secteur A-M, nous envisageons à nouveau trois types de convergence déterminant la croissance du secteur : un scénario à convergence simple, deux scénarios à convergence double (homogène pour l'ensemble des pays émergents, ou spécifique à la Chine).

En combinant ces 6 scénarios (3 pour le secteur A-C et 3 pour le secteur A-M), nous obtenons neuf projections possibles de la valeur du secteur aéronautique civil et militaire mondial, en milliards de dollars de 2011. Pour 2030, ces neuf projections sont comprises entre 2 100 Md\$ et 2 700 Md\$, tandis qu'elles sont comprises entre 3 800 Md\$ et 4 800 Md\$ en 2050.

Synthèse : la valeur du secteur aéronautique :

- représentera entre 1,5% et 1,9% du PIB mondial ;

⁵ L'annexe 4 présente en détails la méthodologie et les résultats exacts.

- sera multipliée, d'ici 2030, par un coefficient au moins égal à 1,9 ;
- sera multipliée, d'ici 2050, par un coefficient au moins égal à 3,4.

Il est intéressant de remarquer que ces projections sont cohérentes avec le scénario moyen qu'a formulé Boeing en 2013 pour l'aéronautique civile de 2030 : la flotte mondiale devrait plus que doubler d'ici 2030 pour atteindre 39 530 appareils.

➔ *Comment se répartit géographiquement cette forte croissance mondiale ?*

En croissance plus rapide, le secteur aéronautique des pays émergents dépassera celui du G7 dès 2030.

Ce sont les pays émergents qui expliquent la majeure partie de cette croissance, en raison de la hausse du niveau de vie de la population. Le revenu par habitant indien devrait par exemple augmenter de 131% d'ici 2030, de telle sorte que les 1,48 Md d'habitants auront davantage la possibilité de voyager. Selon nos calculs (voir l'annexe 5 pour les détails), les pays émergents expliquent entre 66% et 76% la croissance du secteur aéronautique mondial, selon le processus de rattrapage (simple ou double).

Que le rattrapage soit simple ou double (augmentation relative des dépenses aéronautico-militaires en particulier), la croissance de la part des pays émergents ralentit après 2030. Ainsi, leur part n'augmente que de 4 à 5 points de pourcentage entre 2030 et 2050.

Synthèse : la valeur du secteur aéronautique des pays émergents :

- aura dépassé celle du G7 d'au moins 15% d'ici 2030 et d'au moins 37% d'ici 2050 ;
- sera multipliée d'ici 2030 par un coefficient au moins égal à 2,4 (contre 1,9 en moyenne mondiale) ;
- sera multipliée d'ici 2050 par un coefficient au moins égal à 4,7 (contre 3,4 en moyenne mondiale).

En outre, les projections de Xerfi (2013) indiquent que le marché Asie-Pacifique des nouveaux avions représenterait un tiers du marché mondial dès

2030⁶, Chine en tête qui devrait inaugurer près de 100 nouveaux aéroports d'ici 2020.

➔ *Ces nouveaux marchés sont-ils différents des marchés existants ? Le mix de demande sera-t-il modifié par la croissance des pays émergents ?*

Faible demande en petits jets régionaux, croissance rapide des ventes de moyen-courriers, expansion des jets privés et diversification des produits.

Ainsi, y aurait-il des préférences régionales dans le secteur aéronautique ? Dans le domaine civil, d'abord, les petits jets régionaux (du type Canadair Regional Jet de Bombardier) ne feront pas recette pour deux raisons. D'une part parce que les pays émergents majeurs (BRICS) sont fortement peuplés, d'autre part parce qu'un baril à plus de 100\$ appelle l'accroissement du nombre de places des aéronefs. En conséquence, en supposant la stagnation des ventes en volume, cette part de marché pourrait être divisée par 2 d'ici 2030.

Fortement peuplés, les pays émergents sont également étendus. Russie, Chine, Brésil, Inde, Argentine, ces quatre pays émergents se classent parmi les 10 plus grands pays au monde en termes de superficie. Le marché des moyen-courriers, pour des vols nationaux ou régionaux, est donc appelé à se développer plus rapidement que celui des long-courriers ➔ *Pékin-Hong-Kong = 3h10 ; Riyad Istanbul = 4h ; Rio de Janeiro-Buenos Aires = 3h20....*

Synthèse : dans le marché civil des pays émergents le mix des produits s'orientera d'ici 2030 vers :

- une faible demande de petits jets régionaux, dont la part serait divisée par 2 ;
- un accroissement de la demande de moyen-courriers, qui représenterait 70% des nouvelles livraisons d'après Boeing (2013) ;
- un accroissement du nombre de places des avions : le moyen-courrier sera plus gros.

⁶ Dès 2030, la flotte aéronautique asiatique (35% de la flotte mondiale, contre 25% aujourd'hui) détrônerait donc celle d'Amérique du Nord (32% de la flotte mondiale, contre 21% aujourd'hui).

En outre, nous prévoyons que l'accroissement exponentiel du nombre de millionnaires dans les pays émergents étendra le marché des jets privés et des hélicoptères. D'ici 2050 et en supposant que la proportion de millionnaires des pays émergents atteigne celle des Etats-Unis, 100M de millionnaires y seront effectivement domiciliés...soit 6,5 fois plus que dans le monde entier actuellement !

Les déplacements internationaux par avion d'affaires (de type Challenger 300, Gulfstream G500, Falcon 7X...) ou nationaux par hélicoptères suivront cette tendance. Le cas des millionnaires brésiliens, se déplaçant par hélicoptère pour éviter les bouchons ou les violences citadines, en est déjà une illustration. Le lancement, en 2009, de l'EC175 conçu et fabriqué par Airbus Helicopters et ses partenaires chinois s'inscrit en plein dans cette logique.

Synthèse : d'ici 2050, les ventes d'avions d'affaires et/ou d'hélicoptères de transports de civils des pays émergents pourraient croître deux fois plus vite que leur secteur aéronautique. Les inégalités de revenus de ces pays accentueraient le développement de ce marché. Des innovations technologiques, comme l'automatisation du pilotage, pourraient également faire émerger de nouveaux usages aéronautiques individuels (déplacements, agriculture, protection...).

Enfin, la multiplication par 2 du marché aéronautique civil, engendrera la démultiplication du nombre de modèles proposés par les constructeurs. En effet, la préférence des clients pour la diversité⁷ pourra être exaucée par l'accroissement des économies d'échelle, sous l'effet conjugué de la libéralisation progressive du marché aéronautique, de l'agrandissement du secteur et de l'hétérogénéité des firmes⁸. Ce phénomène est déjà à l'œuvre : pour traverser le Pacifique, Boeing propose le B747, mais aussi le B777, le B767, et proposera également le B787 et le B747-8. Elargie par chaque constructeur, l'offre sera également multipliée par la naissance de nouveaux constructeurs.

⁷ Nous préférons généralement avoir le choix plutôt que d'être contraints ! L'article économique de Dixit et Stiglitz (1977) formalise cette intuition.

⁸ Avec des moyens ou des procédés de production différents, les produits finaux sont généralement plus divers.

L'exemple du secteur automobile confirme cette intuition : avec la multiplication par 2 de sa valeur en 20 ans, le nombre de modèles s'est accru. Pour ne citer qu'un constructeur automobile, Volkswagen produit actuellement 27 modèles différents, alors qu'il n'en a produit que 39 autres au cours de ses 78 ans d'existence !

Synthèse : d'ici 2030, et *a fortiori* d'ici 2050, l'offre de produits aéronautiques se sera diversifiée, car les consommateurs aiment la variété et que la produire sera possible grâce aux économies d'échelle offertes par la croissance des pays émergents.

➔ ***Face à cette demande diversifiée et remodelée par la croissance du secteur aéronautique des pays émergents, quels constructeurs constitueront l'offre de demain ?***

Les constructeurs : les pays émergents dans le PACM en 2030 et 2050

L'indiscutable avance technologique des pays développés.

L'avance technologique dont disposent les « anciens constructeurs » des pays développés est aujourd'hui un avantage concurrentiel indiscutable :

- Elle prend la forme d'aéronefs plus sûrs, plus légers, plus économes en carburant. Le rapport « lata vision » datant de 2011 pointe ainsi du doigt la division par 2,5⁹ du coût du transport aérien en 40 ans !
- Elle s'exprime notamment par la confiance des acheteurs dans ces marques. Le Figaro annonçait ainsi le 1^{er} juillet 2014 que « le nouvel Airbus A320 Neo remotorisé [était] déjà vendu à 2.700 exemplaires 16 mois avant sa mise en service ».

C'est parce que le secteur aéronautique, civil ou militaire, est constamment à la frontière technologique (dans les domaines de la propulsion, du guidage, de la robotique...) que les pays développés ont dominé

⁹ Un graphique démontrant cette baisse est reproduit à l'annexe 7.

jusqu'aujourd'hui, à quelques exceptions notables près (le brésilien Embraer notamment), le marché mondial. Déterminer la place des pays émergents dans le PACM nécessite donc de définir avant tout leur distance à cette frontière, ainsi que le rattrapage éventuel.

Deux éléments constituent la frontière technologique et, par là même, la capacité d'une économie à la rattraper. Il s'agit d'abord – et traditionnellement – du stock d'investissements en R&D¹⁰. Mais il s'agit également du niveau d'étude de la population. Dans un article fondateur, Acemoglu, Aghion et Zilibotti (*Distance to frontier, selection, and economic growth*, 2006) ont effectivement montré que la formation supérieure de la population conditionne le rattrapage technologique.

Les pays émergents n'auront pas tous atteint la frontière technologique d'ici 2050, très peu l'auront atteinte en 2030.

Pour déterminer l'effort d'investissements en R&D des pays émergents, comparativement aux pays développés, nous avons défini deux scénarios possibles (voir l'annexe 6 pour plus de détails et de résultats). Soit le ratio R&D/PIB reste constant et les investissements en valeur croissent au même rythme que le PIB (scénario i), soit le ratio R&D/PIB des pays émergents (actuellement 1,4% en moyenne) atteint celui des pays développés (actuellement 2,6% en moyenne). Dans ce scénario ii, une double convergence est à l'œuvre (en relatif et en valeur).

Si actuellement le montant de R&D des pays émergents représente 37% de celui des pays développés, le rapport s'élèvera entre 63% (scénario i) et 115% (scénario ii) en 2030. En 2050, la convergence sera encore plus aboutie, puisque nos estimations oscillent entre 71% et 130%.

Synthèse : encore déséquilibré en faveur des pays développés en 2030, le

¹⁰ Notons que ce stock se déprécie. C'est la raison pour laquelle le rattrapage technologique ne se fait pas sur le total des investissements mais sur le total des investissements après dépréciation. Ainsi, le rattrapage est plus rapide : il faudrait sinon 200 ans aux pays émergents pour reproduire la succession de révolutions industrielles des actuels pays développés !

montant de R&D des pays émergents aura vraisemblablement atteint celui des pays développés. Ainsi, l'effort mondial de R&D pourrait être partagé équitablement entre pays développés et pays émergents.

→ ***Mais cela ne signifie pas pour autant que tous les pays émergents auront atteint la frontière technologique en 2050, ni même qu'aucun d'entre eux ne l'aura atteinte en 2030.***

En effet, même si le *flux* d'investissements en R&D des pays émergents égalise celui des pays développés en 2050, le *stock*¹¹ sera vraisemblablement toujours inférieur. En outre, la parité technologique supposerait des formations universitaires équivalentes. Or dans ce domaine, les pays développés conservent une place hégémonique dont l'érosion est lente.

Ainsi, en 2013, 85% des universités du classement de Shanghai (top 500) sont encore situées dans les pays développés. C'est seulement 7 points de moins qu'en 2004 ; il semble donc peu probable que cette part chute de 35 points d'ici 2030.

Synthèse : selon nos projections, les pays développés conserveront leur avance technologique d'ici 2030 sur la plupart des pays émergents (Chine, Brésil et Russie tiennent une place à part étudiée plus loin). En revanche, il est envisageable qu'un grand nombre de pays émergents atteignent ladite frontière d'ici 2050.

Quelles conséquences à ce rattrapage inachevé en 2030 ?

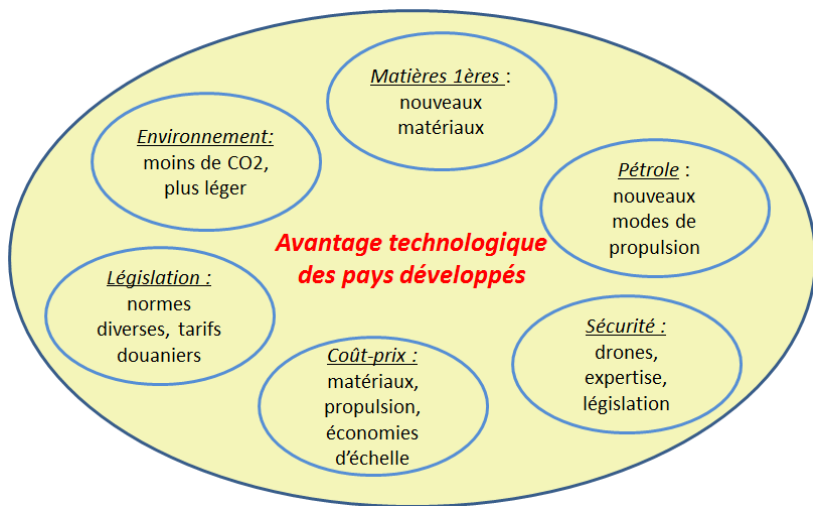
Les conséquences de cette avance technologique des pays développés jusqu'à 2050 dépendent de contraintes exogènes et endogènes au secteur aéronautique. Voici quelques exemples de contraintes qui ralentiront l'entrée de nouveaux entrants venus des pays émergents dans le secteur aéronautique :

- si le prix du pétrole s'élève rapidement, le développement de nouveaux modes de propulsion est primordial (*ex : les cryoplans*) ;

¹¹ C'est-à-dire la somme des flux d'investissements dépréciés.

- si la pression des législations environnementales s'accroît, l'utilisation accrue de matériaux composites constituera également un avantage compétitif (*ex : le train d'atterrissage du Boeing 787 fourni par Safran*) ;
- si la demande en sécurité s'intensifie, la création de systèmes experts, le perfectionnement des capteurs, l'accroissement des automatismes (*voir les rapports rendus à l'occasion du concours Usaïre 2013*) seront d'abord accessibles aux pays développés...

Synthèse : le retard technologique des pays émergents (hors Chine, Brésil et Russie) en 2030 ne leur permettra de pénétrer l'ensemble des sous-segments du secteur aéronautique et par là même de concurrencer totalement les pays développés. L'avantage technologique des pays développés retardera d'autant plus cette concurrence qu'un ensemble de six catégories de contraintes exogènes et endogènes agira sur le secteur. C'est ce que nous appelons « **le club des 6** ».



Le club des 6 : des contraintes qui rendent l'avantage technologique déterminant.

Certains pays émergents parviendront à concurrencer les pays développés d'ici 2030...

Jusqu'à présent, aucun constructeur issu d'un pays émergent ne concurrence le segment des moyen-courriers (dont on a vu l'importance

stratégique) : l'A320, le B737 et bientôt les CSeries de Bombardier détiennent le monopole. Toutefois, à partir de 2016/2017, le Russe Irkout MS-21 et le Chinois Comac C919 devraient être mis en service et concurrenceront ainsi le duopole Airbus-Boeing.

D'ailleurs, le duopole Airbus-Boeing ne domine déjà plus l'ensemble du secteur aéronautique. Le segment des avions de moins de 100 places ou de niches militaires est davantage dominé par Bombardier, Embraer, Dassault...qui aspirent, pour certains, à monter en gamme. Ces acteurs, à l'instar d'Embraer qui a été fondé en 1969, sont anciens. D'autres, en revanche, comme le Russe UAC et le Chinois Comac sont récents et s'apprêtent à concurrencer directement le duopole¹².

Nous pouvons nous inspirer de cet état de fait pour entrevoir trois scénarios dans l'émergence, dans les pays émergents, de concurrents aux pays développés :

- 1) **Celui du *leapfrogging*¹³** : soutenus par leur Etat national et une forte croissance interne, les constructeurs des pays émergents « brûlent les étapes » et concurrencent le duopole Airbus-Boeing d'ici 2030 ; c'est **le scénario à la Comac** ;
- 2) **Celui du *vol d'oies sauvages*¹⁴** : les producteurs des pays émergents seront d'abord équipementiers à faible valeur ajoutée pour les « vieux » producteurs ou bien producteurs de petits aéronefs, puis monteront progressivement en gamme et aboutiront à la création d'industries puissantes ; c'est **le scénario Embraer** ;
- 3) **Celui du *vol de grenouilles*¹⁵** qui mêle les deux précédents scénarios : quelques rares pays émergents vont voir la naissance de grands acteurs d'ici 2030 en brûlant les étapes, tandis que la plupart d'entre eux vont voir

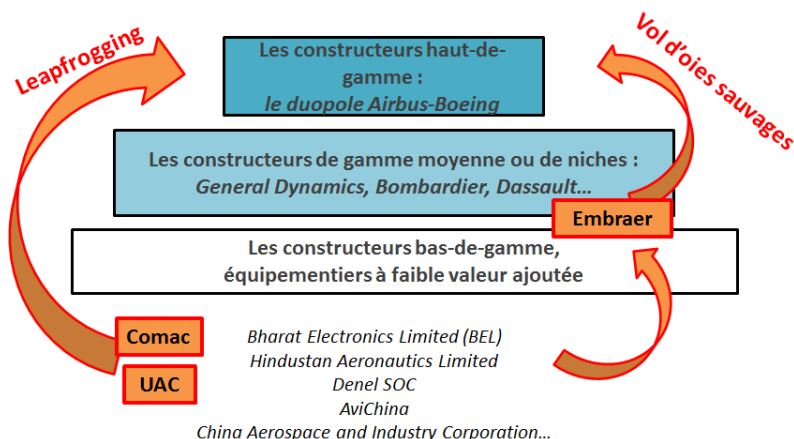
¹² Le schéma de l'annexe 8 illustre cette tricéphalie du secteur aéronautique actuel.

¹³ Littéralement « saute-mouton » : les nouvelles firmes acquièrent vite les dernières technologies. Cette notion est d'inspiration schumpétérienne.

¹⁴ C'est l'économiste japonais Kaname Akamatsu (1937) qui a défini le premier ce phénomène.

¹⁵ Cette notion est mon invention !

l'agrandissement et l'approfondissement progressif de leurs constructeurs jusqu'à 2050, horizon auquel ces acteurs seront devenus importants/majeurs.



Le scénario « vol de grenouilles »

Ce scénario a l'avantage de s'accorder avec la forte hétérogénéité des pays émergents. La Chine, en particulier, représente actuellement près des 2/3 des investissements en R&D et 40% du PIB des pays émergents. Dans nos projections mentionnées plus haut, la Chine pourrait représenter jusqu'à 75% des dépenses de R&D des pays émergents en 2050.

Le Brésil et la Russie sont également des pays à part dans le groupe des émergents. L'un dispose avec Embraer du 6^{ème} constructeur aéronautique en termes de chiffre d'affaires, tandis que l'autre dispose avec UAC du 7^{ème}. Il n'est d'ailleurs pas possible de parler de retard technologique de la Russie dans le domaine de l'aéronautique militaire.

→ **Brésil, Chine et Russie, nous retrouvons là les émergents dans lesquels les constructeurs s'apprêtent à mettre en service des moyen-courriers. Nous appelons ces trois pays « le groupe α ».**

Synthèse : Certains pays émergents parviendront-ils à concurrencer les pays

développés d'ici 2030 ? Oui, et ils sont d'ailleurs déjà concurrencés ! D'ici 2030, nous pensons que le duopole Boeing-Airbus sera concurrencé par le groupe α :

- Comac et UAC¹⁶ grâce au *leapfrogging* ;
- Embraer par sa montée en gamme progressive.

→ *Quid des 16 autres pays émergents ?*

...les autres seront coproducteurs jusqu'en 2050, même si parmi eux, certains seront en mesure de concurrencer les pays développés à partir de 2040.

Nous pouvons distinguer deux groupes parmi les 16 autres émergents :

- 1) **Le groupe β** , constitué des pays qui possèdent déjà des industries aéronautiques en croissance. C'est le cas principalement de l'Inde (*Bharat Electronics Limited ; Hindustan Aeronautics Limited*) et de l'Afrique du Sud (*Denel SOC*). Ce groupe β pourra concurrencer l'actuel duopole par *leapfrogging* ou montée en gamme. Selon le procédé, ces constructeurs pourraient devenir majeurs entre 2030 et 2040.
- 2) **Le groupe γ** , constitué des pays qui ne possèdent pas ou très peu d'entreprises du secteur aéronautique et qui sont encore éloignés de la frontière technologique. Les Philippines, la Thaïlande, l'Egypte comptent par exemple parmi ces pays. Le retard technologique et industriel les guidera dans une montée en gamme progressive, dont l'horizon pourrait être 2050, ou plus tardive selon la distance initiale à la frontière.

Synthèse : Pour la plupart d'entre eux, les pays émergents des groupes β et γ rattraperont progressivement les pays développés à travers le processus de montée en gamme (*vol d'oies sauvages*). Leur agilité dépendra de la volonté étatique, de leur demande interne et de leur avancée technologique actuelle.

¹⁶ Le statut d'UAC est ambigu : certes créée en 2006, l'entreprise peut compter sur un savoir technologique et industriel déjà existant en Russie (aéronautique militaire en particulier). Si l'on peut donc parler de *leapfrogging* pour UAC, on parlerait plutôt de montée en gamme pour la Russie.

D'ici 2050, ces pays constitueront donc des petits producteurs ou des coproducteurs. Les grands constructeurs des pays développés ou du groupe α :

- y délocaliseront d'abord une partie de leur production d'équipements à faible valeur ajoutée, ...
- ... y produiront ensuite sous forme de coentreprises (les fameuses *joint ventures*), ...
- ... jusqu'à ce que les constructeurs nationaux disposent de la technologie actuellement accessible à la frontière technologique.

Remarquons que les phénomènes de coproduction ou de délocalisation que nous prévoyons pour le secteur aéronautique sont déjà à l'œuvre dans d'autres secteurs industriels moins haut-de-gamme. Ainsi, dans le domaine des composants électroniques, la production s'est d'abord délocalisée en Chine, avant que la production chinoise ne se délocalise progressivement à son tour vers les pays d'Asie du sud-est.

La nationalité des producteurs est une caractéristique à prendre en compte dans le PACM.

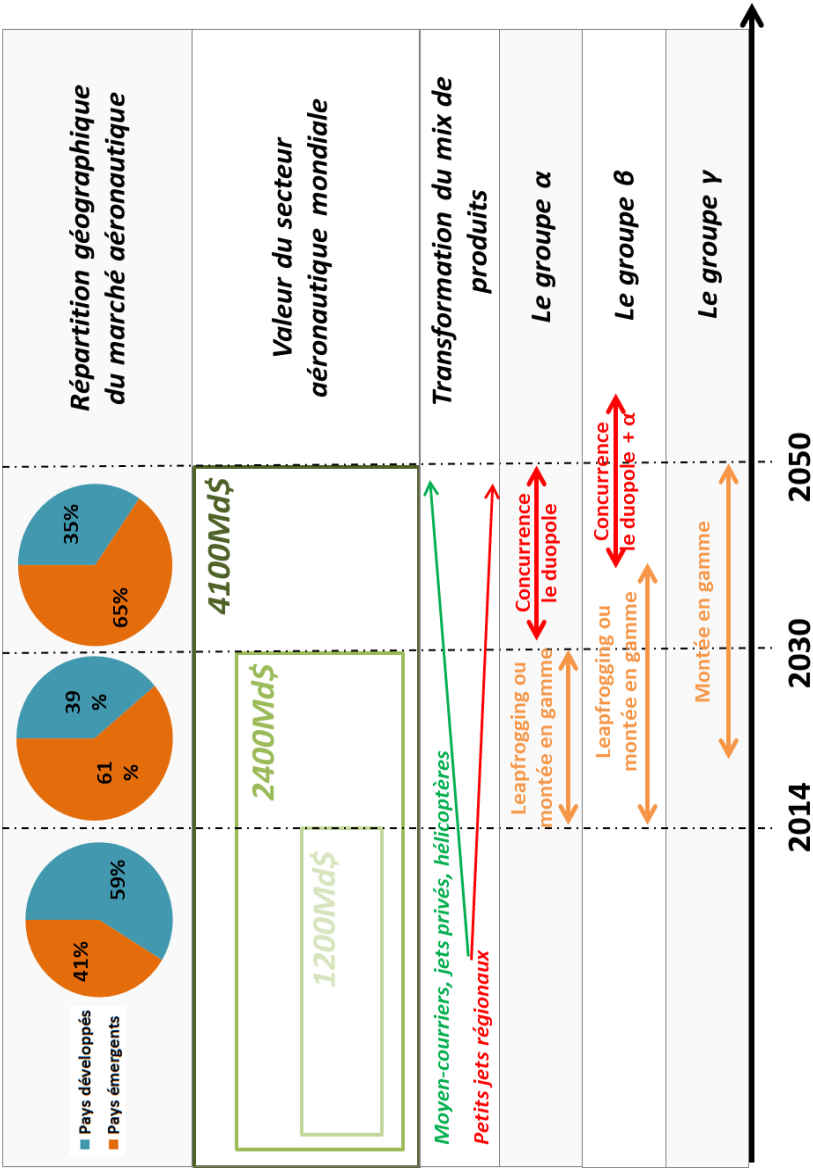
« Made in Philippines », « Made in Ukraine », ou « Made in China » : ces labels résonnent-ils avec qualité et sécurité ? Pas toujours. L'image des producteurs des pays émergents n'est pas toujours associée, dans les pays développés comme dans les pays émergents d'ailleurs, au caractère infaillible demandé aux constructeurs aéronautiques. Ce manque de confiance des acheteurs explique peut-être qu'Embraer ne soit pas encore parvenu à se positionner sur le marché des moyen-/long-courriers, après 45 ans d'existence.

La "préférence nationale" joue en outre un rôle particulier dans le cas de l'aéronautique militaire. Son caractère stratégique incite les Etats, qui sont *a priori* les seuls débouchés du secteur, à s'équiper en matériels patriotiques : le nouveau Soukhoï Su-35 pour la Russie, le Rafale pour la France... En Europe, le secteur militaire de l'aéronautique est d'ailleurs l'un des rares à échapper aux règles du marché intérieur (article 346 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne).

Synthèse : l'ascension des producteurs des pays émergents dans le PACM sera ralentie par des préférences dont les contours sont aussi difficiles à définir que la notion d'image de marque. Il est probable que, dans un premier temps, les producteurs des pays émergents exportent peu. En particulier, le marché aéronautique militaire des pays développés est verrouillé par son caractère stratégique. Mais inversement, les pays développés pénétreront de plus en plus difficilement le marché militaire des pays émergents.

Synthèse

« Les pays émergents dans le panorama aéronautique civil et militaire en 2030.
Les nouveaux équilibres et rapports de forces politiques, industriels et technologiques en vue de 2050 »



Annexes

Bibliographie

1) Rapports, articles de recherche et articles de journaux :

Acemoglu, D., Aghion, P., & Zilibotti, F. (2006). Distance to frontier, selection, and economic growth. *Journal of the European Economic association*, 4(1), 37-74.

Alain Ruello (2013, 7 août). Un an de retard pour le C919, premier avion de ligne chinois. *Les Echos*.

Banque Scotia. (2014). *Marché mondial de l'automobile*.

Carnegie endowment for international peace. (2010). *The World Order in 2050*.

CONSAVE 2050. (2005). *Final Technical Report*

Dixit, A. K., & Stiglitz, J. E. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *The American Economic Review*, 297-308.

Federal Aviation Administration. (2010). *FAA Aerospace Forecast ; Fiscal years 2010-2030*.

Fouré J., Bénassy-Quéré A., Fontagné L. (2013). Modelling the world economy at the 2050 horizon. *Economics of Transition. Volume 21(4) 2013*, 617–654.

Hannah Goldberg (2014, 10 juin). China Now Has the Second-Most Millionaires in the World. *Time*.

Véronique Guillermand (2011, 16 juin). Près de 40.000 avions dans le ciel en 2030. *Le Figaro*.

HSBC. (2012). *The World in 2050*.

IATA. (2011). *Vision 2050. Report*

Lamartine, Alphonse de. (1820). *Méditations poétiques*. « La Foi ».

Le Figaro.fr (2014, 1^{er} juillet). L'A320 Neo d'Airbus sort d'atelier. *Le Figaro*.

MarketLine. (2013). *Company profile. Embraer S.A.*

MarketLine. (2013). *Global Defense spending.*

MarketLine. (2014). *Aerospace & Defense in Asia-Pacific*

MarketLine. (2014). *Aerospace & Defense in Brazil.*

MarketLine. (2014). *Aerospace & Defense in China.*

MarketLine. (2014). *Aerospace & Defense in India.*

MarketLine. (2014). *Aerospace & Defense in South-Africa.*

MarketLine. (2014). *Global Aerospace & Defense.*

Melitz, M. J., & Ottaviano, G. I. (2008). Market size, trade, and productivity. *The review of economic studies*, 75(1), 295-316.

PWC. (2013). *World in 2050. The BRICs and beyond: prospects, challenges and opportunities.*

Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles* (Vol. 1, pp. 161-74). New York: McGraw-Hill.

Xerfi. (2013). *Aircraft Manufacturers – world.*

Xerfi. (2013). *Defence Contractors – world.*

Eugène Zagrebnev. (2011, 18 août). Se déplacer en hélicoptère pour éviter les bouchons. *Le Figaro*.

2) Bases de données :

- Indicateurs du développement dans le monde, Banque Mondiale (consultation du 1^{er} juin 2014).

- Military expenditure (% of GDP), Banque Mondiale (consultation du 10 juillet 2014).
- Patent applications, Banque Mondiale (consultation du 10 juillet 2014).
- World Population Prospects: The 2012 Revision, ONU (consultation du 1^{er} juin 2014).
- Research and development expenditure (% of GDP), Banque Mondiale (consultation du 10 juillet 2014).

Annexes méthodologiques

Annexe 1 : Le FMI qualifie 19 pays « d'émergents » :

Argentina, Brazil, China, Colombia, Egypt, India, Indonesia, Iran, Malaysia, Mexico, Philippines, Poland, Russian Federation, Saudi Arabia, South Africa, Thailand, Turkey, Ukraine, Venezuela.

Annexe 2 : Quelles sont les hypothèses sous-jacentes à nos projections ?

Les panoramas écologique, géopolitique ou technologique à l'horizon 2050 ne peuvent être connus. Nos projections se fondent donc sur l'absence d'évènement majeur et la continuité des tendances générales. Optimiste, il me semble en particulier légitime de penser que les défis environnementaux trouveront leurs réponses dans l'innovation technologique.

L'absence de rupture signifie aussi que nous n'envisageons pas un changement fondamental tel que, par exemple, la disparition du secteur aéronautique ou encore sa substitution aux secteurs automobile ou maritime.

Annexe 3 : Est-il pertinent de se fonder principalement sur les projections du PIB pour réaliser nos propres projections ?

Oui, pour au moins deux raisons. D'abord, parce qu'elles sont pointues et relativement fiables : par exemple, les projections issues du modèle MaGE (Macroeconometrics of the Global Economy), développé par le laboratoire d'économie français CEPII sont le fruit du travail d'une équipe d'économistes depuis le milieu des années 2000. Ensuite, parce qu'elles constituent déjà une

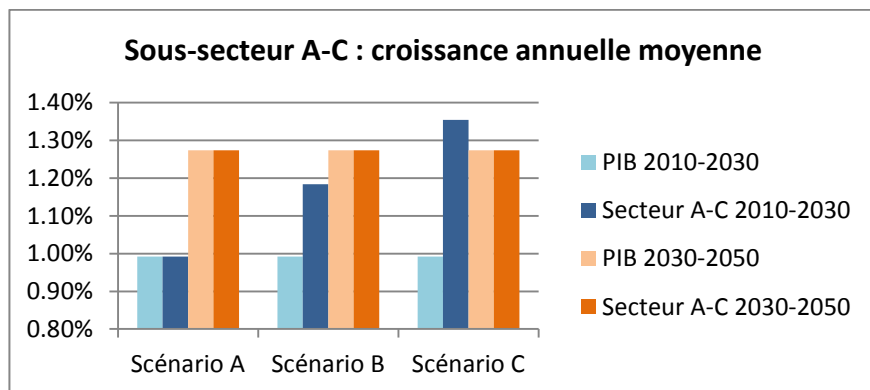
synthèse de projections (démographiques, énergétiques et capitalistiques,...) que nous devons prendre en compte dans notre travail.

Annexes relatives aux débouchés

Annexe 4 : Quelle sera la valeur du secteur aéronautique ?

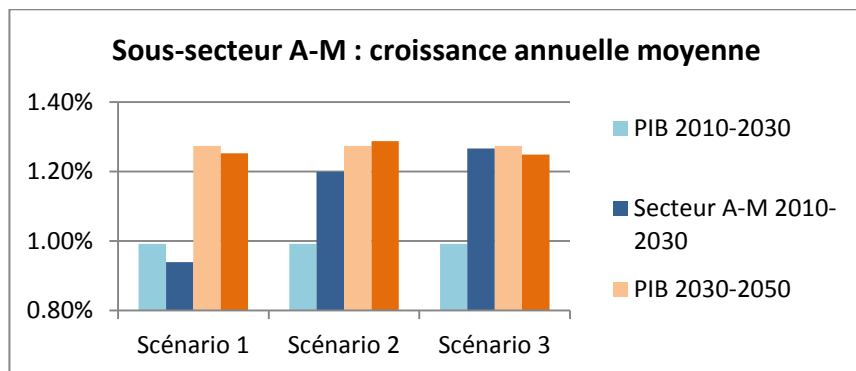
Pour ce qui concerne l'aéronautique civil, nos trois scénarios sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- **Scénario A, sans rattrapage** : croissance annuelle du secteur au même rythme que le PIB.
- **Scénario B, avec rattrapage moyen** : croissance annuelle du secteur au même rythme que le PIB en Europe et en Amérique (pays développés), mais croissance 1,5 fois plus rapide pour les continents émergents jusqu'en 2030, puis égalisation des taux de croissance (= convergence double).
- **Scénario C, avec rattrapage fort** : croissance annuelle du secteur au même rythme que le PIB en Europe et en Amérique (pays développés), mais croissance 2 fois plus rapide pour les continents émergents jusqu'en 2030, puis égalisation des taux de croissance (= convergence double).



Pour ce qui concerne le secteur de l'aéronautique militaire, nos trois scénarios sont fondés sur les hypothèses suivantes :

- **Scénario A, sans rattrapage** : nous gardons constant le rapport dépenses militaires aéronautiques/PIB, la croissance annuelle du secteur est donc proche de celle du PIB.
- **Scénario B, avec rattrapage élevé mais homogène** : nous gardons constant le rapport dépenses militaires aéronautiques/PIB des pays développés, mais le rapport des pays émergents rattrape celui des pays développés en 2030 (= convergence double).
- **Scénario C, avec rattrapage élevé de la Chine uniquement** : en gardant constant le rapport dépenses militaires aéronautiques/PIB, la croissance annuelle du secteur est alors proche de celle du PIB. Sauf pour la Chine, dont le niveau de dépenses relatives au PIB atteint celui des Etats-Unis dès 2030 (= convergence simple pour tous les émergents, sauf pour la Chine).



En combinant ces 6 scénarios (3 pour le secteur A-C et 3 pour le secteur A-M), nous obtenons neuf projections possibles de la valeur du secteur aéronautique civil et militaire mondial, en milliards de dollars de 2011. Pour 2030, ces neuf projections sont comprises entre 2 100 Md\$ et 2 700 Md\$, tandis qu'elles sont comprises entre 3 800 Md\$ et 4 800 Md\$ en 2050 :

2030 (Md\$)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario A	2124	2388	2464
Scénario B	2231	2495	2571
Scénario C	2339	2603	2679

2050 (Md\$)	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Scénario A	3780	4295	4378
Scénario B	3973	4487	4571
Scénario C	4165	4680	4763

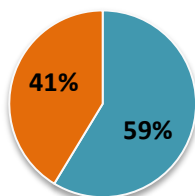
Annexe 5 : La ventilation géographique du secteur aéronautique-militaire mondial (répartition G7/pays émergents) :

A partir des projections précédentes, nous pouvons ventiler le secteur A-M entre les pays du G7 et les pays émergents. Notons qu'en prenant l'ensemble des pays développés et non plus seulement le G7, la part des pays émergents est inférieure de 5 à 10 points en 2011.

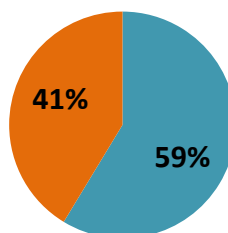
Suivant le scénario 1, sans rattrapage du niveau relatif des dépenses militaires des pays émergents (mais avec rattrapage du PIB), leur part augmente de 12 points en 2030 puis encore de 5 points en 2050.

Suivant les scénarios 2 et 3, les pays émergents se taillent une part léonine du secteur A-M en raison du rattrapage des dépenses militaires. Les résultats entre les deux scénarios sont les mêmes, dans la mesure où le rattrapage chinois des dépenses militaires américaines équivaut au rattrapage de l'ensemble des pays émergents du niveau du G7.

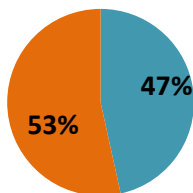
Scénario 1 - 2011



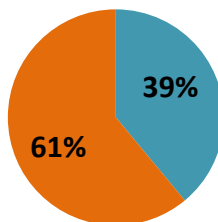
Scénarios 2/3 - 2011



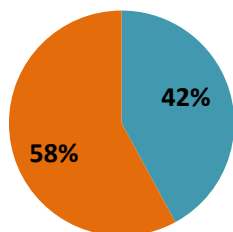
Scénario 1 - 2030



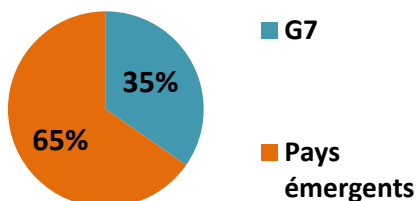
Scénarios 2/3 - 2030



Scénario 1 - 2050



Scénarios 2/3 - 2050



Lorsque l'on ajoute à ces projections du secteur A-M les projections du secteur A-C, la répartition géographique est sensiblement la même. On retiendra donc que :

- Si le PIB est le seul vecteur de rattrapage des pays émergents (convergence simple), alors la part des pays émergents dans la répartition G7/Pays émergents passe de 41% à 53% en 2030.
- Si les pays émergents profitent d'une convergence double (augmentation relative des dépenses aéronautico-militaires en particulier), alors leur part dans la répartition G7/Pays émergents passe de 41% à 61% en 2030.
-

Annexe 6 : Quelle sera le montant de la R&D à l'horizon 2030 et 2050 ?

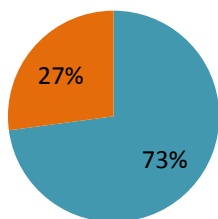
Les données disponibles sur les dépenses de R&D sont lacunaires. Ainsi, la Banque Mondiale ne dispose, pour 2013, que des dépenses de R&D dans 11 des 19 pays que nous avons qualifiés d'émergents (Argentina ; Brazil ; China ; Colombia ; Egypt ; Malaysia ; Mexico ; Poland ; Russian Federation ; Turkey ; Ukraine). Notons en particulier que dans nos projections de R&D, l'Inde est exclue de l'étude¹⁷.

Nous développons deux scénarios de projections pour les dépenses de R&D :

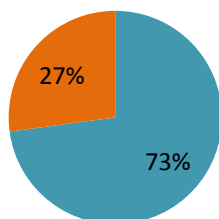
- **Scénario i, sans rattrapage du ratio R&D/PIB** : nous gardons constant ce rapport, la croissance annuelle de la R&D est donc égale à celle du PIB (= convergence simple).
- **Scénario ii, avec rattrapage du ratio R&D/PIB** : nous gardons constant le ratio pour les pays développés (2,6% en moyenne pour le G7), mais le ratio des pays émergents (1,4% en moyenne actuellement) rattrape celui des pays développés en 2030, puis reste constant jusqu'en 2050 (= convergence double).

¹⁷ Cette restriction du champ des pays émergents ne constitue pas un obstacle dirimant à notre étude, mais nous garderons à l'esprit que le poids des pays émergents sera en réalité bien supérieur à ces projections. Toutefois, c'est la Chine qui représente aujourd'hui, en PIB comme en R&D, le poids lourd des pays émergents (2/3 de la R&D des 11 émergents).

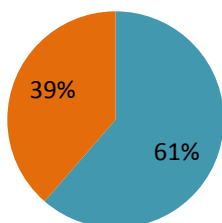
Scénario i - 2011



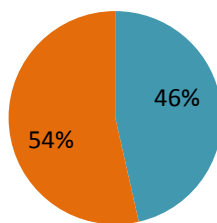
Scénario ii - 2011



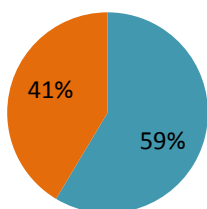
Scénario i - 2030



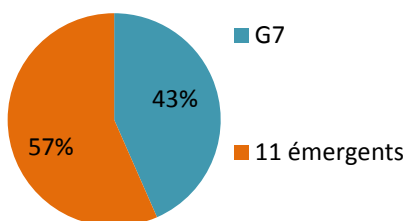
Scénario ii - 2030



Scénario i - 2050



Scénario ii - 2050



Annexe 7 : « lata vision » : la chute du coût du transport aérien.

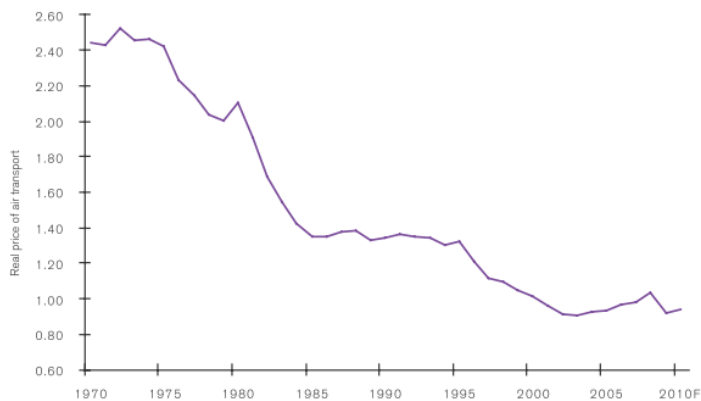
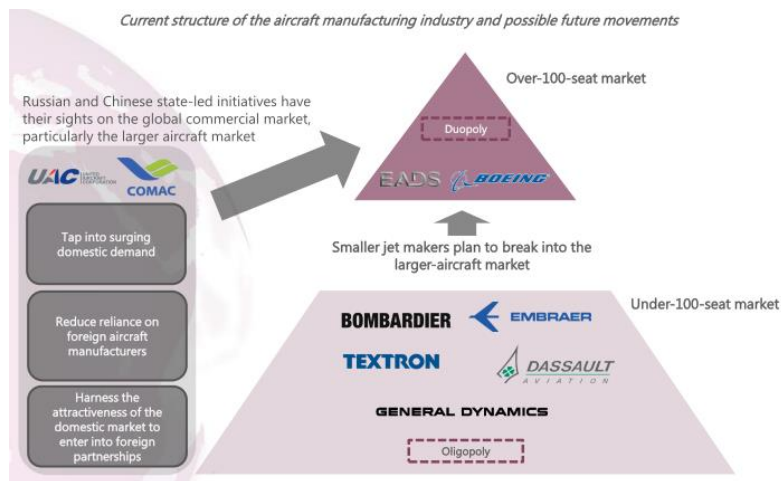


Chart 11: The real price of air transport
Source: ICAO, IATA

Annexe 8 : Certains pays émergents parviendront-ils à concurrencer les pays développés d’ici 2030 ?



Deuxième Prix

Thomas FERMIN

Delft University of Technology

'Dear Ladies and Gentlemen, Distinguished Guests,

This award represents a chance for students to think freely and without limitations, and to contemplate ones study in the bigger picture of the world around it.

I started out with a premise that it was inevitable that the world of tomorrow would be one where the East would rival the West, and learned along the way that it was not as black and white as it seemed.

Rather, the conclusion seem to represent the ultimate paradox for the big emerging powers; the trade-off between a closed off and prestigious national program and a free, open, aerospace industry that may not produce the products the politicians wish for.

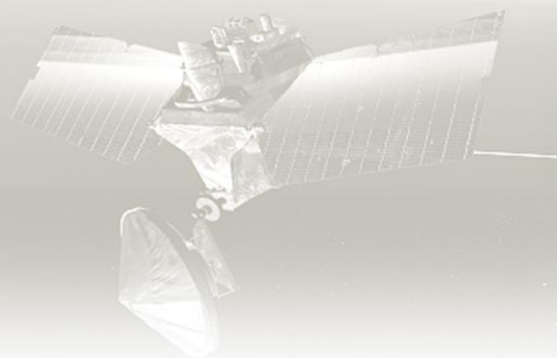
I argued, well aware that looking into the future is a troubled business, that only a mix of free market economy with a stimulating political system would succeed at producing the best of both a viable economy together with national products, as well as resulting in a better marriage between West and East.

It is my hope you'll enjoy the essay as much as I did writing it, and I am looking forward to your comments.

Thank you again."

Thomas Fermin

Le Jury a apprécié un essai spirituel et étayé qui parvient à rendre réaliste une vision audacieuse.



“ Can Elephants Fly? “

**Emerging Countries in the Civilian &
Military Aerospace Industrial Landscape in 2050**

USAIRE Student Award 2014

Thomas Fermin

Delft University of Technology

4th year



The World in 2050

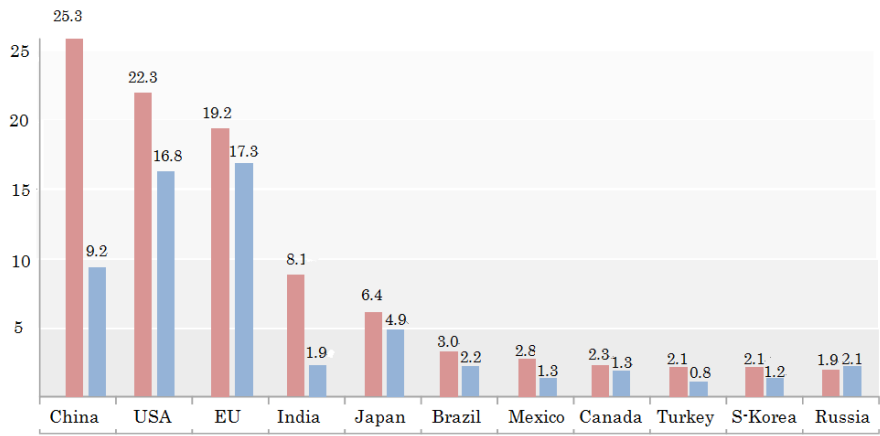
We live in interesting times. For as long as we remember Western countries have been the predominant powers on the globe. Ever since the Santa Maria set out to discover the New World western countries have lead the world in economic, technologic and cultural developments. **But now, at the turn of the 21st century, it seems to be the consensus among historians, economists and politicians alike that his moment is fleeting. They look to the East for the promise of this century, where powers are emerging that are set to rival the West in every area, including the aerospace and military industry.** Countries that, according to them, are imminent to take their place in history and cannot be hindered in their rise to prominence.

*“ We also have to look east, because increasingly the center of gravity in this world is shifting to Asia” -
President Obama [1]*

But where there are little similarities between the emerging countries on the surface, underneath the same political and socioeconomic forces are at play. The same forces that have stirred up social unrest and political landslides in the last decades, exposing the grave challenges for continued growth. Will these emerging countries truly rise to the occasion or will they fall short of expectations? This essay will try to determine exactly that.

Through examining the factors that will play a fundamental role in the civilian and military aerospace landscape a scenario for the next four decades can be laid out. **The developments happening today, even if they are still in their infancy, will ultimately predict the status quo in 2050.** At first, the rise of the emerging countries will be put into a historical context by

comparing them to the established players. Then the advantages that have led to the fast paced rise of the emerging countries will be discussed, but more importantly the obstacles they will face, and their solutions. **All these factors lead up to an end conclusion where the aerospace industry of tomorrow is sketched.**



*The world leading economies in 2050, in trillions of dollars.
Blue representing 2014, red representing 2050. Statistics by
HSBC, OECD [2][3], chart by Thomas Fermin.*

A Brief History of Aerospace & Time

Lessons in Cooperation and Anticipation

Historically, the main players in the aerospace and industrial landscape have come from the ‘powers of old’. **With a few exceptions, such as Russia, countries with well-established aerospace industries are western democracies with economies rooted in the principles of capitalism.** The rise of the aerospace industry has been closely tied to the economic developments in the western world. The invention of flight was only possible through the patience of investors and the boldness of people like the Wright Brothers. The relatively low entry barrier and the huge amount of opportunity led to a vibrant and diverse aeronautical industry at the beginning of the 20th century.

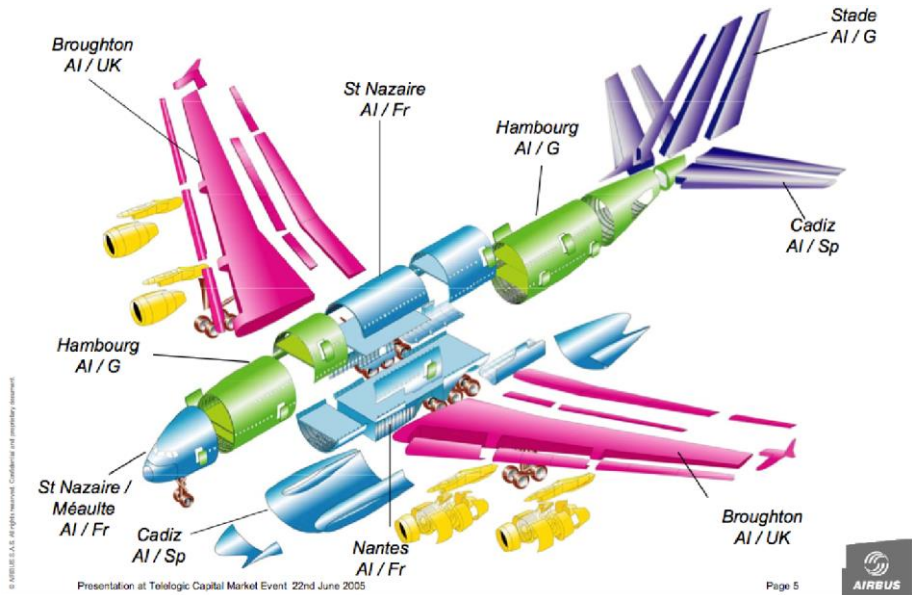
The Second World War, arguably, brought the biggest boost to the aeronautical industry in the United States. While the war effort had enabled large-scale production facilities and great leaps in technology in America, in Europe the industry was all but destroyed. **The United States could continue to surge ahead through domestic demand on the back of the biggest economic boom of the 20th century.** This economic boom, which made air travel common place, can best be summarized in a single quote:

‘If you build it, I’ll buy it.’

-Juan Trippe, CEO of Pan Am to Boeing’s Bill Allen regarding the development of the 747 [4]

What happened next however, proved to be pivotal for the position of the aerospace industry in Europe. European nations slowly began to cooperate, accumulating in the formation of Airbus, and later EADS (now renamed

Airbus Group). Airbus would go on to successfully offset the dominance of the US manufacturers for the next decades.[5] **This lesson in cooperation, the ‘sum is greater than its parts’ may very well hold a key lesson for the emerging markets of today.**



*The production of a single Airbus A380 is today still a testimony to the unity of Europe in the field of aerospace.
Picture by Airbus Ltd.*

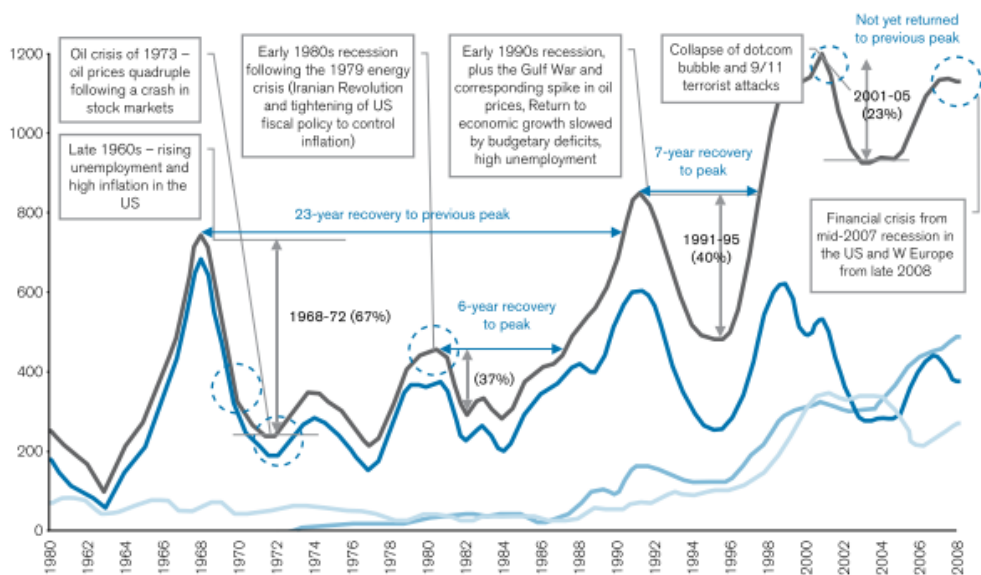
In space, the story is much shorter but nevertheless very applicable to the current situation in the emerging countries. The space industry was born out of the cold war and through political incentives, rather than commercial, developed into a full-scale industry. However, with the cold war gone and the interest in space fading to the background of people's minds, government spending was cut and the industry was left to survive on its own [6]. **The slow transition from a nationalized space industry to a private one is an ominous sign for the current national efforts in countries like China.**

Today, the aerospace industry is heavily consolidated. Only a few, big companies have the capability to produce the complex machinery required to meet the demands of the market.

The Rise of the East

The Rise of Emerging Countries

The story of the aerospace industry in emerging countries is one that is far shorter and far steeper. In most cases, the emerging countries have yet to prove themselves. **There are plenty of plans abound for prestigious projects, such as an indigenous fighter or airliner, but very little is produced yet.** For instance The first originally designed airliner from China, the Comac ARJ21, flew only in 2008. India has a slightly better record, producing several indigenous fighters, but has not concrete plans for anything in the airliner industry. The best example, perhaps, is Embraer from Brazil, which has been successfully exporting regional airliners for the last two decades.



Aircraft deliveries from 1960 to 2008 [8]. The grey line represents total aircraft deliveries, the dark blue line Boeing, the lighter blue line Airbus and the lightest blue line deliveries from other manufacturers, including those of emerging countries. Picture by Chatham House publishing ltd.

Some emerging countries are faring much better than countries with national programs These countries, such as Mexico and Turkey have a growing private aerospace sector. **Perhaps less prestigious, these countries mostly build their industries around maintenance and supplier factories.** [9] However, when statistics are compared, these emerging countries are formidable players focused on the international market. As commercial interest is driving force behind the growth of these companies, little has been developed in the space sector as compared to the national programs of China and India. [10]

Seeing the Forest for the Trees

Based on the similarities and differences in the way governments are handling their national aerospace industries, we can divide the emerging countries up into several categories:

1. **The first group consists of rising powers that have nationalized industries that develop aerospace programs under the administration of the government.** These countries are emerging on the back of an economic boom and have the positive demographics to match the surge in demand for the coming decades. This group consists of China and India.

In China, an entirely centralized government owned industry maintains '5 year plans' that leaves little room for private developments. [11] The Comac C919 is the first Chinese airliner to compete with the West, slated to be operational in 2018. As for the space industry, China has seen recent successes with the deployment of the Chang'e 3 to the moon.

Also in India, which observed the first flight on the Asian continent in 1910 [12], the development of the aerospace industry is nationalized. The aeronautical industry has built indigenous fighters, helicopters & UAV's, but is yet to produce an airliner. The most prestigious project till date is the 'Tejas', a multirole light fighter. Indian's space program is long and elaborate but without a manned flight. It's most notable success is the Mars Orbiter which is set to arrive at the red planet in September 2014.

2. **The second group consists of regional powers that have an existing form of aerospace industry, either partly or largely owned by the government.** Although these countries cannot count solely on domestic demand, these countries have an advantage of a

long tradition and expertise in the aerospace industry. This group consists of Brazil and Russia.

Brazil is the perfect example for an emerging country that is already an established player in the aerospace market, in particular the aeronautical sector. Embraer is consistently ranked tied with Bombardier for the third place as largest aircraft manufacturer [13], and is privately owned. Brazil serves as an example for where emerging countries can be by 2050 if they would privatize their nationalized industries. Brazil's space program however, is still in its infancy.

Russia is the odd one out in the group of emerging countries. Having inherited a large aerospace industry from its Soviet days, its defense sector continues to perform well. As for commercial airliners, Russia has all but returned to square one and hopes to perform a fresh start with the MC-21, an airliner comparable with the Comac 919. [14] The space industry remains largely based on Soviet designs and rockets. Even though it has made significant announcements to colonize the moon in the 2030s, most believe this is just a pipe dream.

3. A third group consists of smaller emerging countries that have a small aerospace industry that is mostly based on building aircraft under license or producing parts for western companies.

To this group belongs Mexico and Turkey. Their performance will largely be based on the performance of the Western world and efforts that will allow them to attract foreign investments, such as the establishment of free trade agreements. [15]

The Biggest Boom in Human History

The biggest investment boom in human history is currently underway. [15] For instance, China will need as much as 6,000 aircraft in the next two decades. What does this boom mean for the chances of the emerging markets?

Economic Growth

The economic growth is forging ahead and is estimated to remain strong for decades to come, especially in China and India. **This will mean a huge rise in domestic demand to which an indigenous airline can cater to.** [16] Unfortunately, so far indigenous airliners have seen setbacks and delays, and the true test for direct competition is set to come in the next decade, as China releases the Comac C919. A failure to produce an indigenous aircraft will only play into the hand of the Western aircraft manufacturers, which is currently already happening. In defense and space, the picture is entirely different. **The political agenda will mean that there will be continued boost in spending to upgrade the defense sector to match the title of emerging world power, and demand will remain strong.** This guaranteed spending is the best foundation for the continued growth in the aerospace industry in China and India.

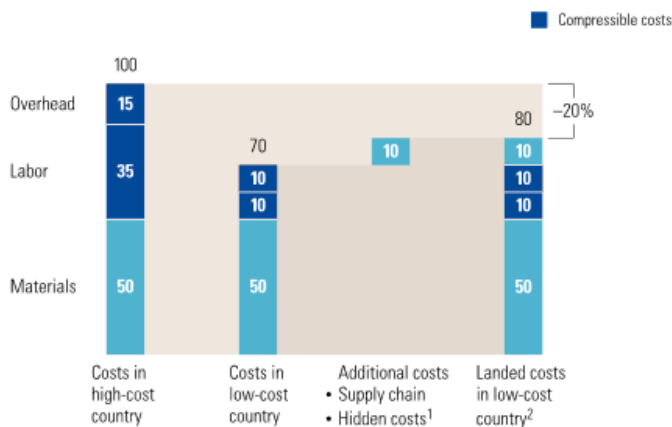
Partnerships with the West

The benefits of partnerships with the West are obvious. **Not only does it bring in foreign investments, the transfer of technology and skills to the emerging countries is a huge boost to the future development of a national aerospace industry.** Emerging countries currently have joint ventures or partnerships in place to develop parts of existing western aircraft, or in some cases even help to develop an indigenous aircraft [17]. **These partnerships however are under increasing pressure as political tension rises between the Western world and Russia and China, and it is yet to be seen whether these partnerships will stay in place.** If these partnerships won't survive, this will mean a large setback for China

especially, and a large win for India, that will then come in and sweep up the foreign investments.

Low Development Costs

All emerging countries are benefitting from low labor and development costs, but this is especially true for the third group of countries. **Globalization has been slow to come to the aerospace industry, and as of 2014, only 3% of production was taking place in emerging countries.** In the coming decades this could see a significant rise. For instance, the automotive industry boosts as much as 18 percent of their production in emerging countries. [18] Specifically Mexico will boost from its vicinity to the US market, Turkey from its vicinity to the European market, given that its political situation remains stable, and India, a country considered business friendly and open to foreign investments.



Aircraft structure manufacturing example. 100= current costs in high-cost country.

(1) Hidden costs involve management complexity, risk, supply chain complexity. (2) Landed costs include inbound transportation costs (taxes, duties, etc.). Picture by McKinsey&Company.

The Biggest Challenge in Human History

With the biggest boom in the history of the world, these emerging markets face equally big obstacles. **If the world's most populous country and the world's largest democracy, respectively, want to take their place among the established players in the aerospace landscape, they will have to do so in spite of the odds.**

Lack of Infrastructure and Technical Sophistication

Dominance through numbers alone will not prevail. A country can only grow so much without making the necessary reforms that allow it to sustain growth. [19] **Continued investments and better regulations are needed in the fields of education, free enterprise and infrastructure to allow for a sustainable rise, and ultimately, to the development of a healthy aerospace industry.** Especially India can improve in the area of infrastructure. As for free enterprise, China, India and Russia all could do far better than they are currently performing.

Mismanagement of Resources

For an emerging country to successfully complete an aerospace project it is of vital importance to be able to scale the project in terms of manufacturing and development. This is best achieved by consolidating local industry around a single consortium that has the support of the government. [20] Although this doesn't necessarily imply that the consortium is partly or wholly owned by the government, it needs to back up the support with the necessary financial support that is needed to develop such a big project. Although China and Russia seem to be in the process to assemble the necessary parts to pursue this goal, India is far from achieving this. Brazil's Embraer, interestingly enough, succeeded without the need of much governmental oversight.

Hurting Policies

Nationalized industries are at the mercy of the current political climate, and this is not always for the better. **With the creation of national projects, especially in defense and space, also comes the exclusion of foreign partners, which significantly increasing the development time. Even more so, the political establishment may push for an agenda of unrealistic deadlines and demand requirements that are not competitive in comparison with foreign competitors, and may end up selling far less of the product than expected.** [21] China and Russia especially have a long history of closed off projects that end up being either uncompetitive or outdated by the time of delivery.

success	Comments	EU	Brazil	Canada	Japan	China	Russia	India
Government stewardship of aerospace industry	Considered a national priority backed by credible plan							
	Overarching governance of aerospace sector							
Access to capital ²	Government shares development risk							
	Business partners share investment							
	Private investment in local aerospace industry							
Design capabilities	Fully developed program-management skills as evidenced by full-scale program involving global partners within last 10 years							
	Proven core engineering							
	Secondary engineering capabilities or access to them through partnerships							

The criteria needed to successfully sustain an aerospace industry, in this case to build a commercial airliner. Image by McKinsey & Company

Looking to the Country of the Rising Sun

There are ample examples of countries where these reforms proved to be ‘one bridge too far’, as they sank back into the abyss of economic and social turmoil. Interestingly enough, the two good examples both hail from Asia as well. **Japan and South-Korea have proven themselves to be able to transform from a developing country into a established power on the global market.**

Nourishing High-Quality Industries

It is hard to believe now, but once ‘Made in Japan’ was synonymous with poor quality and cheap products. **It was through a particular combination of free enterprise and government guidance, dubbed ‘Japan Inc’, [22] that led to the rise of high-quality technologic industries.** When emerging countries seek to find a middle ground between a national program and a private industry, this model can be their best guidance.

The Perfect Mix of Government and Free Enterprise

The Japanese model allowed for large amounts of credit backed by the government, based on the idea that surpluses based on productivity increases will cancel out the debts later on. This meant that entire industries could be financed with very low risks. **The government was deeply involved in planning, more so than any other non socialist state, with a deep focus on production goals and foreign markets, but did let the free market takes its course.** Research was frequently carried out by government institutions before being turned over to companies to commercialize into profitable businesses.



Mitsubishi buys half of Rockefeller Centre

New York, Wednesday

Fifty one per cent of the Rockefeller Centre, the prince of architectural gems in Manhattan, has been sold to a Japanese corporation for \$US\$46 million (\$A1.09 billion), stunning many New Yorkers.

Almost daily they are reminded of their city's declining role as a world leader in business and culture, but the news that the Mitsubishi Estate Company had paid cash for half the Rockefeller Group was shattering.

John D. Rockefeller's 85 descendants, all of them beneficiaries of the oil magnate's 1934 trust, led to their selling their interests.

Mayor Edward Koch called a news conference today to calm the city: "The Japanese are coming, put up the gates, that's ridiculous," said Mr Koch, who leaves office at the end of the year. "There is absolutely nothing wrong with foreigners. I think the Dutch are the largest investors in New York and they keep it quiet."

He said the deal was part of the

'Japan Inc.' was in fact so successful that halfway through the '80s America was convinced Japan would buy up America. This resulted, amongst others, in Michael J. Fox having a Japanese boss in the blockbuster 'Back to the Future'. Pictures by Business Insider.

History Repeating

The rise of Japan represents the best model for emerging countries around the world, who continue to struggle to differentiate between national priorities and free enterprise. The scale at which the investments have to take place are simply mindboggling and unprecedented, and therefore need government guidance. **At the same time, free enterprise can relieve the burden of the government and focus on commercializing the aerospace sector, making it economically viable in the long run. If countries do not recognize the power of entrepreneurs, they risk creating programs that will not survive past their political expiration date.**

Japan successfully developed a space program, JAXA, which is considered among the top of the space agencies in the world. In the aviation industry, both a jetliner and a indigenous fighter are currently under development at Mitsubishi, [23] and will most likely successfully compete with existing models from Boeing and Lockheed Martin. **Ultimately, the countries with the best mix of free enterprise and governmental involvement will most likely succeed in the coming decades.** This gives countries such as Brazil, Mexico and Turkey the leading edge over countries such as India and China .

Smarter Technology, Smarter Processes

Exciting times are ahead for the aerospace industry. After decades where the industry seemed relatively stagnant, new developments are on the horizon that will change the face and shape of things to come. **The most widely seen development seen today is 3D printing and UAV's, and this will continue to become more widespread in the decades to come. [24] Especially 3D printing will have an impact on the manufacturing basis of countries. [25]**

	Current applications	Potential applications
 Commercial aerospace and defense	• Concept modeling and prototyping • Printing low-volume complex aerospace parts • Printing replacements parts	• Embedding additively manufactured electronics directly on parts • Printing aircraft wings • Printing complex engine parts • Printing repair parts on the battlefield
 Space	• Printing specialized parts for space exploration • Printing structures using lightweight, high-strength materials • Printing parts with minimal waste	• Printing on-demand parts/spares in space • Printing large structures directly in space, thus circumventing launch vehicles' size limitations

3D printing will revolutionize the industry and shift the current status quo. Whether the status quo will shift towards the emerging countries, is entirely up to the adaption rate in those countries. Picture by Deloitte.

Disruptive Technologies

These new technologic developments can have several consequences for the role of emerging countries. **On one side, the increased complexity of the technology will imply that the head start of the western world will be maintained throughout the century, while emerging countries continue to struggle to keep up.** In the worst case, it will even render current projects of emerging countries completely redundant. One can imagine that no country would want to buy a cheap, but ancient airliner from India when the West manages to offer a space plane that flies several times faster on green propellant.

Evolutionary Technologies

Developments such as 3D printing can lead to a decrease in development and manufacturing costs and speed up the design process, allowing manufacturing and designing to take place anywhere on the globe. [26] This is mostly a benefit for the emerging world, as they would become less reliant on foreign countries to produce aerospace parts. Rather than labor cost, it is at political and management level where the bottleneck currently thus lies for emerging countries, such as a disorganized and bureaucratic government.

Emerging countries may also decide to specialize in a certain type of technology and sell this expertise to foreign markets. Again, the countries that will most likely succeed at that are the second and third group of countries, who don't share a national agenda set by politicians and are keen to take on opportunities in the market.

Preventing the Perfect Storm

This year has seen great upheaval in the world. Not only have the West and Russia been facing off in Ukraine, other emerging countries have been thwarting traditional western power in regions such as the Chinese Sea. **These potential geopolitical conflicts are the greatest risk to the emerging aerospace industry in Asia, especially China and Russia.** As both countries seek to flex their military power they risk sanctions and condemnation from the rest of the World.



The Sukhoi T-50 represents the perfect nightmare for the Western world. Two emerging countries, in this case India and Russia, working jointly on a competitor of the F-35 JSF. Picture by Sukhoi.

Dilemma for the West

The rise of the emerging countries poses both a threat and an opportunity for the western world. On one end, the emerging countries pose a grave challenge. They could potentially become rivals, both economically and technologically. **As the aerospace industry is especially sensitive to political pressure, most western countries limit the amount of cooperation with emerging countries [27], especially in the area of defense and space. But herein lies the threat that the emerging world will eventually realize that they are stronger together and start cooperating together.** This scenario is far less fetched than it seems; emerging countries have already began working together in several aerospace projects, such as the Sukhoi T-50 project.

Opportunity for the East

On the other end a great opportunity for cooperation lies. **Not only do emerging countries hold a cost advantage when it comes to producing aerospace parts, it will also prevent emerging countries from conspiring together against the West.** As the Roman proverb suggests: ‘Divide and Conquer’, western countries can seek to help peaceful emerging countries such as Brazil and India, while boycotting countries that ultimately have expansionistic views, such as China and Russia. It is important for emerging countries to seek this international cooperation with the West, as this will increase both the technology transfer and the quality of their indigenous projects in the long run. **Through differentiation and pursuing selective parts of the aerospace industry, emerging countries can successfully leverage limited knowledge and capability into an important role in the aerospace industry.**

“ The US doesn't need to win wars. It needs to simply disrupt things so the other side can't build up sufficient strength to challenge it’ [28] – Georg Friedman, Author ‘The Next 100 Years’

Ultimately, it is important to realize that the emergence of new countries onto the aerospace market is inevitable. Their entry will lead to more innovation in the existing markets, propel technical knowledge and push us all to newer heights, but whether that knowledge will be used with us or against us, is up to our willingness to recognize the opportunity that the East holds.

The Good, the Bad and the Ugly

The Good.

In our final analysis, some surprising conclusions can be sketched. **The West will remain undoubtedly the leader in the aerospace industry, and this dominant position will be less challenged than one may believe from media headlines. Emerging countries that supply parts or focus on a key part of the aerospace market will most likely benefit from their low labor costs and increased globalization.** These emerging countries that are internationally oriented and have open markets geared towards the aeronautical industry. In space, many of these emerging markets have yet to make their debut, but will undoubtedly do so in the coming decades, where the technology transfer with the West will allow them to make rapid gains. In space, these countries will again have to reinvent the balance between free enterprise and nationalized efforts.

To this category belong countries such as Brazil, Mexico and Turkey.

The Bad.

Countries that have entirely nationalized industries are setting themselves up for failure. Mostly led on by their past ideologies and the reputation of the country as an emerging global power, these programs evolve around priorities set by politicians, and are therefore heavily focused on domestic and defense demands. **Although perhaps prestigious, these countries will have little leverage on the international market and will heavily rely on economic growth at home. As past precedents have shown, most of these national programs come to the market too late and are surpassed by other technological innovations.** Rather than forging ahead, these countries will continue to play catching up in the coming decades. They may become huge markets, but produce little themselves.

“Other sector and national concerns will need to be tackled [...] and could impact the growth and so the level of liquidities for investment. ” [29] – *Michel Navarret, Head Eurocopter China*

The countries that belong to this category are China and India. They are considered ‘the Bad’ because they will perform below expectations.

The Ugly.

Russia will be most likely suffer the most in the coming decade. Even though their defense and space sector remains strong, their exports will suffer from geopolitical tensions and their developments will be stagnant. [30] Moreover, countries that have traditionally been strong export markets will turn to develop their own indigenous fighters, that will in turn challenge Russians position on the market. **Therefore Russia’s position on the world market will only last as long as it will take for other emerging markets to catch up, and by 2050 this will most likely have happened.** With both economic growth and domestic demand lacking the Russian aerospace industry will be only a shadow from its Soviet heydays.

Although it is always hard to guess which developments will come our way, it is safe to say that the coming decades will prove transformational for the aerospace industry. Although the West will be little challenged in the first half of the 21st century, by 2050 the interdependency between the western world and the emerging one will lead to a more diverse aerospace industry with greater competition in the second half of the 21st century, and if history is correct, greater risk taking and bolder innovations. We do certainly live in interesting times.

References

THE BIG PICTURE

- [1] Zhu, Zhiquan. *China's New Diplomacy: Rationale Strategies and Significance*. Ashgate Publishing, Ltd., 2013.
- [2] Ward, Karen. "The world in 2050." *Quantifying the shift in the global economy*. HSBC (2011).
- [3] "Report for Selected Country Groups and Subjects". *World Economic Outlook*. International Monetary Fund. April 2014.

THE HISTORICAL CONTEXT

- [4] Rothwell, Roy. "Innovation and re-innovation: A role for the user." *Journal of Marketing Management* 2.2 (1986): 109-123.
- [5] Berend, Ivan T. *An economic history of twentieth-century Europe: economic regimes from laissez-faire to globalization*. Cambridge University Press, 2006.
- [6] Salin, Patrick A. "Privatization and militarization in the space business environment." *Space Policy* 17.1 (2001): 19-26.

DIFFERENCES & SIMILARITIES

- [7] Bédier, Christophe, Maxence Vancauwenberghe, and Wolff van Sintern. "The growing role of emerging markets in aerospace." *MCKINSEY QUARTERLY* 2 (2008): 114.
- [8] McGuire, Steven, *The Changing Landscape of the Aircraft Industry*, Chatham House Publishing, July 2011.
- [9] Bédier, Christophe, Maxence Vancauwenberghe, and Wolff van Sintern. "The growing role of emerging markets in aerospace." *MCKINSEY QUARTERLY* 2 (2008): 114.
- [10] Sargent, John, and Linda Matthews. "China versus Mexico in the Global EPZ Industry: Maquiladoras, FDI Quality, and Plant Mortality." *World Development* 37.6 (2009): 1069-1082.

ANALYSIS OF EMERGING COUNTRIES

- [11] Pollpeter, Kevin. *Building for the Future: China's Progress in Space Technology During the Tenth 5-year Plan and the US Response*. ARMY WAR COLL STRATEGIC STUDIES INST CARLISLE BARRACKS PA, 2008.

- [12] Singh, Pushpindar. *History of aviation in India: spanning the century of flight*[Pushpindar Singh]. Society for Aerospace Studies Distributed by English Book Store, 2003.
- [13] Frischtak, Claudio R. "Learning, technical progress and competitiveness in the commuter aircraft industry: an analysis of Embraer." (1992).
- [14] Kislyak, Nadezda, Sergey Lukyanov, and Elena Tissen. "The Russian airline industry: contestable market or...?" *Perspectives of Innovations, Economics and Business, PIEB 2* (2009): 30-33.
- [15] Goldstein, Andrea. "The political economy of high-tech industries in developing countries: aerospace in Brazil, Indonesia and South Africa." *Cambridge Journal of Economics* 26.4 (2002): 521-538.

THE OPPORTUNITIES

- [16] Khanna, Tarun, and Krishna Palepu. *Winning in emerging markets: A road map for strategy and execution*. Harvard Business Press, 2013.
- [17] Bédier, Christophe, Maxence Vancauwenberghe, and Wolff van Sintern. "The growing role of emerging markets in aerospace." *MCKINSEY QUARTERLY* 2 (2008): 114.
- [18] Bédier, Christophe, Maxence Vancauwenberghe, and Wolff van Sintern. "The growing role of emerging markets in aerospace." *MCKINSEY QUARTERLY* 2 (2008): 114.

THE OBSTACLES

- [19] Dooley, Michael P. "A model of crises in emerging markets." *The economic journal* 110.460 (2000): 256-272.
- [20] Barbaroux, Pierre, and Blandine Laperche. "The failed birth of a giant: lessons learned from the collapse of the EADS/BAE systems merger." *Journal of Innovation Economics & Management* 2 (2013): 103-125.
- [21] Chandra, Atul. "Home advantage: despite its potential as a market for regional aircraft, India's plans for an indigenous airliner could be stymied by high costs, economic woes and foreign competition." *Flight International* 185.5429 (2014).

REFORMS

- [22] Reischauer, Edwin O. & Craig, Albert M. "Japan; Tradition & Transformation" , Tut Books, Ltd. 1984

- [23] Perrett, Bradley. "If only: Mitsubishi's MRJ is in demand but not supply." *Aviation Week & Space Technology* 174.39 (2012).

TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGHS

- [23] Campbell, Thomas, et al. "Could 3D Printing Change the World?." *Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing*. Washington, DC: Atlantic Council (2011).
- [24] Ollero, Anbal, and Ivn Maza. *Multiple heterogeneous unmanned aerial vehicles*. Springer Publishing Company, Incorporated, 2007.
- [25] Bak, David. "Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter." *Assembly Automation* 23.4 (2003): 340-345.
- [26] Bédier, Christophe, Maxence Vancauwenberghe, and Wolff van Sintern. "The growing role of emerging markets in aerospace." *MCKINSEY QUARTERLY* 2 (2008): 114.

INTERNATIONAL COOPERATION

- [27] Niosi, Jorge, and Majlinda Zhegu. "Aerospace clusters: local or global knowledge spillovers?." *Industry & Innovation* 12.1 (2005): 5-29.
- [28] Friedman, G. 'The Next 100 years: A Forecast for the 21st Century' Doubleday, 2010.'

FINAL CONCLUSION

- [29] Annex 1
- [30] Salameh, Mamdouh G. "Turning the Gaze Towards Asia: Russia's Grand Strategy to Neutralize Western Sanctions." (2014).

Annex 1 - An Interview with Michel Navarret, Head of Airbus Eurocopter in China

Mr. Navarret was asked to comment on the idea why China would have the best chance to become a main player in the aerospace industry by 2050:

1. China is today part of the secondary players. If we consider as principal criteria to define a main player the yearly volume of turnover generated per country and dedicated to Aerospace. Often the defense sector is associated with aerospace.
 - a. We can consider that USA is by far the main player, followed by Europe (mostly UK, France, Germany, Italy, Sweden and Spain). If we go further than the above criteria, in terms of technology, history, international relation strategic positioning and including defense business, Russia could be associated to this category;
 - b. The secondary countries are today: Canada, Singapore, China, Israel, Brazil India, Japan, Korea
2. Elements which will allow China to reach the club of the “main players” :
 - a. A strategic priority
Due to weapon embargo from NATO since 1989, China is dependent on its own capabilities, Russia and countries not following NATO rules to equip its army. Being now the second economic power worldwide encourages the country to become military independent. China is the second stronger investor on military budget worldwide, behind USA. Within the national reforms and so investment sector defense and aerospace are a strategic and so represents heavy investments.
 - b. A major market today
Today China is the main market with Middle East for Commercial airplanes OEM, Airbus, Boeing, Bombardier and Embraer are focusing their efforts to capture as much as possible. Private jets and helicopters on their side are pending low altitude sky opening, as it is today still controlled by the military and so authorization to fly are difficult to obtain. As often Chinese policy encourage foreign OEM to set up assembly lines, production lines through JV (minority stake for the foreign entity) by attractive fiscal, renting conditions for limited period of time and sometimes initial orders and somehow securing a certain market access... Such policies are aiming at technology transfer, training of domestic qualified technicians and engineers.
 - c. Favor emergence of talents
More Chinese student go to study abroad and access top education worldwide. The nation system of the best schools and universities has been reformed in order to encourage critic sense and creativity, against the traditional system to encourage memory learning, unique thinking and so securing national stability. Such system as we noticed help to sustain a development model best on the

capability to reproduce and copy. However today, China reached the limit of this system and is seeking innovation skills.

3. Elements will could slow down or jeopardize such target

a. A conflict involving China could be brake to this development, even though with low probability, several zone of tension with Japan, between both Korea or South East Asia...

b. At some points the real estate bubble will collapse and have an impact on the country growth and stability. Other sector and national concerns will need to be tackled such as the finance sector reform, the retirement pensions and could impact the growth and so the level of liquidities for investment.

c. Shortage of leadership will be another issue. “

The Author would like to express his sincere gratitude to Mr. Navarret, who unlike others, took the time to respond in deep detail and clarity. His response has helped a lot with setting up this essay.

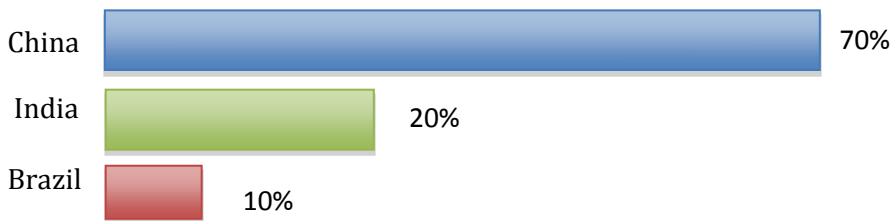
Annex 2 - Survey Performed Under 104 Aerospace Engineering Students

The Question that was posed was:

“ Which emerging country do you think has the best chance to become a main player in the industry by 2050?”

Options were given, but the participants were free to fill in their own options as well.

The following results were found:



The students concluded that China will have the best chance to become a main player. This conclusion can be drawn back to continual coverage the media is giving to China. More importantly, the Chinese program so far has produced more tangible results (a moon rover, a fighter prototype, an airliner) than other emerging countries.

Troisième prix

Arthur HEBERT & Nicolas MEUNIER

Ecole Centrale Paris & Université de São Paulo

Arthur Hébert est élève en dernière année à l'Ecole Centrale Paris. Depuis son enfance, il est passionné par l'aéronautique grâce à son père qui lui transmits sa passion, et l'emmena aussi souvent que possible dans les salons aéronautiques comme le Salon du Bourget, ou d'autres salons à l'étranger, car sa famille a vécu une dizaine d'années aux Etats-Unis et à Singapour. Ainsi, après trois semestres passés à Centrale, Arthur décide de se spécialiser en aéronautique, tout d'abord en effectuant un semestre à l'université KTH de Stockholm, puis en suivant l'option de 3^{ème} année « Mécanique, Aéronautique et Espace » de Centrale en vue d'intégrer le secteur R&D d'un grand groupe aéronautique.

Nicolas Meunier, étudiant à l'Ecole Centrale Paris, est actuellement en dernière année de double-diplôme à l'Université de São Paulo, en spécialisation en ingénierie aéronautique. Sa passion pour l'aviation naît au lycée, où il apprend à piloter sur des planeurs puis sur de petits avions, participe à des salons aéronautiques comme celui du Bourget, et commence à se renseigner sur le secteur. Après avoir réalisé plusieurs projets dans des domaines variés de l'aéronautique (hélicoptère, moteur d'avion, production d'avions civils, transport aérien) et un double-diplôme au Brésil riche en expériences culturelles, Nicolas confirme son intérêt pour la stratégie au sein du secteur de l'aérien.

Le jury a apprécié une synthèse complète, équilibrée et plaisante à lire, qui propose en meme temps des exemples inédits.

Introduction

2030 n'est pas si loin des années 2010, et pourtant la situation a déjà beaucoup évolué. Avec la mondialisation et des moyens de communication toujours plus rapides et performants, le monde ne cesse de s'accélérer. Cette vitesse effrénée se remarque surtout dans le développement des pays émergents : la Chine et l'Inde ont triplé leur PIB tandis le Brésil l'a doublé, atteignant respectivement 30 634, 13 716, et 4 635 milliards de dollars. Et ils ne sont pas les seuls : le Nigeria, la Turquie, l'Indonésie, la Malaisie, le Vietnam, les Philippines, et le Mexique sont aussi des pays qui suivent une courbe de très forte croissance (supérieure à 4%/an), prenant de plus en plus d'importance sur la place mondiale.

De plus, accordé sur le rythme de la mondialisation, le phénomène d'urbanisation se poursuit, et encore une fois au profit des nouveaux entrants : la moitié des 50 plus grandes villes du monde sont maintenant dans les pays émergents. En parallèle, le développement de ces derniers permet une élévation du niveau de vie de leurs habitants : à titre d'exemple, entre 2010 et 2030, la taille de la classe moyenne asiatique a été multipliée par 4, comptant aujourd'hui plus de 3,5 milliards de personnes! Ces deux facteurs impliquent une très grande augmentation de la demande en matière de transport aérien, ce qui n'est pas sans conséquence.

Profitant de cette nouvelle répartition mondiale des grandes puissances, les pays émergents prennent d'assaut l'industrie aéronautique civile mais aussi militaire, que ce soit de manière classique dans la continuité des projets des années 2010, ou en procédant par rupture technologique en introduisant des avions révolutionnaires. En parallèle, ils répondent à la demande accrue et au repositionnement des pôles principaux du transport aérien en repensant tout le système qui lui est associé. Les pays émergents confirment donc leur présence sur l'échiquier aéronautique mondial en matière de nouveaux produits et services, tant pour l'offre que pour la demande.

Les années 2030 marquent un tournant crucial dans le secteur de la construction aéronautique. En effet, il s'agit du moment où les innovations de rupture sont enfin assez matures pour pouvoir être utilisées. Et les pays émergents participent grandement à ce changement majeur.

Une situation en 2014 déjà prometteuse

Depuis les années 2010 déjà, la Chine et la Russie ont continué à développer leur industrie aéronautique. La Chine s'appuie sur Comac, tandis que la Russie rassemble ses bureaux d'études de l'ex-URSS au sein de gros consortiums comme United Aircraft Corporation pour leur donner une nouvelle vie. Le Brésil, quant à lui, fait déjà partie des leaders mondiaux, essentiellement dans le domaine restreint de l'aviation d'affaires et régionale, et tente de se diversifier vers le militaire.

La construction d'avions commerciaux est un secteur très fermé aux nouveaux entrants, de par la complexité de la technologie mise en œuvre (il y a environ 2,3 millions de pièces dans un Boeing 787 !) et des autorités aéronautiques très conservatrices en matière de certification. Un nouveau programme engendre donc un investissement financier colossal qu'il faut pouvoir assurer avec la garantie d'obtenir suffisamment de commandes pour le rentabiliser. De plus, les compagnies aériennes, qui évoluent dans un domaine concurrentiel très intense, souhaitent diminuer au maximum leur prise de risques et, par conséquent, ont tendance à se tourner vers des constructeurs dont la fiabilité des avions est éprouvée.

Toutefois, la construction aéronautique demeure un domaine d'intérêt national, et assez lucratif pour que les puissances de demain insistent pour se frayer une place sur le marché mondial. Ainsi, si les pays

émergents doivent affronter un **retard technologique** par rapport aux pays occidentaux, ils peuvent néanmoins profiter d'une rupture technologique pour lutter à armes égales. De plus, leur marché du transport aérien n'étant pas encore mature, le taux de croissance élevé de ce dernier augmente la probabilité de succès commercial de leurs appareils en rupture technologique.

Un partenariat gagnant-gagnant

Les pays émergents désirent créer leurs propres appareils et concurrencer le reste du monde dans tous les domaines :

- ❖ Entrer sur le marché de l'aviation régionale dominé alors par Embraer et Bombardier
- ❖ Briser le duopole Airbus-Boeing sur le marché moyen-courrier, et sur le long-courrier dans un avenir plus lointain
- ❖ Concurrencer les hélicoptères occidentaux
- ❖ Créer leurs propres avions de combats

La Chine et la Russie ont produit leurs premiers avions régionaux et

moyen-courrier dès la fin des années 2010 pour pouvoir s'intégrer sur le marché mondial. Le Brésil, lui, est déjà leader mondial en matière d'avions régionaux avec Embraer.

Mais, dans un premier temps, les pays émergents ont continué à s'associer avec l'Europe et les Etats-Unis sur les grands programmes civils pour combler leurs lacunes technologiques. En effet, les moteurs, pièces immensément complexes, sont un enjeu crucial car la consommation en carburant est critique pour les compagnies aériennes. De plus, il leur manque encore la maîtrise de l'avionique, ainsi que celle d'autres équipements (train d'atterrissage, gouvernes en composites...).

Cependant, leur coût de main d'œuvre toujours moins élevé - bien qu'augmentant rapidement depuis les années 2020, surtout pour la Chine - leur permet d'afficher des prix plus bas que la concurrence occidentale pour attirer la clientèle. Malgré un succès mitigé (la plupart des commandes proviennent des compagnies du pays de l'avionneur), ces programmes permettent d'acquérir de

l'expérience et de lancer dans les années 2020 des programmes d'avions plus performants et plus fiables, et ce sur tous les éléments de la chaîne : coût d'opération moindre, et surtout qualité de la production et service après-vente améliorés. Cependant, l'écart avec les avionneurs historiques Airbus et Boeing se maintient.

Dès les années 2020, ces pays émergents refusent de continuer à importer des produits finis de leurs fournisseurs occidentaux, et souhaitent créer **plus de partenariats afin de faciliter le transfert de technologies**. Les Américains et les Européens ne sont pas très enthousiastes, car ils ne souhaitent pas perdre leur leadership sur la haute technologie qui est leur grand atout face aux coûts de production moins élevés des pays émergents. Néanmoins, ils finissent par accepter pour accéder à l'immense potentiel du marché du transport aérien de l'Asie du Sud-Est. Il devient donc possible de travailler sur les innovations de demain avec ces pays. Ainsi, de plus en plus de joint-ventures apparaissent en Chine, en Inde, en Russie, et quelques-unes aussi au Brésil. On est donc passé d'un

partenariat de fournisseur-client sur des programmes d'avions, à une véritable coopération sur un grand nombre des composants.

En ce qui concerne les hélicoptères, Airbus Helicopters continue à développer ses partenariats avec le Brésil au sein de sa filiale Helibras, mais aussi avec la Russie et la Chine, fournissant certaines parties de l'appareil comme le système du rotor. Néanmoins, les nouveaux hélicoptères russes (sauf pour le secteur militaire) et chinois peinent à conquérir les marchés autres que domestiques.

Dans le domaine militaire, ce n'est cependant pas le cas, l'intérêt étant trop stratégique et pas assez commercial pour pouvoir permettre un transfert de technologies-clés. La Chine, depuis les années 2010 déjà, fait cavalier seul pour la plupart de ses programmes. Quelques partenariats entre pays émergents apparaissent, ce type d'accord étant le seul permettant de partager réellement les avancées technologiques. Néanmoins, de manière générale, le développement militaire pour les pays émergents est un **enjeu**

d'indépendance et d'influence géopolitique trop important pour le moment pour que ces pays cherchent réellement à en tirer des bénéfices commerciaux, comme le font les pays développés.

Un désir d'indépendance

Ces associations commerciales, bien que fructueuses, ne sont qu'une étape dans la montée en puissance des nouveaux géants. Les ambitions chinoises sont à peine voilées : l'Empire du Milieu souhaite retrouver le leadership qu'il possédait jadis. Il en est de même pour l'Inde, tandis que la Russie veut regagner la puissance que possédait l'URSS autrefois.

Ainsi, les pays émergents souhaitent s'affranchir des partenariats avec les occidentaux pour pouvoir voler de leurs propres ailes. Pour cela, certains pays comme l'Inde ou le Brésil décident de se spécialiser dans un domaine aéronautique précis, tandis que la Chine profite de la **rupture technologique** qu'apportent les drones commerciaux (dont la technologie était déjà maîtrisée dans les années 2010, même si

l'implémentation n'était pas encore développée) pour prendre le leadership dans la nouvelle ère du transport aérien commercial.

Les drones commerciaux



La Chine préfère donc se concentrer d'abord sur la technologie des drones commerciaux. En effet, la technologie est déjà mature depuis les années 2010 tant pour l'automatisation des avions (les pilotes automatiques pouvant réaliser toutes les phases d'un vol commercial), que pour celle du contrôle aérien (plans de vol très codifiés et faisant de plus en plus appel à Internet et à l'automatisation); celui-ci est primordial puisque les drones commerciaux ne peuvent s'insérer que dans une gestion du trafic aérien automatisé pour créer une véritable valeur ajoutée. La Chine a choisi une rupture technologique directe, en ne dirigeant pas à distance les drones commerciaux par l'intermédiaire d'un pilote,

comme cela aurait pu être envisagé dans un premier temps. Ceci constitue donc une différence majeure avec les drones militaires, permise par le caractère très contrôlé des vols commerciaux. En outre, le coût de mise en place du contrôle de vol à distance par un pilote serait faramineux sur le plan financier comme technologique.

Mais surtout, **la Chine profite des réticences occidentales** à franchir le pas, dues au caractère conservateur de leurs autorités aéronautiques, à l'aversion des passagers occidentaux à voyager dans un avion sans pilote, et aux potentielles grèves massives de pilotes. La Chine, avec son gouvernement encore très autoritaire et une population dévouée à la cause du pays, ne connaît pas ces problèmes.

La technologie est moins mature que celle des Etats-Unis, d'Israël et de l'Europe, et suscite quelques problèmes lors du développement : la certification du nouvel appareil a plus de 3 années de retard, bien qu'ils promettent aujourd'hui une **mise en service imminente**. De plus, l'avion ne sera pour l'instant certifié qu'en

Chine, car elle est la seule à pouvoir l'exploiter grâce à la technologie associée développée pour le réseau de trafic aérien (cf. paragraphe p.8). Toutefois, le transport aérien chinois, devenu le plus grand marché mondial (plus de 10% du trafic mondial), est suffisant pour rentabiliser le programme.

De plus, les drones commerciaux présentent de nombreux avantages. En termes de sécurité, tout d'abord, en éliminant toute erreur de pilotage d'origine humaine (pas de problème de fatigue, de stress, etc.). Mais aussi vis-à-vis des coûts d'exploitation : suppression des pilotes et de toute la technologie du cockpit dédiée à l'interface homme-machine, trajectoire complexe d'optimisation impossible pour un cerveau humain (saturation de données) qui permettent de fluidifier le trafic et d'économiser du carburant, allègement de l'avion, etc.

A l'aube de la mise en service du premier drone commercial de l'histoire, Airbus et Boeing ont aussi décidé de franchir le pas avec des drones cargos, mais avec quelques années de retard, le

temps d'avoir un retour sur expérience permettant d'affaiblir les barrières empêchant la rupture technologique.

L'avenir de l'aviation régionale avec le Brésil

De son côté, le **Brésil a préféré rester sur le segment de l'aviation régionale**, sur lequel il est depuis longtemps leader mondial grâce à Embraer. Profitant de son expertise dans ce domaine et souhaitant maintenir son avance, l'avionneur brésilien a lancé un nouvel avion turbopropulseur afin de ne pas se laisser distancer par ATR, les turbopropulseurs consommant moins de carburant que les turboréacteurs.

D'autre part, Embraer cherche à innover depuis les années 2020. Assez conservateur en matière de design, il n'innove pas sur l'architecture de l'avion (sauf en augmentant de plus en plus la part de composites utilisés pour la structure), mais il a été le premier à faire certifier tous ses avions pour voler au **biocarburant**. En 2025, en étroite collaboration avec SNECMA (SAFRAN) et GE, deux partenaires historiques du Brésil,

il développe le premier avion régional disposant de l'open-rotor, diminuant de 25% la consommation en carburant.

Enfin, l'aviation régionale est un marché plus restreint, mais elle comporte l'immense avantage de se concentrer sur des petites distances avec une capacité d'emport énergétique plus limitée, et donc d'être plus propice aux innovations en termes de propulsion hybride. Embraer lance aujourd'hui un nouveau programme de jet hybride, avec les deux mêmes partenaires motoristes. Ainsi, sans disposer d'atouts révolutionnaires, l'avionneur sait bien s'entourer pour rester à la pointe du marché.

La spécialisation de l'Inde sur l'informatique embarquée

Mis à part les avionneurs et les motoristes, les avancées majeures se situent sur l'avionique et l'électronique embarquée. Tous les nouveaux avions commerciaux sont maintenant en fly-by-wire sur tous les axes de commande. En outre, on installe sans cesse plus de capteurs pour, d'une part, optimiser la trajectoire de l'avion

en fonction des conditions extérieures (déviations légères automatiques pour exploiter au mieux les courants aériens, ailes intelligentes), et d'autre part, améliorer la sécurité et la transmission avec le sol (plus d'indicateurs pour les pilotes, maintenance mieux planifiée...). Toutes ces nouveautés nécessitent des ordinateurs de bord et des systèmes de transmission et de stockage de données plus performants.

L'Inde, qui a laissé passer le coche pour le développement d'avions commerciaux, s'est installée sur ce secteur, grâce à ses capacités grandissantes en informatique et en électronique. Son très grand nombre de jeunes ingénieurs lui a permis de se développer rapidement dans ce domaine et de devenir un des leaders mondiaux. En effet, en multipliant les joint-ventures avec les constructeurs occidentaux et en profitant de son faible coût de main d'œuvre, **l'Inde s'est spécialisée en sous-traitance** et a su profiter de cette situation pour assurer des transferts technologiques. Si ses réglementations et sa politique encore protectionniste (bien que déjà considérablement assouplie)

incommodent les investisseurs étrangers, son rôle économique prépondérant, son marché intérieur et son coût de main d'œuvre n'ont cessé de drainer des entreprises et des accords étrangers.

Des technologies qui échappent toujours à ces nouveaux géants

Cependant, ce gain en influence dans l'aéronautique mondiale ne se fait pas dans tous les secteurs. Les pays émergents rattrapent difficilement leur **retard technologique sur les composites**. En effet, la maîtrise des propriétés de ce nouveau type de matériaux n'est pas évidente (anisotropie), et son application industrielle encore moins (prévision de rupture très peu fiable). Les Européens et Américains, qui travaillent depuis de nombreuses années dessus, commencent à produire des avions fiables en composites avancés, alors que Comac et Embraer viennent tout juste de sortir leurs premiers aéronefs dotés de plus 50% de composites.

Au niveau de la propulsion également, les pays émergents ne parviennent toujours pas à se hisser au niveau des occidentaux. La complexité des systèmes mis en œuvre dans un environnement très multidisciplinaire (combustion, aérodynamique, matériaux, structures,...) les empêche de pouvoir lutter à armes égales contre les pays occidentaux, à une époque où la **consommation en carburant est un facteur crucial** pour les compagnies aériennes et où le moindre écart sur ce point peut faire toute la différence. En effet, les coûts liés au carburant ont continué à augmenter jusqu'à atteindre 50%, voire plus, des coûts d'exploitation des compagnies aériennes (alors qu'ils se situaient aux alentours de 33% en 2014).

Tandis que les réserves en énergies fossiles continuent de s'amenuiser, la production de biocarburants s'est déjà développée depuis les années 2020. Le point fort des pays émergents est leur grande capacité à produire des carburants alternatifs. Cependant, les caractéristiques énergétiques des hydrocarbures, demeurées

inégalées jusqu'à présent, les rendent indispensables à l'aviation. Or, les biocarburants (biodiesel à base d'huile Jatropha ou bioéthanol à base de canne à sucre, par exemple) ont des caractéristiques énergétiques qui s'approchent de celles du kérosène, et leurs émissions de CO₂ sur l'ensemble de leur cycle de vie sont bien inférieures (de 50 à 80 %), grâce à la photosynthèse de la plante lors de sa croissance.



Le Brésil a été leader dans ce domaine, en convertissant progressivement sa production d'éthanol pour son parc automobile (devenue désuète avec l'arrivée des voitures électriques) vers la production de bio-carburant pour l'aviation civile et militaire. Il a donc progressivement rejoint le statut stratégique des pays du Moyen-Orient concernant l'aviation. En 2030, les **biocarburants représentent environ 30% de la part de carburant de l'aviation commerciale**, et ils devraient

remplacer quasiment entièrement le kérosène issu d'énergies fossiles d'ici 2050, non par épuisement de ces dernières, mais tout simplement par son prix devenu plus avantageux.

Des exploitations d'algues en mer ont aussi déjà commencé. Elles présentent le double avantage d'être plus productives et de limiter l'occupation des surfaces agricoles. Or, il est crucial de ne pas déborder sur la production alimentaire, d'autant plus que la population continue d'augmenter (8,3 milliards aujourd'hui, et 9,5 milliards en 2050). Là encore, le Brésil mais aussi l'Inde, avec leurs immenses zones côtières et leurs climats propices à l'exploitation possèdent de grands atouts et font partie des acteurs majeurs dans le développement et l'implémentation de cette industrie.

Cependant, le monde est conscient que les biocarburants ne présentent qu'une solution temporaire, et des recherches sont déjà en cours vers la propulsion hybride. Il s'agirait de combiner

une turbine (fonctionnant avec les biocarburants) avec un système électrique et une batterie, reliés à un grand nombre de fans (soufflantes). Les fans sont actionnés grâce à l'énergie électrique provenant de la batterie par l'intermédiaire de supraconducteurs pour éviter les pertes énergétiques, tandis que la turbine est actionnée pour recharger la batterie seulement lorsque cela est nécessaire (montée, croisière). Cette solution nécessite un grand nombre de technologies encore à leurs prémises à l'heure actuelle. C'est pourquoi les motoristes se sont regroupés au sein d'entités afin d'effectuer des recherches ensemble. A l'heure actuelle, il existe plusieurs consortiums occidentaux (dont un comptant une participation du Brésil), et un consortium sino-russe. Les différents projets sont encore à l'étude, mais pour l'instant le consortium sino-russe accuse encore un grand retard par rapport aux autres.

Les nouveaux barycentres du marché aérien



Une démographie explosive...

En 2014, la population mondiale avait déjà dépassé les 7 milliards d'individus. En 2030, elle est maintenant de 8,3 milliards de personnes, et elle devrait atteindre 9,5 milliards d'ici 2050. Les plus grandes densités de population en 2030 se situent en Chine et en Inde, et plus généralement en Asie du Sud-Est, ainsi que dans certaines régions d'Afrique (Nigeria, Congo, Ethiopie).

Cette croissance démographique apparaît toutefois bien faible en comparaison de celle du nombre de passagers : de 3,3 milliards de **passagers transportés** en 2014, on devrait passer à **16 milliards en 2050** ! Sans compter le transport de fret qui sera multiplié par 10 environ. En effet, le développement rapide

des pays émergents comme les BRIC mais aussi l'Indonésie, la Malaisie, le Vietnam, le Mexique, la Turquie, etc. ont permis à leurs habitants d'accéder à de nouvelles richesses, et de pouvoir prendre l'avion plus facilement. Ainsi, la croissance démographique et économique combinée génère une véritable explosion du trafic aérien dans ces pays.

De plus, face à la raréfaction du pétrole et à la prise de conscience environnementale, la croissance du trafic aérien a grandement ralenti aux Etats-Unis, voire a diminué en Europe, au profit du transport ferroviaire qui s'est considérablement développé, utilisant l'énergie électrique, moins chère et plus propre. Or, l'Asie est beaucoup moins affectée par l'éthique environnementale et ne peut pas développer le transport ferroviaire partout de par sa

situation géographique (nombreuses côtes et archipels, Himalaya). Elle ne subit donc pas le même phénomène.

L'Asie devient alors le nouveau cœur du transport aérien

mondial, avec un nombre de passagers transportés qui bondit d'années en années ! **La Chine** a dépassé les Etats-Unis et possède **le plus grand trafic**

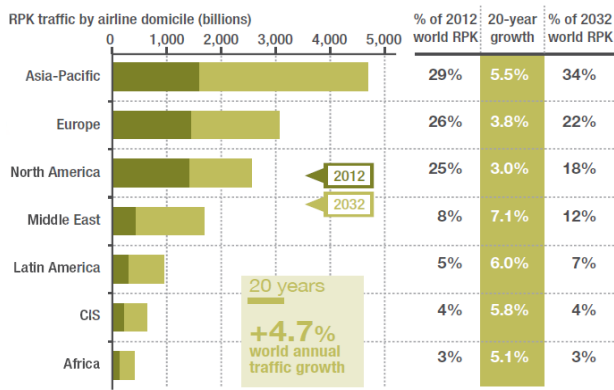
Tableau 1 - Source: Airbus

aérien domestique au monde, et ne cesse de créer de nouveaux aéroports. L'Inde, la plus rapide à développer son marché domestique, possède le 6^{ème} trafic aérien domestique grâce à un taux de croissance record de 9,8% par an, et ses aéroports sont en permanence saturés. Puis l'Indonésie, la Malaisie, les Philippines, le Vietnam, et la Thaïlande complètent le tableau.

D'autres régions sont aussi en plein essor : l'Amérique du Sud continue de se développer rapidement, la Turquie devient quasiment le 4^{ème} mousquetaire des compagnies du Golfe, tandis que l'Afrique s'éveille, se développe progressivement et permet à de plus en plus d'Africains de prendre l'avion.

Cependant, cette croissance ne se fait pas sans mal. Le prix du

carburant augmente de manière continue, alors que la libéralisation du ciel s'est poursuivie partout dans le monde, permettant une situation concurrentielle encore plus intense. Pour y faire face, les grandes puissances sont contraintes à faire appel à de nouveaux modèles économiques.



... associée à de grands changements

La politique des compagnies est gouvernée par un facteur principal, **l'économie du carburant**. Pour cela, toutes les mesures sont employées en coordination avec le reste du monde aéronautique (aéroports, constructeurs). Le taxi électrique est rapidement mis en place, les procédures d'approches simples se font en continu avec les moteurs au ralenti, etc. Malgré cela, la flambée du prix du pétrole se répercute sur les prix, ce qui limite la croissance, et ce, partout dans le monde. Cela accentue la pression sur les constructeurs pour offrir des nouveaux modèles. Les premiers changements apparaissent dans l'aviation régionale, avec une recrudescence des turbopropulseurs (la vitesse plus basse, qui a peu de conséquences sur des petites distances, et la légère perte de confort sont largement compensées par le prix du billet, plus accessible) et la recherche accrue sur la propulsion hybride.

En parallèle, la taille des avions continue à augmenter selon la croissance du trafic aérien (tout en restant au format bimoteur pour garder des coûts de maintenance et de carburant acceptables), et permet de plus grandes économies d'échelle.

... qui permet un essor commercial

Les nouveaux barycentres du transport aérien ont également des conséquences commerciales importantes sur les compagnies aériennes. L'axe transatlantique, pourtant saturé dans les années 2010, a été dépassé dès 2020 par les axes transpacifique et transcontinental entre respectivement l'Amérique et l'Asie, et l'Europe et l'Asie.

Les grandes gagnantes de 2030 sont les compagnies du Sud et de l'Est asiatiques. Les plus importantes comme Singapore Airlines, Cathay Pacific, Air China se sont consolidées, tandis que d'autres ont poursuivi leur croissance (Malaysia Airlines, Vietnam Airlines, Air Asia). Leur

croissance est progressive, car elles ont été encore un temps freinées par les politiques protectionnistes occidentales pour préserver les parts de marchés des grandes « majors » américaines et européennes; celles-ci ont d'ailleurs renforcé leur puissance grâce à des fusions. Mais ces mesures ont progressivement cédé face à la pression de la mondialisation et la libéralisation du ciel. Les compagnies asiatiques sont donc portées par les deux nouveaux axes long-courriers très importants et par un marché domestique en pleine explosion, qu'elles exploitent à travers leur low-cost régionale.

La Chine, notamment, a vu ses principales compagnies aériennes gagner de l'influence sur le réseau mondial. L'Inde possède aussi des hubs importants et des compagnies aériennes influentes sur le marché mondial, bien qu'en retard par rapport à la Chine. L'Indonésie, la Malaisie, le Vietnam, les Philippines et la Thaïlande ont développé leurs compagnies aériennes et la

capacité d'accueil de leur hub situé dans leur capitale, notamment en alimentant les liaisons internationales de leur compagnie nationale grâce aux compagnies low-cost qui se développent facilement dans cette région d'îles où le train n'a pas sa place.

Néanmoins, il est intéressant de noter que les compagnies aériennes low-cost de la région ont accompagné avec un peu trop d'empressement la croissance du marché. Les méga-commandes de plus de 200 avions des années 2010 pour se tailler la part du lion, associées à la naissance d'une multitude de nouvelles compagnies low-cost, bien souvent des filiales de grosses compagnies axées sur le long-courrier (Air Asia, Singapore Airlines), ont abouti à une saturation du marché. Si la situation concurrentielle très tendue a accéléré la croissance déjà galopante du marché (nombreuses lignes, prix très bas), elle a aussi causé le naufrage d'un certain nombre de compagnies. Ainsi, la croissance

se poursuit, mais dans un **marché saturé**.

Les compagnies aériennes brésiliennes profitent quant à elles de la production nationale de biocarburants pour obtenir des avantages significatifs sur le coût du carburant, comme le faisaient les compagnies du Golfe précédemment (Emirates, Qatar Airways, et Etihad). Elles connaissent alors une expansion époustouflante, et prennent une place importante sur le réseau mondial.

Il s'agit plutôt de la tendance inverse pour les compagnies du Golfe. Ces dernières sont parmi les plus grandes et les meilleures du monde, et bénéficient de hubs aux capacités inégalées (Dubai, Doha, Abu Dhabi). Mais la raréfaction des énergies fossiles impliquent une montée de leur coût opérationnel, et leur croissance est aujourd'hui équivalente à celle des compagnies européennes ou américaines. Leur statut géographique stratégique leur permet encore de maintenir leur place prédominante malgré un environnement extrêmement

agressif pour les avions, mais la récente diminution de la production de pétrole du Golfe sonne le début d'un certain déclin.

... au profit des infrastructures

Pour pouvoir supporter cette explosion démographique du transport aérien en Asie, il est nécessaire de développer rapidement de nouvelles infrastructures.

La plupart des richesses et des centres d'affaires continuent de se situer dans les grandes villes: le système « **hub & spoke** » (des lignes régionales desservent un aéroport central doté de liaisons internationales) est donc maintenu. Et le système « **point à point** » (ligne directes sur des villes secondaires sans nécessité de passer par le hub) s'est développé en complément du premier système, pour répondre à la demande du marché. De plus, profitant de la très forte concentration de population sur les zones côtières de la Chine, les lignes de train à grande vitesse

sont très importantes le long du littoral (depuis Harbin jusqu'à la frontière sud du pays). Plutôt que de vouloir affronter ce concurrent redoutable, les compagnies aériennes chinoises ont élargi le système hub & spoke avec les liaisons en train à grande vitesse sur la base d'un modèle de partage de revenus (**alliance Air-Rail**), et ont appuyé la création de gares directement dans les aéroports. L'aviation régionale demeure relativement importante pour les liaisons les plus distantes (par exemple, Beijing - Hong-Kong) et entre la zone côtière et le reste du pays.

Afin d'absorber la croissance exponentielle du trafic aérien, la Chine et le reste de l'Asie du Sud-Est doivent s'engager dans l'extension de leurs grands hubs et la création de nouveaux aéroports. Leur principal objectif est d'éviter la congestion du ciel aérien, ce qui implique la construction rapide d'aéroports performants, avec des hubs d'une capacité jusque-là inégalée: **les nouveaux aéroports** de Beijing,

Guangzhou, Hong-Kong, et Shanghai **visent un trafic de 200 millions de passagers par an pour 2050**. De même, l'Inde, le Brésil et la Russie développent leurs capacités aéroportuaires rapidement, pour accompagner la croissance des compagnies de ces Etats. D'autre part, l'Europe et les Etats-Unis perdent énormément de capacités de correspondances, au profit des aéroports d'Istanbul, de Moscou, de Dubaï, et de Beijing qui sont en passe de devenir les nouvelles plates-formes mondiales.

Les nouvelles puissances du trafic aérien profitent de cette ascension miraculeuse pour mettre en place de nouveaux systèmes et ainsi faciliter les transitions dues aux avancées technologiques, d'autant plus que les investissements colossaux sont en grande partie financés par les profits non moins importants des aéroports actuels. Ainsi, dès 2025, les nouveaux aéroports construits étaient équipés de voies de circulation (taxiway) dotées de lignes électromagnétiques avec des tracteurs automatiques

conduisant les avions entre les pistes et les portes d'embarquement, ce qui permet d'effectuer le roulage au sol avec les moteurs éteints. Le lancement du programme des drones commerciaux chinois s'est aussi fait en étroite synchronisation avec la construction de nouveaux aéroports disposant de la technologie nécessaire pour accueillir ces nouveaux appareils. La Chine est leader dans ces domaines, et elle donne le ton pour les autres pays du Sud-Est qui suivent rapidement de manière à garder des aéroports compétitifs.



... et qui appelle à une nouvelle gestion du trafic aérien

Malgré cela, dès 2025, on observe une **grande saturation du trafic aérien en Asie**, encore

plus importante que celle qui sévit en Europe, ce qui pousse la Chine à accélérer le développement du programme de drones commerciaux, dont le projet est déjà avancé.

Depuis 2020, quelques efforts ont été faits pour décongestionner le trafic aérien. La communication avec les contrôleurs aériens s'effectue désormais uniquement par satellite, et la trajectoire des avions passant par les balises de navigation a été remplacée par une navigation GPS, plus simple, plus rapide et plus économe en carburant. Les espaces aériens ont aussi été reformés, et sont plus grands et parfois transfrontaliers (dans le cas de petits pays, comme le Vietnam ou le Laos, ou de l'Union Européenne), ce qui facilite la communication avec les pilotes. Néanmoins, si ces améliorations ont permis de désengorger un peu le volume de trafic aérien, elles ne sont pas suffisantes.

La Chine, pour pallier à ce problème limitant le trafic, a été pionnière dans le développement d'un système de

trafic aérien automatisé. Tous les aéronefs évoluant dans un volume d'air défini sont gérés dans les 3 dimensions spatiales mais aussi au niveau du temps, de manière à fluidifier au maximum le trafic. Les ordinateurs sont chacun en charge d'un volume d'air donné, et se transmettent les aéronefs au fur et à mesure de leur évolution dans l'espace aérien. La mise en place de ce système, intervenant sur les 4 dimensions (les 3 dimensions spatiales et la dimension temporelle), implique une **double automatisation du contrôle aérien et des aéronefs**. Si, comme nous l'avons vu précédemment, la maturité des technologies nécessaires est acquise, l'implémentation progressive constitue le cœur du problème : nouveau système de gestion du contrôle aérien et d'organisation des vols, et nouvelle réglementation.

En effet, la transition entre ces deux types de gestion du trafic aérien fondamentalement différents et la maîtrise du trafic aérien automatisé laissent

présager des difficultés à cause du manque de maîtrise de la technologie (nombreux retards, aéroports encore plus congestionnés). C'est pourquoi la Chine a prévu dans un premier temps de ne lancer son drone commercial que sur quelques lignes domestiques, avec des nouveaux aéroports ayant la capacité d'accueillir les drones. Ces derniers disposent de couloirs aériens réservés et séparés du reste du trafic conventionnel, et possèdent la priorité lors des décollages et des approches sur les aéroports. On peut aussi compter sur les incitations du gouvernement et l'effort national, très développé dans la culture chinoise, pour faciliter la transition énorme qui est requise, et augmenter progressivement les capacités du système de contrôle aérien automatique au fur et à mesure de l'arrivée des nouveaux drones.

L'Europe et les Etats-Unis souhaitent aussi mettre en place leur propre système de contrôle aérien automatisé, afin de concurrencer celui de la Chine.

Leur technologie est plus mature, ce qui devrait permettre une transition plus fluide, mais les hésitations des autorités politiques à effectuer cette rupture technologique et l'aversion du public occidental pour les drones commerciaux leur ont fait prendre du retard sur la Chine. Les deux systèmes, qui devraient s'étendre rapidement à l'échelle mondiale, seront cependant compatibles, pour permettre une bonne gestion mondiale du trafic.

Le trafic aérien automatisé présente de nombreux avantages. Tout d'abord, il permet de fluidifier le trafic, car chaque créneau de décollage est décidé à l'avance par l'aéroport et attribué à une compagnie

aérienne, ce qui permet d'éviter les files d'avions en attente pour le décollage. De même pour les atterrissages, car la météorologie ayant fait des progrès significatifs, les horaires prévus d'arrivée sont de plus en plus précis. La gestion d'attribution des portes d'embarquements est aussi améliorée. Par ailleurs, la planification totale du vol et la prévision de l'heure d'atterrissage permet d'optimiser les trajectoires et notamment d'effectuer des approches continues encore plus précises avec les moteurs au ralenti, ce qui rend les vols plus rapides et plus économes en carburant.

L'Aéronautique, une arme géopolitique



Un monde qui reste sous tension...

En dépit des rêves humanistes, le monde en 2030 n'est pas plus pacifique qu'en 2014. La raréfaction des ressources

gènère de grandes tensions, transfrontalières pour l'approvisionnement en eau, ou plus globales lorsqu'il s'agit des matières premières comme les terres rares, les métaux (comme le titane), ou les énergies fossiles. Alors que la mondialisation bat son plein, les intérêts économiques prennent de plus en plus une dimension internationale, et sont par conséquent toujours plus liés aux intérêts géopolitiques des pays.

La situation climatique reste par ailleurs tout autant catastrophique qu'en 2014. Une réponse mondiale et concertée à ce problème est indispensable en vue de solutions durables censées assurer l'avenir de la planète. L'influence de chaque état sur la scène internationale définira alors les intérêts qu'il pourra tirer de ce nouveau facteur externe, d'une très grande importance dans le secteur aéronautique (par exemple, une réglementation plus environnementale avantageant la technologie développée par un pays).

Ces problématiques mettent ainsi en évidence les différentes tensions que chaque pays tente de régler à son avantage grâce à son influence géopolitique, qui est grandement liée aux forces militaires dont il dispose. Les armées ont également un pouvoir dissuasif, voire coercitif ; sans compter la guerre de l'information qui, elle, ne connaît jamais de répit. Développer et maintenir au plus haut niveau ses forces militaires est donc un enjeu stratégique prioritaire pour les grandes puissances de demain.

... et influence les ambitions militaires des Etats

Parfaitement conscients de cette perspective, les pays émergents poursuivent le développement de leurs armées, et surtout de leurs forces aériennes, qui sont très présentes dans la recherche d'information et souvent les premières à entrer dans les conflits. La Guerre Froide est terminée depuis bien longtemps, mais la course à la technologie, elle, n'a jamais cessé.

Ainsi, la **Chine** a dépassé les Etats-Unis et possède aujourd'hui la **plus grosse flotte aérienne militaire au monde**. Elle affiche un caractère très indépendantiste en ayant développé ses propres avions de chasse, ses propres avions de transports, et lancé ses propres satellites espions. Elle ne s'est associée que sur quelques programmes militaires bien spécifiques, comme le développement d'un hélicoptère militaire de très lourd tonnage, et toujours avec la Russie.

L'Inde n'est pas en reste, et sa flotte d'avions militaires est désormais la **4^{ème} au monde**, derrière celles des Etats-Unis et de l'Union Européenne, preuve d'une récente croissance impressionnante ! En effet, les tensions avec le Pakistan, et sa volonté d'apparaître sur la scène internationale et de ne pas subir de pressions géopolitiques de son voisin chinois, sont autant d'arguments pour investir dans le militaire. Pays très prometteur en matière d'investissement aéronautique depuis la fin des années 2000, et disposant de peu

d'expérience dans la construction aéronautique militaire, elle a accueilli toutes sortes de partenariats, tant occidentaux que russes ou brésiliens pour pouvoir augmenter la taille de son armée à un rythme effréné. Ces partenariats sont très divers, allant de la production sous licence d'équipements avec Thalès ou Honeywell au développement d'un nouvel avion de 5^{ème} génération avec Sukhoï. Cela a permis de développer ses connaissances militaires, notamment au travers de sa principale entreprise sur ce secteur, HAL (Hindustan Aeronautics Limited). Et la **Russie est devenue son principal partenaire**, car elle est plus disposée à partager sa technologie que les pays de l'Ouest.

En effet, la Russie a réalisé qu'elle ne peut pas investir autant qu'elle le souhaiterait dans son armement, de par son PIB moins important que d'autres pays comme la Chine, les Etats-Unis, ou l'Inde. Cependant, elle possède une très

grande expérience aéronautique militaire, acquise lors de son passé soviétique, et c'est pourquoi elle a cherché à effectuer des partenariats. Elle s'est notamment fortement associée avec l'Inde, mais continue à développer certaines technologies sur lesquelles elle possède une grande expertise de manière plus autonome, comme les hélicoptères de combats.

Aujourd'hui, le partenariat avec l'Inde se poursuit avec le développement conjoint d'un d'UCAV (Unmanned Combat Aerial Vehicle). La combinaison des connaissances en construction aéronautique du côté russe, et en informatique et électronique embarquée du côté indien, ont établi un mariage parfait. Le principal souci fut cependant les retards, la Russie comme l'Inde n'étant pas connus pour leur respect du calendrier. Aujourd'hui, le premier vol est prévu pour 2032, alors que la Chine, les Etats-Unis et l'Union Européenne possèdent déjà des escadrons de drones de combat. Ce partenariat permet par ailleurs de rapprocher

diplomatiquement l'Inde et la Russie. En effet, les deux disposent alors de la même technologie de pointe, ce qui leur donne plus de poids vis-à-vis de leur puissant voisin qu'est la Chine.

Face à ces trois géants militaires, **le Brésil apparaît en retrait.** Il appartient à une région du globe plutôt pacifique où les conflits transfrontaliers n'ont pas lieu d'être, car l'eau est abondante. De plus, sa politique internationale a toujours été très non-interventionniste. Par conséquent, le développement de son armée n'est pas aussi important. Néanmoins, les brésiliens assurent leur présence dans l'industrie militaire grâce à Embraer, qui a poursuivi son développement sur le créneau des avions de transports, alignant maintenant plusieurs modèles en plus du KC-390. D'autre part, ils signent quelques accords de coopération sur des programmes militaires, avec Airbus au travers de l'usine de production Hélibras pour le co-développement d'un nouvel hélicoptère de transport

militaire, et avec la Russie, qui, comme le Brésil, n'a pas une armée d'une taille permettant de justifier les investissements à elle seule.

Les autres pays émergents (Turquie, Indonésie, etc.) se contentent d'acheter leurs armements aux pays les plus offrants ou en fonction de leurs alliances politiques, tantôt aux pays occidentaux, tantôt aux BRIC. Ils ne font pas partie des acteurs principaux de l'aéronautique militaire, car ils n'ont pas les moyens d'accéder aux technologies de pointe (ou alors seulement sur quelques

projets spécifiques, d'envergure limitée) ou parce que leur armée n'est pas suffisamment importante.

La course aux nouvelles technologies se poursuit en 2030, sans perdre en intensité, au contraire! **Les programmes militaires des Etats-Unis, de l'Union Européenne, et d'Israël restent les meilleurs en la matière**, surtout concernant les drones et les technologies de la guerre de l'information, mais les pays émergents rattrapent rapidement leur retard, et la Chine a déjà réussi à s'affranchir des produits occidentaux.

Conclusion

Les pays émergents ont donc acquis une très forte influence dans le milieu aéronautique, avec en tête la Chine, suivie du Brésil, de la Russie et de l'Inde. Leur progression époustouflante dans le secteur leur a permis de devenir des concurrents du gabarit de ceux des occidentaux. Cette tendance devant se poursuivre grâce à leur positionnement au cœur de la croissance mondiale, ils s'apprêtent à devenir des leaders aéronautiques mondiaux d'ici 2050. Néanmoins, le secteur évoluant au sein de la très haute technologie, les pays européens ainsi que les Etats-Unis conservent une prédominance sur certaines technologies, notamment celles de la propulsion. La prise de leadership ne se fera pas sur tous les domaines, pour le moment.

De plus, les BRIC mais aussi l'Indonésie, la Turquie, etc. possèdent un atout de taille : ils forment aujourd'hui le cœur de la croissance aéronautique, tant au niveau du transport aérien que pour la défense, grâce à l'ambition débordante de leurs armées. Cette demande très forte leur permet de soutenir l'amélioration progressive de leur offre, et de gagner encore en influence par leur positionnement central sur les échanges aéronautiques.

Ainsi, il n'y pas de renversement de l'hégémonie occidentale par les nouveaux entrants, mais l'apparition d'une situation différente, plus équilibrée, entre pays matures et ceux qui le deviennent, entre compétition et coopération, et plus complexe car elle prend en compte de plus en plus de nouveaux facteurs (situation climatique, rareté des ressources). Ce nouveau paysage bat au rythme de la croissance insatiable des pays émergents, qui attirent tous les regards du monde aéronautique. Cette évolution va-t-elle se stabiliser en 2050, ou sera-t-elle bouleversée par de nouvelles circonstances, comme l'éveil de l'Afrique ? En effet, cette dernière, avec sa croissance démographique encore très importante et le développement économique de ses pays qui ne fait que commencer, est le marché de demain et attire déjà de nombreux appétits.

Quatrième Prix

Jérôme WURSTER & Fabien KOUTCHEKIAN

Ecole des Mines d'Alès

Après deux années de classes préparatoires très enrichissantes tant scientifiquement qu'humainement, nous avons choisi d'intégrer l'Ecole des mines d'Alès pour son caractère pluridisciplinaire. Son étiquette d'ingénieur-entrepreneur nous sied à ravir : associer notions techniques, management ou encore stratégie, c'est marcher vers le métier de nos rêves ! Celui qui nous permettra d'assouvir notre soif d'apprendre, de découvrir le monde et de faire preuve d'adaptabilité. Des projets ? Nous en vivons aujourd'hui en même temps que nous en formons pour demain. Fabien gère près de 150.000€ en tant que trésorier du gala depuis le commencement de son échange au Brésil. Jérôme était responsable des projets de la junior-entreprise pendant son stage en Suisse avant de s'envoler vers la Norvège. Mais le projet qui nous a tenu le plus à cœur est bien celui de l'USAIRE. En effet, il nous a permis de nous découvrir une passion pour le domaine de l'aéronautique, mais il nous a surtout permis de mettre sur pied un duo efficace par sa complémentarité et sa cohérence. A travers l'équipe que nous avons constituée, le concours nous a apporté à chacun un partenaire et un compagnon, et cette émulation n'en est qu'à ses prémices puisqu'elle va éclore, nous l'espérons, au sein d'un projet entrepreneurial. Certains de la diversité des compétences qu'un tel projet nécessite, nous préparons tous deux une formation complémentaire.

Fabien Koutchékian & Jérôme Wurster

Le Jury a apprécié une réflexion foisonnante et originale qui fait preuve d'un bel effort de recherche et de présentation.

EDITORIAL Fabien KOUTCHEKIAN et Jérôme WURSTER

Etablissement : Ecole des Mines Alès

Année d'étude : Troisième année (Master 2)

Les passagers patientent aux portes d'embarquement et ressentent cette petite excitation avant le vol. A l'instar de ces derniers, l'innovation nécessite **patience et réflexion** avant d'aboutir à un projet ambitieux et viable. Les nouvelles avancées technologiques sont un savant mélange entre **imagination et lucidité**.

L'aéronautique dispose du nec plus ultra en matière de processus et de technologies. Les regards sont donc tournés vers ce secteur pionnier pour **satisfaire les enjeux de demain**. Le monde fonctionne à une vitesse ahurissante et de plus en plus de problématiques apparaissent. Cela est opportun. En effet, **la diversification et l'amplification** des marchés aéronautiques sont sans égales. Des dizaines de nouveaux acteurs fleurissent et la physionomie du paysage aéronautique tel que nous l'avons connu dans les années 2010 évolue fondamentalement. Les enjeux sont non seulement économiques et technologiques, mais aussi écologiques et humains. C'est pourquoi, postérieurement à la **coupe du monde** de l'aéronautique de ce début d'année 2030, ce numéro vous propose un récapitulatif des actions menées par ses nouveaux acteurs.

Le détail des principaux enjeux vous est fourni. Nos **pronostics** vous donneront un aperçu des éventualités d'ici à 2050. Ils vous aideront à faire vos paris en vue de la prochaine coupe du monde d'aéronautique. **Dans vingt ans**, l'organisation de ce secteur aura une toute autre allure. Le Brésil et la Chine vont bouleverser la hiérarchie actuelle dominée par les pays occidentaux. Dans une moindre mesure, la Russie, l'Inde, l'Indonésie et l'Afrique du Sud se positionnent en tant que **potentiels challengers**. L'Afrique du Sud pourrait notamment bénéficier d'un développement exponentiel du continent africain dans les années à venir.

Toutefois, de tels changements ne peuvent s'opérer sans donner lieu à des **tensions**. Après analyse des facteurs et des acteurs, nous tenterons de fournir une vision pragmatique des conflits qui pourraient émerger. Ces derniers seront parfois sous-tendus par **des revendications territoriales et des besoins grandissants en énergie et en ressources**.

En somme, le paysage aéronautique civil et militaire continuera sa **métamorphose**. Comment se présentera-t-il dans les pays émergents ? « L'horlogerie du ciel » est un domaine fascinant qui n'attend pas. La course à la cadence, à la recherche et au développement n'a de cesse que les contrôles qualité. 2050 semble déjà très proche et les nouveaux conflits encore plus. Affaire à suivre...

Tous les textes en **bleu** font référence à des éléments (cartes, schémas) disponibles en annexe.

P2: Un monde en mouvement : la géopolitique vue de l'intérieur

- Une guerre d'influence prononcée
- La collaboration russo-chinoise
- De nouveaux moyens pour les conflits
- L'OTAN en marge des nouvelles alliances

P6: Comment rendre l'aéronautique attractif au grand public ?

- Des vacances avant l'heure
- En vol
- L'image de marque

P3: Une révolution technologique venant des pays émergents ?

- Les statoréacteurs
- L'hélicoptère toujours vivant
- L'avion module

- Des matériaux et des procédés
- Le dirigeable sous toutes ses formes
- Toujours plus de drones



P4: Une stratégie multiforme et transversale

- Des atouts favorables : la conjoncture et le droit
- La stratégie de gammes et la diversification

- La sous-traitance et l'externalisation
- Une concurrence intérieure forte
- Le rôle de l'Etat

P7: Les infrastructures : entre accélération des flux et intégration des territoires

- Le réseau aérien, partie d'un tout au niveau des transports
- Diminuer les temps morts
- Des contrôles performants
- Des hangars adaptés à l'avion module

P8: Les bouleversements de l'industrie

- La révolution de l'avion module
- Les cobots
- De nouveaux outils

P9: L'écologie, logique de but ou de conséquence ?

- Le carbone roi
- Les piles à combustible
- La fin du kérosène ?
- Notre avis sur l'électrique

P6: Les clés du succès



Un monde en mouvement : la géopolitique vue de l'intérieur

Il y a une quinzaine d'années, Michel Foucher affirmait : « L'œuvre humaine visait à rendre la guerre taboue or le conflit est partout, multiforme, évolutif ». Chers lecteurs, nous ne pourrions démentir cette affirmation. Rappelons que l'année 2030, qualifiée par certains de « guerre froide qui s'ignore », a été porteuse pour le marché aéronautique militaire. La rédaction vous a concocté une [carte](#) résumant la situation en annexe.

L'alliance, un acteur économique prolifique

Faire accepter à sa population un conflit et ses sacrifices, c'est légitimer les forces en présence. Depuis 2020, l'OTAN est vue par la quasi-totalité des pays émergents comme une force d'ingérence internationale. En réaction, de nouvelles alliances s'organisent. L'alliance entre la Chine et la Russie profitera d'ailleurs à

cette dernière pour relancer son industrie aéronautique militaire. De plus, ces nouvelles alliances, dans une dynamique de légitimation poussée à l'extrême, vont investir fortement dans le matériel militaire pouvant profiter aux civils. Les hélicoptères de recherche et de sauvetage par exemple ou encore les dirigeables pouvant déplacer de lourds

débris après un tremblement de terre. La jeunesse de ces alliances mettant en relation des acteurs qui ne se font pas encore totalement confiance peut expliquer la diversification et l'amplification des marchés. En effet, le marché militaire se dédouble entre flottes nationales et flottes d'alliances.

La route, élément de pouvoir disputé

Ces quinze dernières années, le contrôle des axes de transit maritime fut également un enjeu majeur à l'échelle internationale. Le « collier de perles », stratégie politico-économique visant à garantir la souveraineté de la Chine sur l'une des routes maritimes internationales les plus importantes, s'appuie sur le drone automatisé et sur un réseau de porte-drones et porte-avions placés de Port Soudan à Hong Kong.

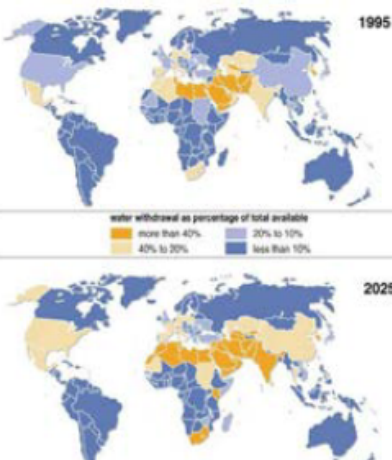
SPTD (syndrome post-traumatique dû à un drone)

Selon David Deptula, officier de l'US Air Force, le véritable avantage des drones, c'est de projeter du pouvoir sans projeter de vulnérabilité. Nombreux sont les aspects positifs du drone, cependant c'est un signe de pouvoir qui semble infaillible et agit par conséquent comme catalyseur de peur et de frustration sur les populations. Ce sentiment d'inégalité accroît la mobilisation des populations adverses. L'avion classique, outre ses nombreux inconvénients, reste indispensable sur les théâtres d'opérations pour garantir la résolution des conflits. Ceci permet au marché de l'avion de combat classique de ne pas déprimer.

Des ressources et des armes

Les progrès technologiques, l'augmentation du niveau de vie ainsi que la forte croissance du Mexique, de l'Afrique du sud, de la Chine, de la Russie et de la Turquie se caractérisent par des besoins grandissants en énergie mais également en ressources minérales dont l'eau est souvent l'élément principal. Ces besoins s'expriment depuis une dizaine d'années par des revendications territoriales et politiques qui induisent des conflits et les exemples ne manquent pas. La Russie raffermirait son influence sur les anciennes républiques soviétiques, son étranger proche, afin d'évincer toute influence de l'OTAN et de contrôler les ressources de ces dernières.

La Chine contrôle les îles de mer de Chine méridionale pour leurs ressources pétrolières et leur position stratégique. Le Brésil, sous couvert d'œuvrer pour la paix, s'approprie sans vergogne les ressources



Les réserves en eau douce. En 2025 déjà, des pays comme la France et les Etats-Unis utiliseraient plus de 20% de leurs ressources en eau.

minérales et pétrolières d'Amérique du Sud... L'augmentation des budgets militaires est profitable aux BRICs et leur permet, cette année encore, de remplir leur carnet de commandes d'aéronefs militaires.

« La guerre n'est que la simple continuation de la politique par d'autres moyens » (Carl Von Clausewitz)

Les gouvernements recourent de plus en plus aux sociétés militaires privées afin de satisfaire l'opinion publique et leur électoral, développant dès lors un marché privé conséquent, demandeur d'avions, de drones et d'hélicoptères militaires.

Des sociétés militaires privées de plus en plus sollicitées

Nos pronostics pour 2050 sont favorables à une privatisation de la guerre quasi-complète. Le rôle des armées classiques semblera alors se résumer à un appui logistique et de renseignement.

« L'impuissance de la puissance » (Bertrand Badie) ou comment dominer sans arme

Le « soft power » de Joseph Nye est un acteur primordial dans l'aéronautique. En effet, l'attractivité technologique de la Chine, du Brésil et de l'Inde ainsi qu'un phénomène de mondialisation grandissant, ont vu une migration des cerveaux provenant des pays émergents vers leurs technopoles ces dix dernières années. Embraer et Comac commencent lentement à rattraper leur retard sur Airbus et Boeing, profitant des structures vierges de leurs pays. Celles-ci leur ont permis de profiter des dernières technologies et de sauter les étapes intermédiaires de réaménagement si coûteuses pour les meneurs occidentaux de l'aéronautique, nonobstant les étapes de R&D.

Le drone-observateur, utilisé principalement par les médias, est l'outil primordial des guerres d'influence, dont le contrôle de l'information est la clef. La Russie et l'Indonésie fêtent les dix ans de leurs chaînes d'informations télévisées à rayonnement mondial leur assurant une souveraineté médiatique sur la scène internationale.

« Big Brother » ou la résolution des conflits internes

Rappelons qu'en 2028 le Mexique gagnait tout juste ses premières batailles contre les cartels en installant des drones automatisés sur les principales routes de la drogue. Ces derniers ont également apporté une solution partielle à la lutte contre la piraterie notamment dans le Golfe d'Aden et le détroit de Malacca. L'Inde, l'Indonésie et le Brésil sont les principaux utilisateurs de cette solution. Les stratos en activité depuis peu permettent de coordonner les aéronefs avec une meilleure visibilité et fluidifient le trafic, mais participent également à la surveillance des camps de réfugiés de guerre et à la détection thermique des sous-marins.

Une révolution technologique venant des pays émergents ?

« L'imagination est plus importante que le savoir » disait Albert Einstein. Dans le secteur de l'aéronautique cette notion est acquise depuis ses prémices. Celui-ci regorge d'idées diverses et variées, parfois folles. Mais comment pousser l'industrie à se dépasser sinon en ayant des idées folles ? Les matériaux novateurs nous impressionnent chaque année tant par leur diversité que par leur qualité. 2030 ne déroge pas à la règle.

La chasse aux kilos, lorsque confort et légèreté se mêlent

Les sous-traitants ont fourni ces quinze dernières années de nombreuses solutions technologiques visant à rendre l'avion de plus en plus léger et confortable. Par exemple, Expleseat défie tous les records et permet, grâce à son siège de 2 kg, de faire économiser aux compagnies aériennes jusqu'à 250.000 dollars par an et par appareil. Certifié par l'Agence Européenne de Sécurité Aérienne, le nouveau modèle d'Expleseat est plus écoresponsable et fiable que son prédécesseur. Les compagnies aériennes brésiliennes et chinoises se sont empressées de le commander. La part de titane a été réduite au profit de matériaux plus légers, notamment de nouveaux composites de carbone à matrice organique. D'autres matériaux sont développés pour que le vol soit plus agréable. Nous pouvons citer l'utilisation d'élastomères afin d'accroître le confort sonore en cabine. La société SMAC a mis au point une nouvelle variante d'élastomère capable d'absorber les vibrations. Néanmoins, la nouveauté la plus attendue, les matériaux intelligents incorporés au fuselage, est celle ayant le plus impressionnée. Plusieurs sociétés sud-américaines collaborent sur ce projet. Certains matériaux, en cas de déformation, voient leur conductivité se modifier. Cette propriété est exploitée afin d'évaluer l'état d'un appareil en temps réel. Ceci a permis de faire un pas de plus vers la prévention et l'efficacité des contrôles. Inutile d'attendre l'atterrissage pour effectuer les contrôles. Ceci se concrétise par un gain de temps au sol. L'analyse et la prise de décision se font en temps réel. Le matériau en lui-même étant sensible, incorporer des capteurs devient inutile et le gain de masse est significatif. Ces nouveaux matériaux intéressent également l'armée brésilienne qui travaille en collaboration

avec Embraer. En effet, un gain de masse augmente la réactivité des hélicoptères et avions militaires. De plus, si un appareil est touché, connaître la situation de ce dernier offrira de meilleures chances de survie à son pilote.

Composites ou alliages d'aluminium/titane ?

Plus que jamais, la bataille entre ces deux écoles bat son plein. Les occidentaux misent sur le carbone depuis quelques années déjà, mais certains pays émergents comme l'Inde continue la recherche sur les alliages d'aluminium et de titane. La Russie adopte également cette stratégie. En réponse à la fulgurante croissance des composites, de nouvelles nuances d'alliages d'aluminium ont été développées. Ceux à densité abaissée par ajout de lithium sont une alternative fiable aux alliages d'aluminium classiques. Néanmoins, le gain de masse n'est que de 4%. Il a donc fallu retravailler la géométrie de la pièce et la redimensionner afin d'en tirer des bénéfices plus conséquents. Pour choisir un matériau, il faut prendre en compte autant le processus de fabrication que le matériau en lui-même.

De nouveaux procédés

En effet, dissocier le matériau de son procédé d'industrialisation serait un raisonnement hâtif et les acteurs du secteur l'ont bien intégré. LoireTech l'avait compris à l'époque avec son moule prototype en céramique recouvert de ferrites, au sein duquel des composites thermoplastiques sont transformés via des micro-ondes. Depuis 2014, des pièces sont fortifiées par bombardement de leur surface avec des ultrasons. Désormais, de nouvelles techniques sont à l'étude, afin d'acquies des propriétés mécaniques, thermiques et esthétiques spécifiques. En projetant des particules de natures différentes, il est également possible de travailler l'aspect de la pièce et de la rendre conductrice ou non. Un projet de l'armée chinoise vise à concevoir des blindages par bombardement de particule d'uranium appauvri sur les ailes de leurs chasseurs. L'utilité d'un tel blindage est sa finesse.

Les nouveaux procédés permettent d'innover avec de l'existant



Une révolution technologique venant des pays émergents ?



TROIS QUESTIONS À...

**JEROME
WURSTER**CONSULTANT-EXPERT
EN INNOVATION
TECHNOLOGIQUE

« L'avion de demain sera totalement compartimenté »

Les statoréacteurs, un rêve accessible ?

Les avion-supports ouvrent la voie aux avions dits « propulseurs » permettant d'atteindre la vitesse de fonctionnement des statoréacteurs. L'achèvement des pays émergents dans la conception et la fabrication de long-courriers hypersoniques propulsés par des statoréacteurs ne porte toujours pas ses fruits. En effet, la conception et l'intégration de statoréacteurs dans la voilure des appareils restent très complexes. En revanche, les résultats très concluants d'Airbus et Boeing laissent penser que ces derniers détiendront le monopole de cette technologie, encore à l'état de prototype. Des accords de coopération avec Comac et Embraer existent afin d'effectuer un transfert de technologie. Les armées du monde entier mobilisent de très importants moyens pour équiper leurs bombardiers de cette technologie. Les très grandes vitesses atteintes rendraient ces appareils difficilement interceptables. Affaire à suivre...

Vous avez dit dirigeable géostationnaire ?

Le stratobus, ce dirigeable géostationnaire à 20km d'altitude est en train de révolutionner les secteurs de la surveillance, de la prévention et des télécommunications. Le premier prototype a vu le jour en 2020 mais une dizaine d'années supplémentaires a été nécessaire pour sa commercialisation. Cet appareil révolutionnaire est totalement autonome. Il garde sa position en adaptant le fonctionnement de ses moteurs selon le vent. Il produit de l'énergie grâce au couplage des panneaux photovoltaïques à un système d'amplification de l'énergie solaire breveté par Thales. Son dispositif de stockage par piles à combustible réversibles ultralégères est également très efficace. Cette pile a été améliorée avec les nouvelles recherches effectuées sur les nanotubes de carbone (voir section écologie). Outre sa fonction de surveillance, le stratobus a permis la création d'un réseau de téléphonie annexe, utilisable lors des trajets en avion. Il est désormais possible d'utiliser son téléphone portable sans perturber les instruments de vol. La Chine a commandé de nombreux stratobus dans le but d'obtenir le maximum d'informations sur les agissements au bord de ses frontières. Les armées des pays émergents et développés ont commandé des stratobus. Très utiles lors d'un conflit pour le renseignement et la communication, ils constituent un avantage indéniable.

L'avion module : vers un rendement optimum ?

Un avion n'est rentable qu'en plein vol. Simple constat, mais mise en pratique souvent délicate. Un avion compartimenté permet d'accroître la flexibilité des vols. Mais surtout, lorsqu'un module nécessite un temps de maintenance, le remplacer directement (via des infrastructures adaptées) par le même module révisé n'engendre pas de perte de temps de vol. En brevetant cette conception de l'avion, le Brésil et le Mexique ont compris qu'il faut répondre à la diversification croissante de la demande. Ils imaginent déjà des avions divisés en modules festifs, dans lesquels certains sièges sont remplacés par un bar, couplé à un module de fret. Encore à l'état de concept, il est néanmoins déjà possible d'optimiser certains vols. Par exemple, s'il s'avère qu'un vol comporte moins de passagers que prévu, nous pouvons nous en servir pour gagner de la place et affréter un module supplémentaire de bagages. Tout est optimisé pour une sécurité accrue. Comme l'ont imaginé certains chercheurs occidentaux, l'avion module permettrait de lier réseau ferroviaire et aérien. Ce lien existe maintenant depuis deux ans au niveau informationnel.

Une révolution technologique venant des pays émergents ?

Des fabrications et réparations facilitées

Les premiers cobots automatiques ont été introduits par les compagnies chinoises et européennes sur leurs chaînes d'assemblage depuis maintenant une dizaine d'année. Ils sont capables d'interagir simplement avec les opérateurs et sont généralement affectés aux tâches répétitives. De nombreux cobots sont, à présent, utilisés sur les plateformes de porte-avion afin d'assister les opérateurs lors des phases de réparation et de maintenance.

La révolution de la conception

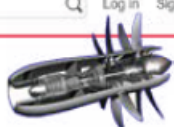
La conception même des avions évolue. Les premiers prototypes d'avions à cockpit modifié et sans pare-brise sont à l'essai depuis cinq ans. Ceci permet de retravailler l'aérodynamisme. La délocalisation du cockpit permet de revoir la forme de l'avion tout en s'assurant, grâce à des écrans, de bénéficier des bonnes informations tout au long du vol. De plus en plus de systèmes annexes sont électriques, comme les trains d'atterrissage, et contribuent donc à la diminution

de masse embarquée et de consommation de kérosène. Dans le même esprit, les pays émergents mettent actuellement en place dans leurs nouveaux aéroports des procédés d'aide au décollage. Ces derniers s'appuient sur des catapultes ou des avion-supports électriques pour la phase de décollage.

La révolution du décollage : catapultes, avion-supports et décollage vertical



Une révolution technologique venant des pays émergents ?



Le dirigeable, un atout obsolète ?

D'autres dirigeables de forme lenticulaire opèrent à basse altitude. Cette forme révolutionnaire permet de pallier les cisaillements du vent. Ils sont principalement utilisés pour le transport de charges lourdes ou de dimensions exceptionnelles. Ils permettent par exemple la mise en place de structures avec une grande précision (ouvrage d'art, pales d'éoliennes) ou la livraison de matériel dans des zones inaccessibles. *Aeroflot* développe depuis dix ans ces dirigeables qui représentent un marché de 500 millions d'euros de chiffre d'affaires. Des projets de dirigeables présentant une charge utile de 250 tonnes et utilisant les courants porteurs du jet-stream sont à l'étude. L'intérêt de ces appareils est leur très faible consommation en énergie.

L'hélicoptère de 2050

L'avantage principal des hélicoptères demeure la maniabilité et le vol statique. La démultiplication d'hélices permet d'augmenter leur charge utile et d'améliorer leur maniabilité. De nombreux projets visent à améliorer la vitesse des hélicoptères via l'intégration de turbines au sein de leur fuselage. Ces dernières viendraient remplacer les hélices latérales du X3 d'Airbus Helicopter.

Vers de nouveaux drones

Utilisation militaire : La guerre telle que nous avons pu la connaître est révolue.

Dorénavant, le militaire ressemble plus à une guerre d'influence et de stratégie. De ce fait, de minuscules drones ont été mis au point. Ils sont capables de se déplacer furtivement et d'être contrôlés à plus de 200 kms. Très utiles lors de prises d'otages, ils ne sont pas mortels, mais peuvent endormir par éjection d'un dard. Ces systèmes sont particulièrement intéressants pour le Brésil qui continue sa lutte contre la criminalité dans les favelas ou encore pour le Mexique et les cartels.

Utilisation civile : De notables améliorations ont été apportées aux drones de recherche et de sauvetage. Ils sont désormais capables d'accéder à n'importe quelle zone et de repérer n'importe qui grâce à un système de vision thermique. Ils transmettent ainsi instantanément les informations vers un hélicoptère de soutien. Les drones de surveillance des installations industrielles ainsi que des cultures et des forêts permettent une sécurité et une productivité accrues. Enfin, la Russie a développé un nouveau type de drone, le « Black Box Drone ». Placé à l'avant de l'appareil, celui-ci contient les mêmes informations qu'une boîte noire classique, mais en cas de forte dépressurisation ou de choc, s'éjecte automatiquement de l'appareil. De ce fait, il est, en cas d'incident, facilement localisable selon les dernières données qu'il a transmis.

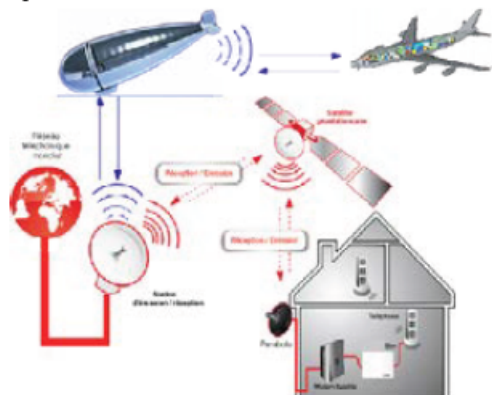
L'aéroport au plus proche des passagers

Des puces RFID sont maintenant intégrées au billet de chaque passager. En passant une certaine section de l'aéroport, ces derniers s'enregistrent automatiquement via les données fournies par ces puces. Par la suite, des informations sont fournies en temps réel par un système de gestion des vols directement sur le Smartphone du passager. Il s'y connecte via le Wi-Fi de l'aéroport grâce à un code de connexion fourni avec le billet. Un système de priorisation des personnes a également été mis en place aux portes d'embarquement. Grâce aux nouvelles technologies Oleds des panneaux lumineux changent de couleur et indiquent à la personne si elle peut se présenter à la vérification, puis si elle peut embarquer ou non. Enfin, un nouveau système de traçage des bagages permet à une compagnie de savoir exactement et instantanément où se trouve le bagage d'un client. Au moyen d'un second type de puces RFID de traçage, un portique détecte le signal et envoie l'information à un serveur. Toute personne habilitée peut donc savoir si le bagage a franchi ce portique ou non.

Le rôle du stratobus dans le réseau de télécommunication annexe.

En rouge, le réseau classique de téléphonie.

En bleu, un réseau annexe utilisant les stratobus pour communiquer avec les passagers d'un avion.



Pronostics 2050 :

Quand s'arrêtera cette folle course à l'innovation ? Probablement jamais, en tout cas certainement pas en 2050. D'ici là, il y a fort à parier que les cobots seront plus autonomes et capables de collaborer sur la fabrication d'une même pièce. De nouveaux matériaux intelligents auront la faculté de produire de l'énergie en plus de servir de capteurs dans le fuselage. À l'instar de la Google car, les avions seront certainement aptes à voler sans pilote et à se communiquer des informations sans forcément les recevoir des tours de contrôle. Ceci permettra également une optimisation du vol par ajustement de la trajectoire en fonction des différents avions et couloirs aériens. La durée de vie des stratosphères devrait considérablement s'améliorer et, en ces temps de « guerre froide qui s'ignore », la Chine et la Russie devraient joindre leurs forces dans ce domaine de recherche. Les stratosphères serviront de relais intermédiaires avec les satellites. Enfin, partant du constat simple que les populations se regroupent près des littoraux et que l'on manque de place, des hydravions de taille moyenne et permettant des vols de durée moyenne seront conçus. Les avantages seront alors nombreux : moins d'infrastructure, plus de place, aucun entretien...

Une stratégie multiforme et transversale

La stratégie des pays émergents s'est appuyée ces dernières années sur des facteurs tant sociaux qu'économiques et technologiques. Les gouvernements ont été des acteurs décisifs et ont su protéger leurs marchés et rendre leurs entreprises compétitives.

Une conjoncture favorable

Rappelons qu'en 2015, les 21 plus grosses villes d'Asie et d'Amérique latine étaient mal desservies. Elles promettaient un substantiel développement de leur réseau dans les décennies à venir. Elles n'ont pas déçu. Ces nouveaux marchés, localisés au niveau des pays émergents, leur ont offert de réelles opportunités de croissance économique. La forte démographie de ces pays explique l'ampleur du développement des marchés aéronautiques civils. Pour rendre leur activité rentable, les pays émergents ont rendu le transport aérien accessible à leurs populations. Une augmentation progressive de la demande s'est donc faite ressentir. Le taux de natalité des pays émergents étant encore assez élevé, leurs populations seront toujours jeunes et dynamiques en 2050. L'émergence des classes moyennes va se traduire par une augmentation du pouvoir d'achat. Elles vont donc pouvoir voyager et consommer. Le développement du secteur aéronautique va également permettre de créer des emplois tant pour la construction d'infrastructures que pour l'exploitation des réseaux et des appareils. Ceci s'inscrit dans une dynamique de croissance de ces pays. Enfin, 400 millions de tonnes de marchandises devront être transportées par avion en 2050, ce qui crée des opportunités pour nos challengers.

Le leadership de la bauxite

Les ressources de bauxite, dont on extrait l'aluminium, sont contrôlées principalement par le Brésil, l'Inde, la Russie, la Chine et la Turquie. Les principaux producteurs de bauxite se sont rassemblés il y a cinq ans, afin de rarefier volontairement leurs ressources en diminuant les productions. L'aéronautique, domaine très gourmand en aluminium, va se voir ébranler par cette répartition inégale des ressources. Une inflation conséquente de ce produit est profitable aux pays émergents. Ils négocient des accords de transferts de technologie aéronautique avec les pays occidentaux contre un accès facilité aux ressources de bauxite. L'utilisation croissante des nanotubes de carbone viendra limiter les effets de cette inflation d'ici à 2050. Cette dernière est la cause de nombreuses tensions et conflits ces 5 dernières années. Elle a permis d'ouvrir les marchés militaires et pousse les pays émergents à développer des technologies militaires toujours plus efficaces.

Le brevet, arme de rentabilisation

Les technologies développées pour le domaine aéronautique sont adaptables à d'autres domaines. Embraer, après avoir protégé ses batteries révolutionnaires grâce à un brevet international, crée sa filiale *Embraer Energy and Development*. Celle-ci fabrique des batteries de voitures électriques. Conac fabrique des résistors de petites dimensions avec des nanotubes de carbone ainsi que des écrans plats. Les bénéfices de ces activités périphériques sont réinvestis dans la

recherche et le développement aéronautique. Les nouveaux constructeurs s'appuient sur un marché fort et fournissent également les marchés militaires.

Une stratégie de gammes

Les low cost représentent actuellement 21% des courts et moyens courriers. Les compagnies indiennes, qui prennent pour exemple leurs homologues asrabo-persiques, ont vite compris que, face à la concurrence low cost de plus en plus agressive, la qualité était à prôner. Afin d'être concurrentiel sur les longs courriers, ils ont du monter en gamme et non diminuer les prix. L'augmentation de la qualité des services a porté ses fruits. Cependant, cela a nécessité des investissements considérables. Ils ont décidé d'investir les bénéfices des activités rentables mais sans grand potentiel (courts et moyens courriers) dans la rentabilisation des activités à fort potentiel (augmentation de gamme des longs courriers). Les pays occidentaux ont également opté pour cette stratégie suite aux offres publiques d'achat (OPA) par les Emirats Arabes Unis et la Chine, entre 2015 et 2020, de leurs compagnies nationales. En effet, cette organisation permet, à termes, une disponibilité importante de capitaux pouvant contrer une OPA hostile.

Une diversification mal contrôlée

Pour s'adapter au mieux à l'éventail de clients, une stratégie consiste à se diversifier, en créant des filiales spécialisées rattachées à la compagnie principale. Un phénomène de brouillage de l'image de marque principale est observé



Une stratégie multiforme et transversale

QUATRE QUESTIONS À...

FABIAN KOUTCHEKIAN
CONSULTANT-EXPERT
EN GEOPOLITIQUE ET STRATÉGIE



« Perdre beaucoup afin d'en gagner plus »

Un personnel compétent et qualifié, un acteur de stratégie globale ?

La première école de pilotage de niveau mondial a ouvert ses portes le mois dernier aux Emirats arabes unis pour soutenir les flottes de leurs compagnies en pleine croissance. La Chine, le Brésil et l'Inde se sont inspirés de ce modèle et leurs projets devraient aboutir en 2040. Ces écoles visent les meilleures certifications existant actuellement. La disponibilité de ce personnel qualifié est gage de qualité, de réactivité, d'indépendance et est un acteur de développement des compagnies aériennes.

Une concurrence intérieure forte pour les courts courriers ?

L'avion à turbo propulsion (ATR) consomme moins et constitue un investissement de départ moins important que ses homologues à turbo réaction, mais il est moins rapide. Malgré ce désavantage, il constitue une bonne alternative pour les courts courriers de 50 à 99 places. Les pays émergents constatent l'apparition de petites compagnies régionales s'appuyant sur le turbopropulseur afin de desservir l'ensemble du territoire. En 2015, le kérosène comptait encore pour 30% du coût d'exploitation des compagnies aériennes. Ce choix permet ainsi aux pays émergents de rendre le vol économiquement accessible à leurs populations. Cette stratégie fait encore ses preuves actuellement avec l'émergence du concept d'open rotor. Un désavantage reste cependant notable. Ces petites compagnies *Low Cost* engendrent une concurrence nationale de plus en plus forte. Ceci pourrait déstabiliser le réseau entier dans les années à venir si les cas de faillites devenaient trop fréquents.

Le droit, acteur de la concurrence ?

Il faut savoir perdre beaucoup pour gagner beaucoup. Les pays émergents l'ont compris très tôt. La majorité des pays crée des couloirs aériens très recroquevillés afin de faire payer d'importantes taxes à leurs utilisateurs. En effet, ces dernières sont calculées en fonction du poids de l'avion et de la durée de survol du territoire. À l'inverse, le Brésil et l'Inde ont fait des choix politiques extrêmement coûteux. Ces deux derniers choisissent de simplifier au maximum leurs couloirs aériens. Ainsi, les compagnies nationales et étrangères optent pour ces derniers, ce qui améliore leur rentabilité. Or, cette stratégie se révèle être très coûteuse à court terme car le transit des appareils étrangers était plus court donc les taxes plus faibles. Mais les impacts à long terme se sont révélés intéressants. En 2032, la région Asie pacifique représentera un quart du trafic mondial. La Chine opte pour une politique de protectionnisme de son marché intérieur. De ce fait, les taxes d'utilisation de ses lignes aériennes sont très élevées pour les compagnies étrangères. Le Chapitre 11, loi américaine permettant de recapitaliser les entreprises en danger, est un atout de choix pour la protection des compagnies aériennes au bord de la faillite. Similairement, les pays émergents sont à présent dotés de lois protégeant leurs entreprises en danger. Les compagnies chinoises et russes étendent leurs coopérations (accords de partage de codes) afin d'avoir une meilleure visibilité, d'offrir des correspondances facilitées pour leurs clients et d'augmenter la satisfaction de ces derniers. Les pays émergents ont instauré sur leurs territoires la loi du « use it or lose it » des emplacements d'aéroports afin de favoriser le redéploiement de leurs compagnies nationales et donc d'avoir de meilleures marges de manœuvre. En effet, lorsqu'une compagnie n'utilise pas ou peu un emplacement d'aéroport lui étant dédié, cette dernière le perd au profit d'une compagnie concurrente.

Une stratégie de structure, le rôle des états

Le développement, entre 2015 et 2030, des compagnies aériennes à ambition internationale des pays émergents s'est déroulé en trois phases.

Première étape : les entreprises sont nationales afin d'avoir un apport en liquidités très important dès le début de l'activité. Cela permet de créer une flotte puissante et de la renouveler très rapidement. Le rôle de l'entreprise est d'utilité publique et est un organe de souveraineté nationale et de représentativité internationale.

Deuxième étape : Une semi-privatisation s'opère afin d'acquiescer, de manière transitionnelle, une vision de profit de l'activité.

Troisième étape : Une privatisation totale des compagnies permet d'avoir une vision de profit, de développer l'activité et donc de créer des emplois. Elle permet également d'obtenir une crédibilité accrue au niveau des investisseurs afin de financer de nouveaux projets.

Une stratégie multiforme et transversale

entre 2015 et 2020 pour la compagnie « HOP » d'Air France par exemple. Les compagnies brésiliennes et sud-africaines ont réussi ce défi en s'organisant et en créant des facilités entre leurs différentes filiales grâce à des campagnes publicitaires. En effet, leur fonctionnement permet à leurs clients d'utiliser leurs *milas* d'une compagnie à l'autre ou encore de s'adresser au personnel d'une filiale pour avoir des informations sur une autre. Enfin, leurs vols et connexions peuvent être pris en charge par différentes filiales d'une même entité.

La sous-traitance, fer de lance des constructeurs aéronautiques

Depuis 2015, Airbus et Boeing emploient de nombreux sous-traitants issus de la Chine, de l'Inde, du Brésil ou encore de l'Indonésie. En effet, la main d'œuvre de ces pays est peu coûteuse et hautement qualifiée. Cependant, en quinze ans, les salaires de ces populations ont, en moyenne, doublés. Ainsi, la rentabilité d'un travail moins cher mais qui nécessite un déplacement des produits finis important est de moins en moins significative. Ces sous-traitants sont, cependant, encore de forts concurrents aux sous-traitants européens et nord-américains. Airbus et Boeing ont des carnets de commande qui ne cessent de se remplir. Ces derniers ont toujours la volonté d'augmenter leurs cadences de production. De ce fait, au-delà de la qualité, les sous-traitants doivent être extrêmement productifs. Les pays émergents remplissent ces conditions car ils présentent une main d'œuvre très abondante.

Une externalisation précieuse et motivée

Prenant Airbus pour modèle, les constructeurs des pays émergents traitent leurs sous-traitants comme des associés via des joint-ventures par exemple. Ils cherchent à les fidéliser, les manager et les stimuler. En effet, la performance globale d'un appareil est fonction de la performance des éléments le constituant. Encourager le développement et les innovations, c'est partager une culture d'entreprise commune. Pour les

sous-traitants, la course à l'investissement est une condition sine qua non pour ne pas perdre leurs marchés au profit de leurs concurrents.

Les atouts des constructeurs

Airbus et *Boeing* s'appuient toujours sur leur image de marque et leur savoir-faire. En termes de gros porteurs, les pays émergents lancent leurs projets respectifs. Ces derniers sont prometteurs mais non pas encore la confiance des pays étrangers. *Embraer* et *Comac* profitent d'une prise de participation du capital des pays du golfe Persique pour financer leur projet de gros porteurs. Les constructeurs militaires européens et nord-américains dominent toujours le marché et l'efficacité de leurs armes est sans égale. Les pays émergents sont très en retard notamment en ce qui concerne la maniabilité de leurs appareils.

La chasse aux mudas (7 sources de gaspillage)

Les déplacements de matières et d'hommes sont chers, sources de non-productivité, de pertes de temps et de ressources. De plus, la perte de temps qu'ils engendrent diminue les cadences de production. La Chine, La Russie et le Brésil ont tirés des enseignements de leurs voisins occidentaux. Leurs programmes de construction de gros porteurs se caractérisent par cette recherche d'optimisation des installations et des ressources. La stratégie politico-économique de la Chine, de la Russie et du Brésil vise à créer des zones d'aérobusiness. Ils ont créé des paradis fiscaux qui permettent l'implantation de sous-traitants étrangers hautement qualifiés provenant des pays occidentaux. Le but étant de produire l'ensemble des pièces d'un avion dans une seule et unique ville afin de bannir les déplacements. Cela permet par ailleurs de mettre en commun les moyens de production, les compétences et les



hommes pour une meilleure circularisation de l'information technologique.

La guerre de l'information

Les pays émergents, technologiquement très en retard sur l'aviation occidentale, usent d'espionnage industriel et d'intelligence économique afin de se mettre à jour. Cependant, ils mettent également en place des accords avec les entreprises des pays émergents pour le transfert de technologie aéronautique. Ces accords profitent aux deux partis car les pays développés rencontrent toujours des difficultés pour s'imposer sur les marchés émergents. Ces accords leur permettent une accessibilité facilitée à ces derniers.

Vers une diminution des coûts

La tendance semble montrer que le personnel des pays émergents coûtera aussi cher que celui des pays développés en 2050. Ils devront donc tendre à diminuer leur coût de personnel.

Nous assisterons ainsi probablement à une diminution progressive du nombre d'hôtesse de l'air, de pilote et de contrôleurs aériens, aidés par des automates de plus en plus performants et autonomes.

Comment rendre l'aéronautique attractif au grand public ?

Séduire le client est le maître mot pour l'ouverture et le développement des marchés. Les pays émergents, afin de financer leurs programmes aéronautiques, ont dû s'assurer des marchés intérieurs forts en analysant et répondant aux besoins et attentes de leurs populations. Des investissements massifs en recherche et innovation, en équipements et en services qui ne portent pas leurs fruits, peuvent, à long terme, mener à des situations de « market failure ». Revenons sur les choix de services et de performance qui ont su charmer le client, ouvrir les marchés et augmenter la rentabilité des activités liées à l'aéronautique.

Venez vous éclater à bord !

Il y a quinze ans, le prix des billets d'avion restait encore important en comparaison avec le salaire des populations des pays émergents, ces derniers ont dû innover. Ils ont été les premiers, pour stimuler leur marché intérieur, à rompre définitivement avec le concept de vol sans divertissement autre qu'un film ou un livre pour le passager classique. Vous pouvez à présent dans un vol de GOL, d'Aeroflot ou de Lion Air faire la fête durant votre vol, prendre une douche, faire du sport dans une salle de musculation tout en produisant de l'énergie électrique utilisable par l'avion ou encore privatiser un avion afin de vous marier. Des programmes de fidélisation des voyageurs sont mis en place et ils sont sollicités dès leur plus jeune âge.

L'aéroport, un endroit morose ?

Rappelons qu'en 2018 la Turquie ouvrait l'aéroport le plus grand du monde avec une capacité de 150 millions de passagers par an qu'il atteint en 2023. Cet aéroport et tous les aéroports construits entre 2015 et aujourd'hui, s'inspirant de l'aéroport Changi de Singapour, se sont tournés principalement vers le confort des passagers au sol. Ainsi, de nouveaux services sont offerts. Vous pouvez, durant la durée d'un transit, vous faire masser, aller à la piscine, au cinéma, faire une visite guidée de la ville, faire du sport, vous doucher, faire la fête ou bien encore déguster un petit déjeuner dans un jardin intérieur muni d'un plan d'eau. Enfin, la Russie et la Chine proposent à présent des initiations au pilotage d'un moteur pendant un transit s'il est suffisamment long.

Lors de l'achat de votre billet d'avion en ligne, vous pouvez d'ailleurs bénéficier de réductions sur ces activités en les réservant au même moment. Ces différentes activités ont plusieurs effets bénéfiques. Elles permettent d'occuper les passagers en transit pour que l'attente de son vol devienne un plaisir et non plus une contrainte. Elles augmentent l'attractivité des aéroports des pays émergents et permettent une augmentation de la clientèle qui a la possibilité d'émettre des remarques sur les services futurs. Ceci dans une démarche d'amélioration continue. Ces activités étant payantes, elles permettent également de rentabiliser plus rapidement les investissements faits pour construire ces

aéroports. Certains, situés près de la mer, commencent même à tendre vers des stations balnéaires. Les nouveaux aéroports en construction ont d'ailleurs pour objectif principal de retenir un maximum les clients arrivés à destination dans les zones périphériques des aéroports pour les faire dépenser sur place. Les régions centrales de l'aéroport étant réservées au transit rapide.

La séduction verte

Les pays émergents, afin de séduire la clientèle occidentale, décident également d'axer leurs efforts sur l'écologie. Les aéroports sont à présent des bâtiments à énergie positive.

Des éoliennes, des panneaux solaires et des salles de sport équipées pour que l'énergie dépensée par les utilisateurs soit récupérée sous forme d'énergie électrique sont intégrés à l'aéroport. Les progrès technologiques permettent également aux avions d'être toujours plus respectueux de l'environnement. La pollution sonore ressentie aux abords des aéroports est actuellement très faible et des projets visent à l'éliminer complètement. Les pistes d'atterrissage sont équipées de véhicules-catapultes, permettant de propulser l'avion, afin de limiter la consommation des avions lors de la phase de décollage.

L'image de marque, un problème de confiance

Les différents constructeurs d'avions gros porteurs et moyens porteurs ont également orientés leurs efforts vers l'écologie afin de conquérir de nouveaux marchés. La Chine a lancé son programme de gros porteurs

depuis quinze ans, la Russie depuis dix ans et ils arrivent déjà à des résultats technologiques très encourageants pour l'avenir. Cependant, ces deux nouveaux acteurs de la scène internationale se heurtent encore à un problème de confiance. En effet, bien que ces pays se soient battus pour obtenir diverses certifications, les clients internationaux priorisent encore les appareils d'Airbus et de Boeing, jugés plus sûrs et plus économiques à long terme. Les compagnies aériennes russes et chinoises utilisent les appareils de leurs fabricants nationaux depuis maintenant deux ans sans incident. Ces appareils ne permettent que de dégager des marges très faibles car technologiquement en retard sur leurs homologues occidentaux. Ces compagnies présentent cependant de bons espoirs en vue de 2050.

**Des bâtiments
à énergie positive
dans tous les aéroports**

Les clés du succès



Vers un paysage africain ?

De nombreux pays ont des infrastructures plus que convenables, que ce soit en Amérique, en Europe ou en Asie. Seul le continent africain demeure désert à ce niveau-là. Pourtant, avec l'augmentation du niveau de vie et de la répartition des soins dans ces pays, la croissance démographique de ce continent est exponentielle. Ainsi, sur les onze milliards de personnes prévues après 2100, quatre seront africaines. Les pays comme l'Inde et la Chine ayant une croissance nulle, l'Asie ne comptera d'ici là qu'un milliard de personnes supplémentaire. Entre 2030 et 2050, c'est donc le continent africain qui enregistra la plus forte augmentation démographique. En parallèle, il faudra permettre à ces personnes de se déplacer au sein de leur continent mais aussi vers l'Europe, l'Amérique ou encore l'Asie. Certaines compagnies réfléchissent déjà à s'implanter durablement sur le sol africain, même si les contraintes politiques et financières restent pour le moment gênantes.

Les lois et les normes

Les normes sont elles aussi évolutives. Les normes et les lois sont désormais moins complexes et permettent de se dispenser de nombreux fardeaux administratifs. Pour la conception des produits, un niveau de tolérance très strict (0.5%) est demandé (par rapport à la prédiction de conception). Ces nouvelles normes ont pu voir le jour grâce à de nouvelles techniques de conception et des

simulations précises, assurant une production de qualité dès le premier jet. Simplification ne signifie donc pas perte de précision.

Des armées de plus en plus petites ? Nos pronostics :

Les armées émergentes vont opter pour une diminution de leurs effectifs au profit de systèmes automatiques. Les drones seront, en 2050, le gros des forces d'intervention internationale. Les cobots permettront également d'assister le travail des techniciens sur les portes avions ce qui se traduira par une diminution des



effectifs. Les bombardiers classiques vont disparaître au profit de bombardiers-drones de grandes dimensions. Enfin les gouvernements recourent de plus en plus aux SMP. Les armées voient donc leurs effectifs diminuer.



Se tourner vers le continent africain ?



A SUIVRE ...

La jeunesse et l'aéronautique

Pour la cinquième année consécutive, le programme d'échange *AirLearn* propose aux étudiants en aéronautique de se spécialiser à l'étranger. A l'image de l'ancien programme Erasmus, l'accès à des instituts ou universités spécialisés en aéronautique est facilité. Une large partie de ce programme est financée par des sociétés privées du secteur qui en tirent une image favorable. Ce secteur fournit de l'emploi, mais il doit recruter de bons éléments. L'image de technologie de pointe que véhicule ce secteur contribue à enthousiasmer et à fasciner les meilleurs étudiants. De plus en plus de collaborations avec les universités permettent de les inclure de plus en plus tôt dans la réalité de ce secteur. A fortiori, les principaux acteurs éveillent l'intérêt des enfants pour ce secteur très tôt. Ces dix dernières années, l'industrie aéronautique s'est vraiment positionnée comme pilier des formations techniques et garde l'intérêt de ses collaborateurs éveillé en leur octroyant des formations tout au long de leur carrière et des opportunités d'évolution intéressantes.

Une image saine mais ...

Avec une efficacité accrue, le nec plus ultra des innovations technologiques et un niveau écologique toujours plus élevé, l'aéronautique semble être le secteur à imiter. Au sein de l'Europe par exemple, 90% des passagers auront effectué leur voyage en moins de quatre heures (door-to-door). Cependant, l'automatisation des procédures et des trajets a conduit le secteur à la suppression de certains postes. Avec la diminution du nombre d'hôtesse de l'air par exemple, le voyage en avion semble se déshumaniser. Pourtant, le secteur emploie chaque année plus de personnes.

Les infrastructures, entre accélération des flux et intégration des territoires

Beaucoup d'entre vous se questionnent sur l'aéroport de 2050 et notre forum nous donne une petite idée de vos attentes. Revenons tout d'abord sur les modifications qu'ont opérées nos challengers ces quinze dernières années afin de mesurer l'étendue des changements possibles.

La corruption, un frein au développement

Tom Tyler estimait il y a une quinzaine d'années que 1900 milliards de dollars seraient investis dans la création d'aéroports. C'était vraisemblablement sans compter la forte corruption dont sont victimes le Brésil, la Chine, l'Inde, le Mexique, l'Afrique du sud et l'Indonésie.

Cependant, il est notable que ces derniers ont bénéficié de l'avantage de la page blanche. En effet, très mal équipés à l'époque, ces derniers ont pu s'inspirer directement de leurs voisins occidentaux afin d'optimiser l'intégration de leurs installations au sein d'un réseau fortement interconnecté.

Une intégration technologique

Il y a quinze ans, la pollution sonore limitait l'intégration des aéroports au sein des villes. Les progrès technologiques ont résolu ce problème mais ont également permis d'intégrer ces infrastructures de manière complète. En effet, ces véritables plateformes multimodales construites entre 2015 et maintenant sont desservies par des lignes ferroviaires amenant directement les passagers aux portes d'embarquement d'un terminal. Nous pouvons par ailleurs compter sur les hélicoptères et de nouvelles autoroutes pour desservir l'aéroport. Certains TGV relient même les aéroports entre eux et sont une solution alternative en cas de retards ou d'annulation de vols. Enfin, les dirigeables sont une solution subsidiaire intéressante pour le fret et de temps à autres, pour le transport de passagers. De plus, entre 2015 et 2030, la construction de nombreux petits aéroports en périphérie des mégapoles a permis de désengorger ces principales plateformes multimodales.

Une politique de grands travaux

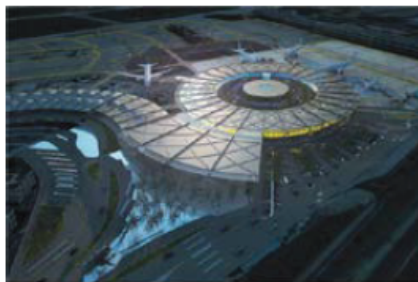
Le développement de ces infrastructures ferroviaires notamment au Brésil et en Chine a bénéficié à l'entreprise SYSTRA, leader dans les études ferroviaires. Ainsi cette politique de grands travaux des pays émergents a permis la création de marchés très importants et une

diminution du chômage de leurs populations.

Le déplacement et les infrastructures

Le nombre de passager est aujourd'hui deux fois plus élevé qu'il y a quinze ans. L'ensemble de l'infrastructure est orienté vers le gain de temps et la non-congestion des flux de passagers, d'appareils et de bagages. Des tapis lumineux indiquent systématiquement la direction que doivent suivre les passagers lors du débarquement ou de l'embarquement. Des couloirs aériens spécifiques sont réservés à chaque classe d'appareil. Le programme SESAR, du volet technologique du Ciel Unique Européen, est à son apogée et a permis d'optimiser le ciel et les infrastructures. L'efficacité des aéroports est accrue car les flux sont optimisés : par exemple, en diminuant le

nombre d'avions en attente d'autorisation d'atterrissage. Les hangars, eux-mêmes, ont évolué afin de remplir de nouvelles fonctions. En effet, de nombreux bras robotisés et système de fixation au sol permettent, de manière automatisée, de faire de très nombreux contrôles sur l'appareil. Ces hangars sont également équipés d'un système de contrôle non destructif de type scanner. Il permet de détecter certains dommages autrefois invisibles comme les cônes de délaminations au sein de la structure en cas d'impact. Des projets sont actuellement à l'étude afin de mettre en place un système au sein des hangars pouvant démonter entièrement les avions modules et remplacer les parties défaillantes. Le porte-parole d'Embraer a annoncé hier la mise en activité de ce hangar high-tech d'ici une dizaine d'années.



Vers une dématérialisation des aéroports

Entre 2015 et 2020 le Brésil a investi 6,5 milliards d'euros pour la construction d'aéroports. Il y a quinze ans, les pays émergents cherchaient des solutions pour financer des aéroports. Ils cherchent à présent des solutions pour rendre ce financement dérisoire. Bien que l'aéroport soit encore une nécessité, une réflexion s'impose à nous. Les infrastructures ont toujours du s'adapter aux appareils, pourquoi ne pas retourner la situation? Embraer étudie d'ailleurs un système commercialisable en 2040 d'hydravion moyen-courrier. Plus de 60% de la population brésilienne vit actuellement dans des métropoles de la côte atlantique. L'intégration des populations vivant à l'intérieur des terres est un enjeu majeur pour un pays comme le Brésil, d'où l'intérêt des hélicoptères de transports de grandes capacités mais ne nécessitant pas

d'infrastructures. Cet enjeu est aussi valable pour les zones côtières de l'Inde et de la Chine : les hydravions sur les côtes et plans d'eau évitent la construction d'infrastructures routières.



Un point sur la sécurité

Peu innovants de ce côté-ci, les pays émergents se sont alignés sur les normes de sécurité des pays occidentaux. Ceci se traduit non seulement par une fréquence de l'erreur humaine nettement diminuée mais aussi par un impact plus faible en cas d'erreur. Les technologies d'aide à la prise de décision sont l'un des principaux vecteurs de fiabilité. La sécurité, partie prenante d'un programme plus vaste dédié à tous les modes de transports, s'est considérablement améliorée. Les procédures de sécurité, au niveau des aéroports, sont non-intrusives et très rapides. Un système de pesée visuelle a été mis au point récemment et est à l'étude. S'il s'avère concluant, vous n'aurez plus besoin d'enlever tous vos objets et de les poser pour les passer au scanner. Ce système peut jauger la masse d'un objet et selon le type d'objet, définir s'il paraît suspect ou non. Si l'objet paraît suspect ou s'il n'est pas répertorié dans la base de données, un agent est averti et viendra contrôler son porteur. Ce système est fiable et marche dans la majeure partie des cas. Dans le cas d'une pochette d'ordinateur portable, le système définira qu'il s'agit d'un objet type ordinateur grâce à des rayons x et pourra estimer le poids de la pochette avec une grande précision. Des normes sont établies et si la pochette est trop lourde, le passager se fera inspecter. L'évaluation des risques est intégrée dans le processus de contrôle des passagers et des marchandises. Une série de données comme des renseignements personnels et la reconnaissance faciale et comportementale serviront, dans un futur proche, à détecter l'arrivée d'un passager dans l'aéroport. Couplée à la puce RFID (voir section technologie), ces nouvelles technologies réduiront drastiquement le temps de contrôle et de vérification. Les informations sont sécurisées et les réseaux de données sont imperméables à toute cyber-attaque. Le système de transport aérien des pays émergents est sujet à moins d'un accident pour dix millions de vols commerciaux. Il est aussi sûr que les vols européens. Pour les opérations spécifiques, telles que celles de « recherche et sauvetage », le but est de réduire le nombre d'accidents de 80% (en tenant compte de l'augmentation du trafic d'ici à 2050).

LE LEAN-MANUFACTURING, ENCORE ET TOUJOURS

Les contrôles ou « en cours » de passagers

Une vision lean-manufacturing de la perte de temps lors des contrôles qualifierait les passagers d'« en cours de produit » à cette étape. Source de non-productivité reconnue, les contrôles ont évolué de manière prodigieuse. Il est certes difficile pour les plus jeunes de le croire, mais quinze ans auparavant, les contrôles prenaient plus de cinq minutes. En effet, la révolution des contrôles a revu entièrement la notion de bagages et d'identité. Les bagages sont à présent, dans la majorité des cas, déposés dans des agences à proximité des aéroports puis envoyés un ou deux jours avant le vol par train. Ils sont examinés et mis en attente dans des casiers qui seront insérés directement dans l'avion le jour du vol. En cas d'impossibilité de dépôt les passagers doivent se présenter un jour avant le vol afin de déposer leurs bagages. Ils devront payer des frais supplémentaires. Les passagers sont examinés et scannés à partir du moment où ils entrent dans l'aéroport. La reconnaissance faciale détecte leur identité. Une fois leur identité acquise, le système suit leurs déplacements jusqu'à la montée dans l'avion. Leur identité n'est contrôlée qu'en cas de doutes ou de non-acquisition. Ils gardent en permanence leur bagage à main lorsqu'ils passent dans le couloir de scan (qui est également la passerelle d'embarquement) ce qui ne rajoute pas de temps de traitement supplémentaire. Si un objet illicite est détecté, la personne est évacuée et dirigée vers des agents.



Les bouleversements de l'industrie

Jean Botti, directeur de l'innovation d'Airbus Group, définit l'innovation comme « l'art de combiner une idée originale avec son potentiel industriel ». Avoir l'idée est certes décisif, mais encore faut-il la convertir en business. Il faut donc adapter l'idée à l'industrie. C'est, tout du moins, ce que pensaient les ingénieurs en 2015. Depuis, le monde industriel arbore un nouveau visage. Il est désormais possible d'adapter l'industrie et les infrastructures à l'idée.

L'industrie redessinée par l'avion module

L'industrie aéronautique a fait table rase sur ses anciennes infrastructures avec l'arrivée de l'avion module. L'idée, longuement peaufinée, a été ressentie comme un coup de tonnerre au sein du secteur aéronautique. Pour le moment, les possibilités restent limitées mais l'avion module existe bel et bien.

Les pays émergents se sont empressés d'acquiescer de nouvelles infrastructures et de nouvelles usines afin d'accueillir ce concept. Ils ont bien compris que l'innovation faisait la force des leaders occidentaux et leurs nouvelles usines sont propices à cela. Les idées n'émergent plus uniquement des centres de R&D. La flexibilité des usines permet de tester de nouvelles idées rapidement et sans interrompre la production. Ceci est particulièrement utile afin de tester les nouveaux modules. Jean Botti disait également « L'innovation sera demain autant dans le process que dans le produit ». C'est donc chose faite. La Chine a pensé à ce concept pour ses avions militaires. Ses commandes passées à Dassault exigent l'existence d'un module-réservoir changeable en moins de deux minutes pour ses avions de chasse. Cet avantage permettra une diminution significative du temps passé au sol.

Les robots au service de l'adaptabilité

Toutes ces avancées ont été possibles grâce aux progrès de la robotique. Les cobots interagissent désormais avec les humains et augmentent la cadence des lignes de production. Ceci permet de répondre à la demande croissante en avions des pays émergents. Les hangars ont beaucoup évolué (voir section infrastructures) grâce à de telles machines. En effet, des bras robotisés et des scanners

effectuent des contrôles et sont connectés aux cobots dans les usines. Ils leur transfèrent des informations de manière instantanée ce qui permet d'adapter la cadence et les tâches à effectuer en priorité. Ces derniers sont également capables de planifier leurs tâches afin de limiter la

non-productivité. Actuellement, le cobot est le meilleur ami de l'Homme.

L'avion module a été ressenti comme un coup de tonnerre

Il assiste les marins sur les porte-avions pour les tâches de maintenance et de réparation des appareils. Il occupe le même rôle sur les bases terrestres.

De nouveaux outils

L'impression 3D est le principal outil de maquettage et de prototypage à échelle réduite. Utilisé depuis plusieurs années par les pays émergents, il a gagné en fiabilité et précision. Il permet désormais de détecter certains défauts avant la mise en place de prototypes à taille réelle. La réalité augmentée, ardemment soutenue par Google, a fait un bond en avant fulgurant. Elle permet la visualisation des plans de construction en trois dimensions. Elle simplifie la gestion des étapes de vie d'un avion de la conception au recyclage des

pièces détachées. Les pays émergents, notamment le Brésil, s'en sont fortement inspirés afin de développer des modèles d'analyses et d'estimations permettant d'éviter des erreurs de conception. Avant le premier vol d'un prototype, plusieurs défauts et incohérences peuvent être détectés via ce système. La réalité

Illustration. Un modèle d'avion ajustable imaginé par des chercheurs de l'EPFL.

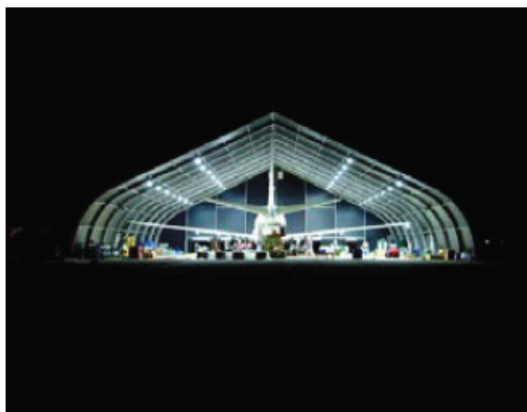


Pronostics pour 2050

« A terme, l'Airbus sera construit en Chine ». Le PDG d'Airbus ne s'était pas trompé il y a 15 ans. Les pays émergents vont profiter de la migration des constructeurs européens et nord-américains. Certaines avancées permettent un déplacement facilité des moyens de production. Les usines s'adaptent mais ne sont pas encore parfaites. A l'instar du « modulab » développé par la société Notox (voir annexe), l'industrie aéronautique va bâtir ses propres usines démontables et adaptables. Les usines-bateaux, bientôt utilisées par les sous-traitants chinois, permettent d'assembler des pièces durant le transport. La réalité augmentée n'a pas dit son dernier mot. Dans quelques années, la tour de contrôle sera capable de simuler, via un module de réalité augmentée, des trajectoires alternatives que peut emprunter un avion. Ainsi, en cas d'intempéries ou de conflits, la tour de contrôle communiquera au pilote le chemin adéquat. Ceci sera possible grâce à une immense collecte de toutes sortes de données, tant météorologiques que politiques. Nous avons tous adoré le dernier *Iron man*, surtout les nombreux bras robotisés venant démonter et analyser l'état de son armure. Nous pensons que d'ici 25 ans, les premiers essais de maintenance de ce type auront lieu dans un milieu aussi high-tech qu'est l'aéronautique tant dans le domaine civil que militaire.

TROIS AVANTAGES AU MODULAB...

Des usines écologiques et efficaces	Adaptation de l'infrastructure au marché ciblé	Rapprochement vers le marché cible
La base de ces usines est le module unitaire. Celui-ci est optimisé pour être le plus écologique et efficace possible. Les usines sont donc un assemblage de ces blocs ultra écologiques et efficaces.	Selon la taille du marché, il est possible d'ajuster la taille de l'usine par ajout ou retrait de modules supplémentaires. Toujours dans une vision lean-manufacturing, les flux sont donc constamment optimisés.	Les transports sont aussi optimisés. En effet, le module de base est rapidement transportable et assemblable. A l'instar d'Airbus aux Etats-Unis qui vend ses avions de fabrication américaine.



L'écologie, logique de but ou de conséquence ?

« Il y a une énorme pression sur l'industrie aéronautique pour qu'elle agisse », Paul Steele, directeur d'Air Transport Action Group. Cet adage vieux de vingt ans est toujours d'actualité puisque le secteur aéronautique est avant-gardiste en matière d'écologie. En témoignent les nombreuses innovations de ces quinze dernières années, ainsi que les projections vers des systèmes aériens plus propres développés par les pays émergents.

Le carbone, le matériau roi

Dans la chasse à la masse superflue, le carbone est un allié de taille. L'utilisation du carbone permet une diminution de la masse des avions et donc une baisse de leur consommation. Désormais, les avions fournis par des compagnies comme Embraer et Comac contiennent plus de 60% de composites de carbone. L'Inde et la Turquie n'en sont plus à leurs premiers coups d'essai et ont également prévu de commercialiser, dans quelques années, des avions à base de fibres de carbone. Les nanotubes de carbone ont le vent en poupe. A l'état de concept il y a une quinzaine d'années, ils sont désormais de plus en

plus répandus. Rien d'étonnant car avec une densité de courant admissible mille fois supérieure à celle du cuivre et une conductivité thermique quinze fois meilleure, il en est le remplaçant idéal vu les écarts de masses. La fulgurante augmentation de leur proportion est due à un nouveau procédé de fabrication qui bannit tout vide atomique dans la structure des nanotubes. De tels défauts peuvent diminuer la résistance physique des nanotubes de 15 à 18% mais aussi affecter leurs propriétés électriques et thermiques. Désormais, la totalité des déchets et plus de 50% des pièces en carbone sont recyclables et valorisables. Plusieurs compagnies brésiliennes soutiennent

par des centres de recherches nationaux tentent d'évincer la concurrence occidentale sur le dossier des piles à combustibles. En effet, depuis la découverte de la capacité des nanotubes de carbone à stocker l'hydrogène, l'industrie aéronautique a repositionné ces piles au centre de ses recherches. Cependant, les nanotubes de carbone inquiètent. Présentant des propriétés similaires aux fibres d'amiante, ils sont très bien absorbés par l'organisme. En cas de dispersion, ils pourraient créer des mésothéliomes ou venir s'intercaler entre certains cycles d'ADN. L'armée s'intéresse également à ce matériau révolutionnaire. Ce dernier, par son faible poids, permettra une

QUELQUES CHIFFRES ...



+ de 60% de composites de carbone dans les nouveaux avions



- 45% de carburant consommé entre 2015 et 2030



- 50% de pollution sonore près des aéroports et des habitations



60% de l'hydrogène encore fabriqué par des procédés peu écologiques



Taux de recyclage des pièces en carbone de plus de **50%**

augmentation de la réactivité des avions de chasse. Ces derniers consomment moins ils rentreront dans une logique d'écologie de conséquence et non de but.

Les piles à combustibles

Au vu de la croissance des pays émergents et de leur capacité d'investissement, certains ont joint leurs forces afin de pallier les défauts des piles à combustibles. L'une des propriétés phare des nanotubes de carbone a été exploitée : leur capacité à stocker l'hydrogène. En conséquence, des avions plus écologiques et plus légers. Reste cependant à résoudre les problèmes de stockage et de séparation car l'hydrogène n'est pas disponible à l'état naturel sur Terre. En tenant compte du procédé de fabrication, le bilan global est donc beaucoup moins favorable puisque 60% de l'hydrogène reste fabriqué à partir de bois et de sources d'énergie fossile (gaz naturel, pétrole).

Un nouveau venu ...

Les compagnies brésiliennes et chinoises, fortes d'un soutien accru de l'Etat, incorporent dorénavant des céramiques

techniques dans la structure de leurs appareils civils et militaires. En effet, ces dernières présentent non seulement une faible densité, mais aussi des propriétés mécaniques et électriques très intéressantes. Elles sont le substitut idéal à des matériaux présentant des propriétés similaires mais bien plus denses. Isolants à température ambiante, certaines céramiques techniques deviennent supraconductrices à basse température. Le gain de masse est assez limité pour le moment, mais l'utilisation des céramiques tend à s'intensifier dans les années à venir, ce qui se traduira par une diminution de la consommation de carburant. Enfin, ces céramiques, souvent biocompatibles, sont sans danger pour l'homme et l'environnement.

Clean sky, Clean sky 2 et Clean sky 3 des programmes de recherche pour un ciel plus propre

Les problèmes concernant la soufflante non carénée ou open rotor ont été résolus grâce à une nouvelle géométrie de pale et un système de filtration des ondes sonores générées. Une diminution de 20%

du carburant consommé a ainsi été obtenue. Les paires de pales contrarotatives sont également utilisées pour les vols courts et moyens courriers pour les turbopropulseurs. Ceci se concrétise par une diminution de 25% de la consommation de carburant. En ajoutant l'utilisation d'hélices en carbone titane (CTI), il est désormais avantageux de se servir des biomasses. De plus en plus de pièces sont redessinées et adaptées aux nouvelles normes environnementales, mais la grande nouveauté de Clean sky 3 est la participation de la Chine et du Brésil à ce programme. La migration des cerveaux vers les nouvelles technopoles de ces pays leur permet d'échanger d'égal à égal en termes d'innovation avec les pays occidentaux. Ces pays étant particulièrement friands de biocarburants, il fut décisif de les inclure dans Clean sky 3.

La fin du kérosène ?

Les biomasses sont l'un des atouts indéniables des pays émergents et ceci pour plusieurs raisons. Les investissements pour la production de biomasses ont presque été divisés de moitié en dix ans. Les procédés de fabrication ont été considérablement améliorés (augmentation du rendement pour le procédé Hefu, diminution des investissements nécessaires pour le procédé Fischer-Tropsch) ce qui s'est concrétisé par des vols d'essai de prototypes très concluants. Le principal frein aux biomasses reste le problème

Les piles à combustible, les nanotubes de carbone et les biocarburants sont en train de révolutionner le secteur ...



L'écologie, logique de but ou de conséquence ?

éthique que pose l'utilisation de tels carburants. En effet, l'explosion de la démographie s'est également accompagnée de besoins grandissants en nourriture. L'utilisation de céréales pour la production de biofuels est très controversée. Wursterian, le procédé Français novateur, permet de produire des biofuels efficaces à partir de l'algue verte polluant la Méditerranée.

Et l'électrique dans tout ça ?

L'avion électrique n'a pas encore convaincu. Reliant actuellement New-York à Paris en quatre jours, il ne s'avère pas être une concurrence efficace. En revanche, les installations entièrement électriques au sol sont devenues monnaie courante, et les BRICs, la Turquie et les acteurs majeurs du Moyen-Orient disposent d'infrastructures dernier cri. Tous les véhicules annexes sont électriques et une fois l'atterrissage effectué, l'avion ne consomme plus de carburant grâce à des moteurs électriques équipés sur les trains d'atterrissage. Il s'avère que les leaders occidentaux sont, la plupart du temps, les initiateurs de projets innovants. Les pays émergents s'en inspirent fortement dans le but de fabriquer des infrastructures et des appareils toujours plus écologiques.

Pronostics pour 2050 :

Les derniers réglages sur les piles à combustibles seront effectifs et leur industrialisation aura débuté. La contre-attaque occidentale sera néanmoins décisive puisque l'industrie européenne prévoit de lancer, en 2050, des véhicules à air nouvelle génération avec des moteurs plus écologiques et silencieux. De plus, les émissions de dioxyde de carbone par passager et par km auront diminuées de 75% pour soutenir l'objectif *ATAG* (*Air Transport Action Group*) et les émissions d'oxydes d'azote auront chuté de 90%. En parallèle à ces avancées écologiques, d'énormes campagnes de marketing ont été lancées par les Occidentaux en 2030. Elles ont promu l'utilisation des systèmes aériens pour le bien-être de l'environnement. Ils sont désormais considérés écologiques par le grand public. Les pays émergents auront largement rattrapé leur retard d'ici 2050. Les systèmes aériens sont, à présent, conçus et fabriqués pour être recyclables dans leur intégralité.

La pollution sonore sera un enjeu majeur et un dispositif de brouillage des ondes sonores sera déployé au décollage et à l'atterrissage mais aussi lors de passages à proximité de zones habitées. Ce système proviendra des recherches de l'armée chinoise sur les technologies de brouillage sonore et visuel.

Enfin, le réseau de distribution des biomasses sera effectif et couvrira l'ensemble de la planète de façon homogène. Les pays émergents auront un coup d'avance sur les Occidentaux puisqu'ils ajusteront leur production de matières premières en fonction des besoins en alimentation et des besoins de l'industrie aéronautique. Nous pouvons nous attendre à un avantage plus ou moins important du Brésil et de la Chine, et à une progression continue de la Turquie, de l'Inde et de l'Afrique du Sud.

SYNTHESE



En 2015, les géants de l'aéronautique tels qu'Airbus et Boeing se partageaient le marché et dominaient la fabrication des avions gros porteurs. Bien que cela soit toujours le cas, de nouveaux concurrents font leur apparition sur la scène internationale. Les besoins ont évolué et les passagers attendent d'autres services. Ainsi la demande des clients et donc des compagnies aériennes se modifie. Les pays émergents l'ont vite compris et se sont différenciés de leurs concurrents européens grâce à un soutien de l'Etat et des capacités de financement élevées. Leurs sous-traitants du domaine de l'aéronautique ont su être créatifs et innovants. Alors que les pays occidentaux se sont focalisés sur les modules de passagers et de transport de marchandises classiques, les pays d'Amérique du Sud développent des modules beaucoup plus originaux et diversifiés. Les constructeurs occidentaux sont toujours sur le devant de la scène. En effet, ils bénéficient toujours de leur image de marque, gage de qualité et de sécurité. Ils restent seuls dans le domaine des gros porteurs. Les pays émergents sont technologiquement très en retard dans ce domaine et tentent seulement depuis trois ans de développer des gros porteurs. Seuls la Chine et la Russie ont entrepris le développement de gros porteurs depuis les années 2010. Tenant compte du fait que le développement d'un tel appareil peut parfois requérir plus de quinze ans, ils restent pour le moment bien en retrait. La différence dans les années à venir se fera donc sur des domaines tels que l'avion module, le décollage vertical assisté, les réseaux de distribution des biofuels ou encore les hydravions moyens courriers. L'avion entièrement électrique reste encore un rêve utopique pour la coupe du monde de 2050.

En tant que partie d'un réseau de transport global interconnecté, les transports aériens seront sujets à de nouvelles alliances stratégiques entre les acteurs de l'aéronautique, les grandes compagnies ferroviaires et les compagnies maritimes. L'instantanéité des informations permettra même d'y inclure les services de covoiturage en cas de retard ou d'annulation de vol. L'aéroport sera ainsi entièrement redessiné à l'image de ce que nous tentons de vous proposer en annexe.

Les cycles se suivent et se répètent. Un peu comme si l'Homme n'apprenait jamais de l'Histoire. Les pays émergents vont se développer, se renforcer, jusqu'à devenir autonomes. Ensuite, ils investiront dans des pays en développement qui deviendront à leur tour des pays émergents et enfin des pays développés et autonomes. A bon entendre...

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les organisateurs du concours grâce auxquels nous avons pu nous découvrir une passion et acquérir une vue d'ensemble du secteur aéronautique. Ce concours a été l'occasion d'en apprendre beaucoup, mais aussi d'effectuer un travail de réflexion à plus long terme. Dans cette démarche, nous avons eu la chance de nous entretenir avec M. ROUYRE, responsable du bureau d'étude projet A350, que nous tenons tout particulièrement à remercier pour sa disponibilité et l'apport d'informations qu'il nous a fournies. Nous tenons aussi à remercier Yves DESCAMPS et Jérôme COTINAT pour nous avoir communiqué leur passion et avoir répondu à nos questions, ainsi que toutes les autres personnes qui nous ont aidés.

Enfin, moi, Jérôme WURSTER, je tiens à remercier Fabien KOUTCHEKIAN pour son abnégation dans le travail et pour avoir eu l'occasion de constater les difficultés d'un travail à l'international lorsqu'il fut au Brésil et en France.

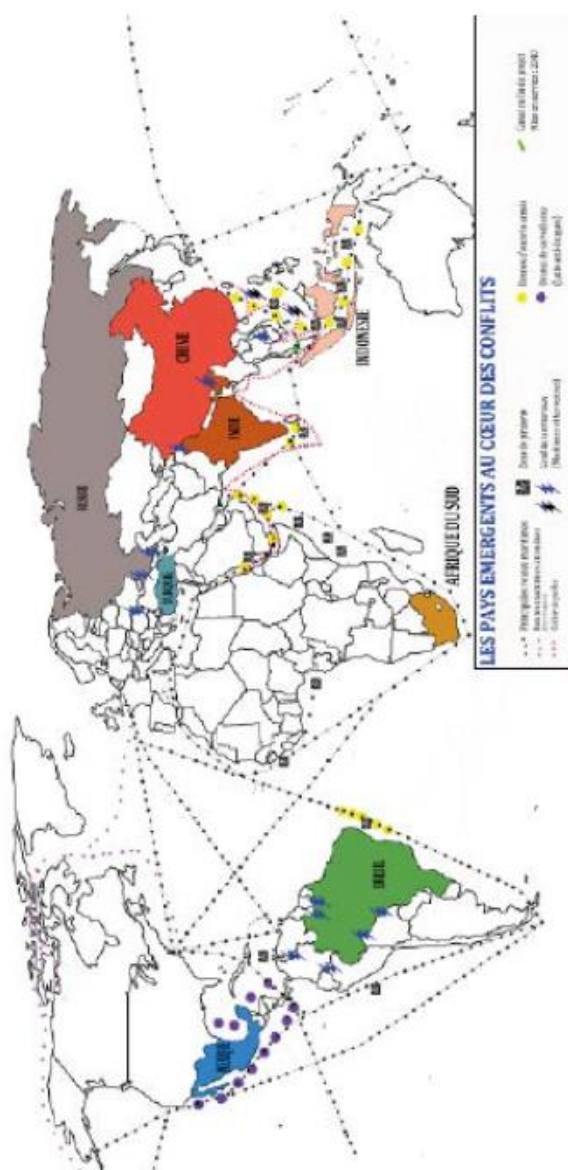
Et moi, Fabien KOUTCHEKIAN, je tiens à saluer le professionnalisme et le sérieux avec lequel Jérôme WURSTER a traité ce sujet malgré ses contraintes organisationnelles dues à son déménagement en Norvège. Enfin nous tenons à remercier l'école des Mines d'Alès, notre école, de nous avoir retransmis l'annonce du concours.

BIBLIOGRAPHIE

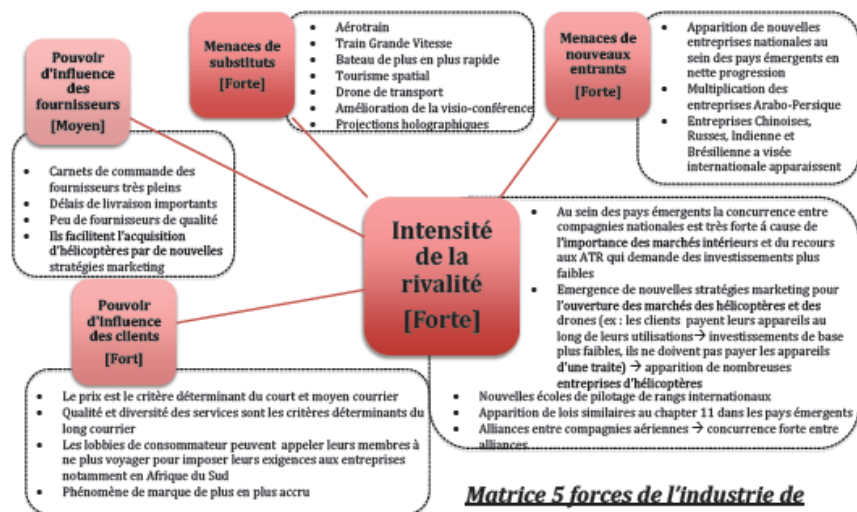
Cette bibliographie ne se veut pas exhaustive mais répertorie les principaux sites et ouvrages de notre documentation.

- Atlas des guerres et conflits (un tour du monde géopolitique), Amaël Cattaruzza.
- L'express n°12, juin-août 2014, Spécial aéronautique.
- Google alerts sur Airbus, Boeing et les pays émergents.
- Vision 2050, le rapport de l'IATA.
- Flightpath 2050 Europe's vision for aviation (High Level Group on Aviation Research).
- <https://www.actimovation.com/innovation/outils-innovation/les-5-forces-de-porter-méthodologie-de-la-matrice-5-forces>
- <http://www.usinenouvelle.com/article/tiree-par-les-pays-emergents-la-flotte-aeronautique-mondiale-devrait-doubler-en-20-ans.N274127>, article de l'Usine Nouvelle sur les prévisions des flottes.
- https://www.tresor.economie.gouv.fr/7372_les-grands-contrats-d'equipement-civils-conclus-dans-les-pays-emergents-au-tl-2013, des chiffres sur les équipements civils.
- <http://www.latribune.fr/entreprises-finance/industrie/aeronautique-de-fusee/20140410mb000824707/thales-seduit-hi-sui-pour-le-nouveau-dogme-d'une-marge-de-10-hmml-article-sur-la-strategie-de-thales>.
- <http://aerotrains.fr>, documentation sur l'aérotrain.
- <http://safran-group.com/site-safran/innovation/expertises/moteurs-du-futur?183>, de nouveaux moteurs.
- <http://heliciel.com/helice/helice/c20contrarotative.htm>, documentation sur l'hélice contrarotative.
- <http://www.solarimpulse.com/fr/#NAV6vdyZLbU>, l'avion électrique Solar Impulse.
- http://www.liberation.fr/monde/2014/02/14/john-kerry-en-mission-pour-calmer-l-appetit-territorial-chinois_980037, Article sur les conflits territoriaux à la frontière chinoise.
- <http://meridien.canalblog.com/archives/2006/02/27/1436705.html>, Explications du soft power.
- <http://www.journal-aviation.com/>, Site web spécialisé dans l'aviation.
- <http://www.smb.com.au/travel/the-future-of-air-travel-the-plane-with-clip-on-cabins-20130612-263nq.html>, Article sur un avion module imaginé par des chercheurs de l'EPFL.

Annexe 1 : Carte explicative des conflits au cœur des pays émergents

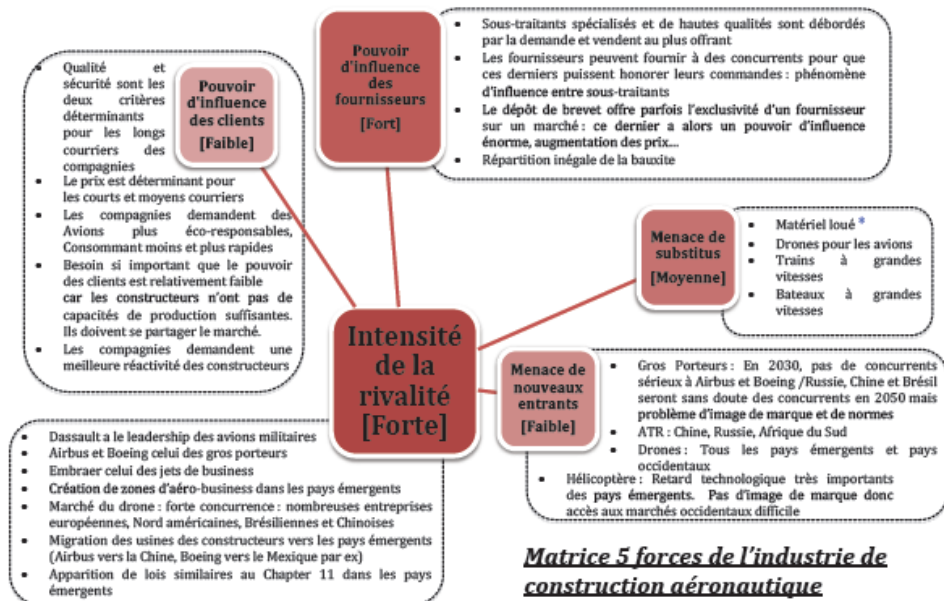


Annexe 2 : Matrices 5 forces



Matrice 5 forces de l'industrie de compagnies aériennes

Les matrices de Porter doivent être vues comme un état de la situation de la concurrence pour une industrie donnée. Elles permettent de visualiser les différents acteurs de la concurrence entre les entreprises d'un secteur. Elles ont le défaut de ne pas représenter distinctement l'influence des gouvernements sur un marché. Elles permettent de donner un indicateur clair aux entreprises du secteur ou voulant pénétrer le secteur. Par exemple dans le cas de l'industrie des compagnies aériennes la multiplication des concurrents peut pousser certaines compagnies à quitter le marché et investir dans des substituts. De plus l'interventionnisme des états donne des informations sur les niches de marché disponible. Ces dernières peuvent s'avérer des opportunités ou des menaces. L'ensemble des 5 acteurs de ces matrices traduit le niveau de concurrence, s'il est fort, modéré ou faible.



Matrice 5 forces de l'industrie de construction aéronautique

* Entreprises de leasing de drones pour les opérations massives de la police et les conflits internationaux / Entreprises de leasing d'hélicoptères et avions militaires des pays émergents (louent ce matériel aux navies de police aux ex-républicains, coréens et aux SMP)

Annexe 3: Explication du principe “modulab” développé par Notox

L'idée est d'appliquer ce principe révolutionnaire dans la fabrication de planches de surf à la fabrication de certaines pièces au début, puis à l'ensemble des composants d'un avion.

La société Notox a développé, en France, un laboratoire proposant une charte qualité environnementale et sécuritaire très précise.

1. traitement et dépollution de l'air du lab
2. réduction du bruit des machines pour un confort de travail
3. utilisation de produits non dangereux pour le nettoyage des outils
4. postes de travail ergonomiques et équipements spécialisés de protection individuelle au top
5. tri, recyclage et valorisation des déchets de production

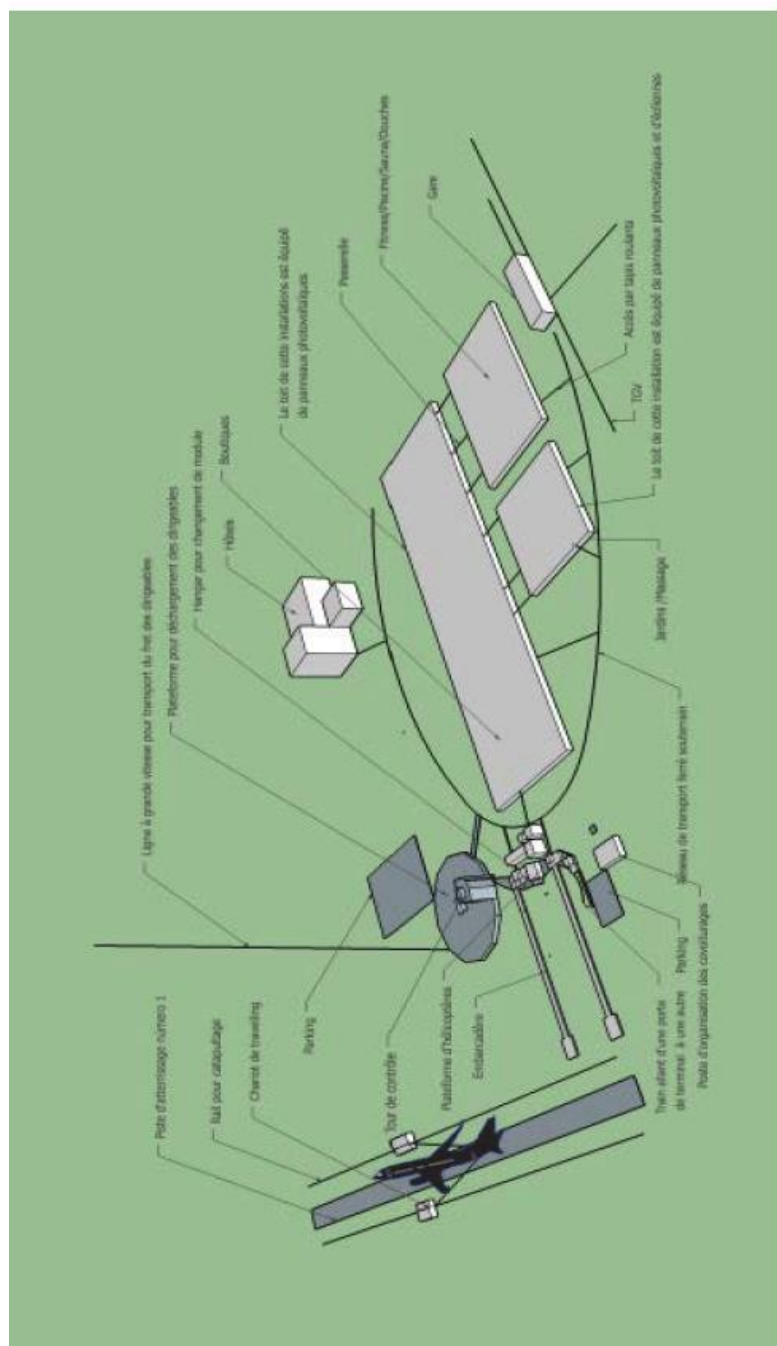
Ceci est une grande avancée dans le domaine du surf mais est déjà chose acquise depuis longtemps dans le secteur aéronautique. Toutefois, les fondateurs de Notox se sont demandés comment agrandir leur production tout en conservant leur normes écologiques et sécuritaires. Ils ont eu l'idée de rendre ce premier “lab” modulable (d'où le nom de “modulab”) et de le dupliquer. Ainsi, la somme de tous ces “modulabs” est toujours aussi respectueuse de l'environnement, mais permet d'accroître la production. De plus, ce “modulab” est transportable et facilement assemblable.



Ci-dessus l'illustration d'un “modulab”.

Source : <http://www.notox.fr>

Annexe 4 : Plan d'un aéroport en 2050



Prix spécial du Jury

Christelle LONGO

ESTACA

“Lors de mon premier vol en avion j’ai tout de suite été attiré par cet environnement : L’élégance des hôteses, les pilotes que je regardais avec admiration, l’excitation liée au voyage et cet Airbus qui m’intriguait et me fascinait à la fois...”

Après le baccalauréat et une année aux Etats-Unis, j’ai intégré l’ESTACA pour y suivre une formation d’ingénieure en aéronautique tout en prenant des cours de pilotage à côté.

J’ai beaucoup apprécié le sujet de cette année, celui-ci permettant de se projeter assez loin dans le futur et de réfléchir à une problématique intéressante sur l’évolution de la montée des pays émergents dans l’aéronautique. J’ai essayé de rester réaliste tout en laissant la porte ouverte à des idées un peu plus en rupture, afin de définir le plus clairement possible ma vision du paysage aéronautique en 2030.

Aujourd’hui en double diplôme à l’université de Cranfield (Air Transport Management), je souhaiterais par la suite m’orienter vers la stratégie ou le consulting”.

Christelle Longo

Le Jury a apprécié chez cette double lauréate du Student Award (2012 et 2014) la clarté de sa réflexion et le réalisme d’une analyse qui ne laisse aucun aspect de côté.

Les pays émergents dans le panorama aéronautique civil et militaire en 2030

La grande rupture, c'est probablement de cette façon-là que les cours d'histoire relateront cette période. Alors que les niveaux de vie commencent à converger, le monde n'a rarement été tant divisé. Les technologies et les pays autrefois considérés comme émergents ont évolué bien trop rapidement, bien plus rapidement que la capacité de l'Homme à s'adapter aux changements qui l'entourent. Si le paysage aéronautique n'a pas été transformé, il reflète cependant la désorganisation mondiale qui règne.

La place des pays émergents

En 2030, la Chine a depuis longtemps rattrapé et même dépassé les États-Unis en terme de PIB, alors que l'Inde et le Brésil sont devenus très influents dans le domaine de l'aéronautique. D'autres pays comme le Pakistan, l'Iran et le Mexique commencent à se détacher et à se positionner comme acteurs majeurs de l'aéronautique.

On observe depuis 2025 un très fort ralentissement de la croissance des pays émergents. En parallèle, leurs technologies commencent à être prises au sérieux par les occidentaux.

Les inégalités restent très fortes dans les pays émergents et les pays occidentaux ont toujours un poids important dans l'aéronautique.

La recherche et l'éducation : Des paris gagnants

« Les étudiants d'aujourd'hui sont les ingénieurs de demain ». Au milieu des années 2010 les universités chinoises se développent et commencent à se démarquer dans les classements les plus prestigieux. En 2030, le top 5 n'est plus réservé aux universités américaines avec l'entrée en 5^e position de l'Université de Beijing BUAA (Beijing University of Aeronautics and Astronautics), particulièrement reconnue pour sa formation en aéronautique. L'Inde qui 20 ans auparavant investissait massivement dans la recherche,

possède de nombreux ingénieurs reconnus dans le monde entier et devient une référence dans le secteur.

Tensions économiques

La Chine a pendant longtemps été accusée de sous-évaluer sa monnaie et donc de favoriser les exportations. Celle-ci a été contrainte de la réévaluer suite à de nombreuses manifestations du peuple chinois réclamant l'accès à une vie de meilleure qualité et notamment à la possibilité de voyager. Une autre raison serait la pression mise par les Etats-Unis en ce qui concerne des taxes potentielles sur les produits chinois. Cette réévaluation a mis à mal la croissance chinoise quelques temps, jusqu'à ce que le pays se réorganise.

Les tensions associées aux valorisations de monnaies ont fait ressurgir de nombreux débats sur le retour à l'étalon or. Nombreux pays ont autorisé les paiements en or. Les PEA (pays émergents de l'aéronautique), désirant échapper au système de paiement SWIFT, utilisent en 2030 ce moyen de paiement pour de grosses transactions, notamment dans l'aéronautique

Les PEA (Pays Emergents Aéronautique)

Les pays appelés Pays Emergents Aéronautique sont ceux qui ont connu une forte croissance dans le secteur ces 20 dernières années. On retrouve notamment les BRIC (Brésil Russie Inde Chine), mais aussi le Mexique, le Moyen-Orient, l'Afrique du sud, la Turquie et le Pakistan.



Dates clés

*2012 : Importations de
pétrole Iranien payé en Or
par la Chine*

2020 : Réévaluation du Yen

Aéroports et compagnies aériennes

Des aéroports sur l'eau et décentrés

Alors que la plupart des pays Européens et Américains possèdent principalement des aéroports centrés autour des grandes villes, la plupart des pays émergents ont opté pour des aéroports décentrés. Moins de nuisances sonores, plus d'espaces et des avions qui circulent 24h/24, les aéroports sont devenus de vraies villes desservies directement par le développement de voies ferrées ainsi que de nombreux bus électriques.

Malgré les fortes oppositions liées à l'environnement, de nombreux aéroports ont été construits sur l'eau, par manque de place ou bien par stratégie. Les aéroports n'hésitent plus à tenter de se démarquer de la forte concurrence entre les grands hubs internationaux, on y retrouve des hôtels, des salles de réunion, des supermarchés, salons de beauté et même des garderies.

Ces aéroports ont permis aux pays émergents de mieux gérer l'augmentation de trafic et de devenir des Hubs importants et de choix pour de nombreuses compagnies aériennes. Ils ont en effet profité de la forte et rapide augmentation de trafic que les pays occidentaux n'ont pas su absorber.

En particulier, le Moyen Orient et la Turquie ont construit des aéroports stratégiques entre l'occident et les PEA

Nouvelles destinations touristiques

En parallèle avec le développement des aéroports dans les pays émergents, un nombre important de nouvelles destinations touristiques est apparu.

D'abord principalement utilisés comme des Hub, pour des voyages d'affaires ou pour les locaux partant en vacances, ils ont très vite été utilisés pour promouvoir des régions au fort potentiel touristique.

L'économie s'est alors retrouvée boostée par le développement des infrastructures de tourisme. Cela a permis notamment la création d'emplois dans des régions qui avaient plus de difficultés à se développer en raison de leur distance aux centres villes.

Des compagnies dédiées aux touristes commencent à émerger un peu partout dans les PEA, notamment en Chine, en Inde et au Brésil.

La suprématie des compagnies aériennes "émergentes"

Alors que les compagnies occidentales tardent à renouveler leur flotte grandissante, en 2030 les compagnies émergentes possèdent les avions les plus récents. Ces compagnies bénéficient pleinement de leurs avantages et des économies d'exploitation réalisées par rapport aux anciens avions. Cela leur permet de maintenir des prix toujours plus concurrentiels. En 2030, 4 des 5 plus grands compagnies mondiales sont des compagnies provenant des PEA. Celles-ci bénéficient d'une excellente réputation à l'occident et les occidentaux sont de plus en plus nombreux à délaisser leurs compagnies nationales pour la concurrence.

Le Boom de l'aviation d'affaire dans les PEA...

L'aviation d'affaire a explosé dans les PEA. Certaines grandes entreprises chinoises et indiennes possèdent même leurs propres avions d'affaires et s'implantent stratégiquement autour des aéroports secondaires pour recevoir les clients.

... Et le développement des aéroclubs

L'augmentation des niveaux de vie dans les PEA a entraîné le développement de nouveaux loisirs. Le nombre d'aéroclubs a été multiplié par 3 lors de ces 15 dernières années. L'augmentation d'avions de tourisme a imposé aux PEA d'adopter des nouvelles règles.

Stratégies Marketing

Les PEA ont très vite compris l'intérêt que leur portaient les occidentaux en terme de marché.

Alors que les aéroports occidentaux sont à la limite de la saturation, les nouveaux aéroports des PEA ne fonctionnent toujours pas à pleine capacité.

De nombreux accords ont été signés entre des compagnies aériennes, avionneurs, fournisseurs et PEA afin d'échanger des créneaux de vol en échange d'un apport technologique.

Cela a entraîné des discussions très complexes et se déroulant sur plusieurs mois. Les compagnies nationales faisant pression sur les entreprises locales et les entreprises locales étant réticentes à donner des technologies sans y voir un intérêt direct. C'est en général sur des pourcentages de bénéfices que les entreprises acceptent de partager certains de leurs acquis technologiques.

Une plateforme en plein milieu de l'océan ?

Depuis 2025, des discussions sont en cours pour l'installation de deux aéroports en plein milieu de l'océan. Le premier serait implanté entre l'Europe et les Etats-Unis et le second entre l'Asie et les Etats Unis. Les PEA qui ont lancé le projet espèrent obtenir le soutien et une aide financière des occidentaux. L'objectif des PEA est de créer 2 hubs principaux qui serviraient de redistribution dans les hubs secondaires. Les occidentaux sont réticents en raison de la « division » qui pourrait résulter des deux nouveaux aéroports.

Nouveaux Business plans

Les pays émergents ont su innover en terme de business plan. Des nouvelles compagnies ont vu le jour au milieu des années 2020 avec une vocation précise: maximiser leur taux de remplissage pour un prix minimum. Les passagers choisissent des plages horaires de départ ainsi qu'une date limite pour la confirmation d'un vol et le prix maximum qu'ils souhaitent payer pour le billet. Des algorithmes élaborés par des ingénieurs Indiens remplissent des avions virtuels et planifient des vols selon les créneaux disponibles des compagnies ou les possibilités d'échanges de créneaux avec d'autres compagnies au fonctionnement similaire. Ce business plan n'est valable que pour les PEA où les aéroports ne sont pas saturés et donc où les créneaux sont flexibles.

Une nouvelle tendance s'est aussi développée, particulièrement en Chine où les voyages d'affaires sont devenus beaucoup plus récurrents. Des sites de « coavionage » ont fait leur apparition. Ils permettent aux hommes d'affaires qui possèdent leur propres avions de proposer des places inoccupées lors d'un vol. Ce système a séduit car permet aux propriétaires de choisir leur heure de départ tout en ayant des frais diminués grâce à l'emport d'autres passagers.

Lutte contre le terrorisme

En 20 ans des nouvelles formes de terrorisme se sont développées. Les avions étant de plus en plus automatisés, les compagnies aériennes craignent des détournements d'avions à distance comme cela a été fait pour de nombreux drones. Le cyber terrorisme s'est nettement étendu et plusieurs avions ont noté des tentatives d'intrusions sur leur plan de vol.

Vers un retour des compagnies occidentales ?

Alors que tout semble aller pour le mieux du côté des compagnies des PEA, les compagnies occidentales préparent leur grand retour. En effet les avantages concurrentiels qu'avaient les PEA sont en train de diminuer petit à petit. Les compagnies occidentales modernisent leur flotte et espèrent profiter de la réduction des écarts de salaires pour revenir sur la scène internationale.



Guilin (Chine), 1ere destination touristique en 2030



Ces aéroports qu'on aime visiter (Mexique, Inauguré en 2025 après de nombreux retards)

Les drones en plein essor

Après le succès de son premier avion furtif, la Chine a lancé en 2025 la 2e génération : Lijian 2



L'invasion des drones chinois

En 2015, la Chine commence à faire ses preuves et à montrer son haut potentiel en termes de drones. Très vite, celle-ci concurrence les Etats-Unis et les drones chinois ont envahi le paysage aéronautique international. La Chine possède aujourd'hui la plus grande zone mondiale dédiée aux drones, zone que certains surnomment la « Silicon Valley du Drone ». Amazon a fortement contribué à l'essor des drones chinois avec l'achat en 2020 de plus de 5 000 drones pour assurer les livraisons. Plus récemment, la Chine a aussi créé la première compagnie de drones postaux pour particuliers. L'AéroComac, de la Comapostale (filiale de Comac créée en 2025) est vendu dans les zones couvertes par le service.

Drones de combat

La multiplicité des drones a démontré des avancées technologiques considérables.

Une zone d'ombre est cependant à noter car les drones ont apporté avec eux de nouvelles formes de guerres. De nombreux écarts ont été commis ces dernières années. Des dealers ont utilisé des drones afin de transporter de la drogue et autres substances illicites, notamment au Mexique et au Brésil. Les

interventions ne se sont pas toujours bien déroulées et ont impliqué de nombreux civils, ce qui a causé la colère de l'ONU.

Des réglementations en retard

Les PEA ont pris du retard sur la réglementation et l'encadrement de leurs drones. Suite à de nombreux accidents matériels, les premiers couloirs droniques commencent cependant à faire leur apparition.

Des drones espions

Les drones étant à présent accessibles à tous, il a été observé une démocratisation des drones espions. Que ce soit pour espionner son conjoint ou bien les grandes entreprises à fortes valeurs technologiques, des drones sont interceptés tous les jours. Les pays de l'Occident les utilisent pour surveiller les avancées des PEA alors que les PEA tentent d'acquérir des nouveaux savoirs.

Ces drones espions ont vu naître de nombreuses tensions entre la Chine, Japon, les Etats-Unis et l'Inde.

1ers essais de vols sans pilote – Russie ?

Les premiers essais de vols sans pilote commencent à avoir lieu. L'idée est d'intégrer progressivement les drones civils parmi les avions plus traditionnels. Ces drones ayant des capacités de plusieurs passagers, effectuent leurs premiers vols « à vide ».

«Etre tranquillement installé dans son canapé et se sentir observé. Les drones sont partout, voient tout, et contraignent à vivre volets fermés ceux qui veulent préserver un minimum d'intimité. »

Evan Wilson, New York 2032

“Egaré lors d’une randonnée, c’est un drone à détection thermique qui m’a retrouvé !”

Xin Yuang, Chine 2029

« La zone n'était plus sûre, il fallait partir. Des combats allaient avoir lieu dans la zone près de chez nous afin d'intercepter des potentiels drones espions américains, et il fallait s'éloigner. Avant de partir, mon père vérifia que notre AéroComac n'avait pas déposé sa convocation au prochain congrès exceptionnel. Il en sortit un courrier et me tendit le dernier numéro de aerocosmos. »

Serghei, Russie 2028

Avions civils : La retard des PEA

Comac : La difficulté de s'imposer

Les avions chinois ont mis du temps à convaincre les occidentaux. Livré à ses débuts exclusivement à des compagnies asiatiques, le Comac a dû faire face à de nombreux incidents non sans rappeler le début du TGV en Chine. En plus d'avoir accumulé de très nombreux retards affectant sa crédibilité, le Comac dans sa première version à déçu en raison de nombreux objectifs non atteints et n'a pas su se détacher face aux avions remotorisés des deux géants Airbus et Boeing (737 Max et A320 Neo)

Cependant ces avions commencent à faire leurs preuves et certaines compagnies occidentales attendent leurs premières livraisons

Des avancées dans les monocouloirs

Beaucoup de pays émergents ont dans le même sens que Comac lancé des projets de monocouloirs. La Russie a l'expérience de son Superjet 100, et la Turquie travaille actuellement sur la conception d'un avion de 150 places.

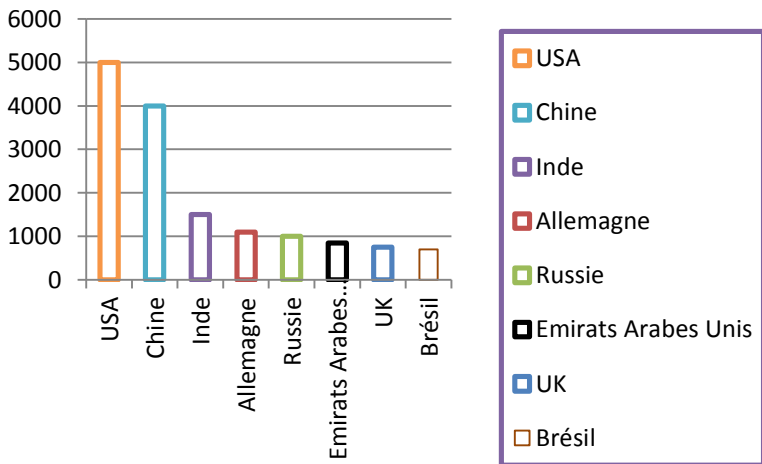
Retards des PEA sur le long courrier

Entre 2020 et 2030, de nombreux projet d'avions long-courriers ont émergé, notamment entre la Chine, la Russie. Cependant ces projets ont tous été rapidement abandonnés en raison des tensions politiques mais aussi du manque de connaissances techniques. Le marché est donc toujours dominé par Airbus et Boeing pour les vols longs courriers.

L'Exeption d'Embraer

L'avionneur Brésilien Embraer n'a quant à lui plus rien à prouver depuis longtemps. L'augmentation du trafic s'est répercutée très fortement sur les commandes et a obligé l'avionneur à installer des nouveaux sites de production partout dans le monde. Embraer s'est associé à de nombreux pays et rivalise aujourd'hui avec les plus grands.

Encouragé par le succès de son Phenom, Embraer annonçait en 2020 un nouveau projet pour 2030 : un avion à l'architecture adaptée pour des vitesses de croisières plus faibles. L'annonce a beaucoup étonné dans le monde aéronautique mais Embraer n'a pas plié. En effet, un avion prévu pour des vols à plus faibles croisières consomme beaucoup moins qu'un avion traditionnel en vitesse plus faible, car son fonctionnement nominal est plus adapté. Sur une distance régionale la différence en abaissant légèrement la vitesse est moindre et n'est donc pas particulièrement ressentie par les passagers. En revanche cela peut permettre aux compagnies de faire des économies d'exploitations importantes. Ce projet a engendré de nombreuses RFI (Request For Information) et les actions de l'avionneur ont monté en flèche.



Ryanair a commandé en 2028 plusieurs Comac, faisant taire les rumeurs de rapprochement avec l'avionneur dans le but de faire plier Boeing sur des prix plus attractifs

Alliances, go-alone et stratégies militaires

Inde centrée sur la défense

Alors que l'Inde semblait avoir quelques projets liés à l'aviation civile il y a 20 ans, celle-ci s'est à présent concentrée sur le domaine où elle excelle le plus : la défense. Les ingénieurs indiens ont notamment pensé et conçu des systèmes électriques de pointe utilisant des supercondensateurs et des batteries lithium-air pouvant être appliqués dans l'aéronautique militaire dans quelques années.

L'Inde et la Russie

Depuis 15 ans, les relations entre l'Inde et la Russie se sont fortement consolidées. Malgré quelques tensions à la fin des années 2010 liées au rapprochement de la Russie et du Pakistan, le succès du projet Sukhoi/HAL FGFA (Fifth Generation Fighter Aircraft) a fortement consolidé les relations entre les deux nations et a été source de nombreux projets communs pour le futur.

En 2025, les deux nations, motivées par un objectif commun ont créé une alliance afin de contrer et rivaliser avec la Chine : L'AIRA (Alliance Inde Russie pour l'Aéronautique).

Cette alliance a notamment accéléré la fin de la conception d'un avion 6e génération Russe grâce à un apport financier très important de l'Inde.

Chine et Pakistan

Les bonnes relations entre la Chine et son voisin le Pakistan ne sont pas récentes, de même que leur collaboration en termes d'aéronefs militaires. Tout comme la Russie et l'Inde, ils ont eu un certain succès avec le JF-17 Thunder exporté dans de nombreux pays étrangers. Le succès de cet avion

directement en compétition avec le MiG29 Russe a relancé des tensions entre les deux pays.

Succès d'Embraer

Le géant Embraer s'est nettement orienté vers le domaine militaire ces dernières années. Fier du KC390, l'avionneur a annoncé récemment la conception d'un nouvel avion répondant aux demandes des pays d'Amérique du Sud.

... et l'essor surprenant de la Turquie

Bien que la Turquie ait reçu une importante aide venant de l'Europe, en particulier de la Grande Bretagne et de la Suède, celle-ci possède à présent son propre avion 5^e génération

Des projets trop ambitieux ?

Portés par leurs réussites dans le domaine militaire, les pays émergents travaillent sur de nombreux projets qui amusent les occidentaux par leurs délais excessivement courts et leur ambition faramineuse. Beaucoup pensent que les Occidentaux essaient simplement de déstabiliser les pays émergents qui semblent avoir atteint – militairement- les mêmes niveaux que les occidentaux.

Les 1ers avions 6^e génération

La Russie et la Chine ont chacune lancé cette année un avion de 6^e génération. Ces avions sont autonomes et permettent aux pilotes de se concentrer sur des cibles ou bien d'être éjectés automatiquement dans le cas où ils perdraient connaissance. Ces avions ont la particularité de pouvoir être pilotés à distance et ne sont plus limités par le nombre de G tolérable par un pilote de chasse. Ces avions concurrencent directement le remplaçant du F-35 annoncé par les Etats-Unis pour l'année prochaine.



Embraer a livré en 2029 le 700e KC-390



Réception du 5e porte avion Chinois en 2028

Supply Chain et Production

Chine : Le onshoring des Occidentaux

A la fin des années 2010, de nombreuses entreprises de défense européennes ont fait le choix stratégique de s'installer en Chine.

Aujourd'hui, ces entreprises commencent à sérieusement reconsidérer le onshoring.

Les compagnies émergentes de ces deux dernières années ont tendance à privilégier les monocouloirs d'origines chinoises. Les avantages liés à la supply chain sont donc moins prédominants qu'il y a 15 ans. Aussi, les écarts de salaires entre la Chine et les pays occidentaux ont été drastiquement réduits et rendent la main-d'œuvre chinoise moins rentable.

Inde et Mexique : Des zones d'assemblage stratégique

Si la Chine commence à faire douter, l'Inde et le Mexique sont toujours des Eldorados pour les entreprises européennes et américaines.

Le Mexique possède aujourd'hui le premier parc aéronautique mondial : Querétaro-Chihuahua. La plupart des avionneurs européens et américains y ont installé une chaîne d'assemblage. Des discussions seraient aussi en cours avec la Chine qui espère vendre ses premiers Comac en Amérique du Sud.

L'Inde propose toujours des coûts de main-d'œuvre extrêmement compétitifs (2 fois plus que le Mexique) et entretient depuis plus de 15 ans d'excellentes relations avec les entreprises qui s'y sont implantées.

La technologie 3D au service de l'aéronautique

Si les Américains ont été les premiers à développer des imprimantes 3D en série, les chinois ont très vite su en tirer les avantages. Avec la démocratisation de ce type d'imprimante, de nombreuses entreprises se sont créés et ont proposé des plans pour des pièces aéronautiques à imprimer directement d'une imprimante 3D. Cela a permis notamment de supprimer les coûts de main-d'œuvre, d'affranchir les problèmes liés aux délais de livraisons et les frais liés aux transports. Compagnies et avionneurs ont ainsi accès à des centaines de plans et pièces de manière quasiment instantanée et pour un prix à l'impression. Les pièces peuvent être dessinées directement grâce à des tablettes 3D et les ingénieurs peuvent ainsi répondre rapidement aux demandes spécifiques.

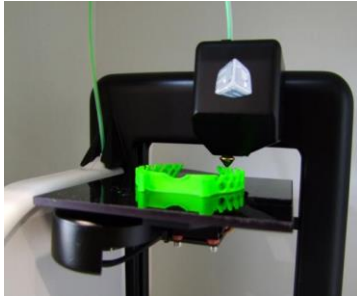
Le Chine et l'Inde prévoient la commercialisation d'imprimantes beaucoup plus volumineuses qui permettraient de créer des pièces de tailles plus importantes qui répondraient mieux aux domaines de l'aéronautique civile et militaire.

Des imprimantes 3D ont été installées par les avionneurs dans la plupart des sites d'assemblages, mais aussi sont utilisées dans les centres des compagnies aériennes.

Création d'un centre assemblage final PEA

L'essor des PEA a beaucoup compliqué les supply chain et posé notamment des problèmes d'intégration liés à la multitude de fournisseurs et de locations. Pour encourager les pays étrangers à produire chez eux, l'Inde, La Turquie, L'Indonésie ainsi que la Chine ont décidé de créer un centre commun, interface entre les PEA et l'occident.

Ce centre n'est aucunement un lieu d'assemblage, mais un lieu de redistribution et de rassemblement. Les pièces sont réunies avant d'être stockées puis livrées ensemble, ce qui facilite l'organisation du client qui reçoit ces pièces en même temps.



Au début des années 2030, la plupart des équipementiers et compagnies possèdent des



Emplacements du plus grand parc aéronautique mondial

Salaires mensuels moyens en 2030

(en \$)

Chine: 2000

Inde: 500

Mexique: 1100

Russie: 2800

Turquie: 3900

Etats-Unis: 4500

Ecologie, Environnement

La Chine pionnière en super-condensateurs

Les chinois ont investi énormément d'argent dans les super-condensateurs et espèrent remplacer la RAT (Ram Air Turbine) de leur futur Comac par l'association éventuelle d'un super-condensateur et d'une batterie ou pile à combustible afin de stocker l'énergie qui ne peut être stockée dans les super-condensateurs.

En effet, ceux-ci ont la capacité de se charger de manière très rapide mais ne peuvent pas encore charger une quantité d'énergie suffisante. Les chinois utilisent les super-condensateurs depuis plusieurs années, notamment pour faire rouler certains bus 100% électrique.

Vous avez dit écologie ?

Bien qu'affichant des politiques ouvertes à l'écologie et étant à l'origine de nombreuses campagnes visant à préserver l'environnement (notamment au niveau des éclairages dans les aéroports), la participation des PAE – comme de beaucoup de pays – à l'écologie a été principalement motivée par les économies pouvant être engendrées. Aurions-nous conçu des avions qui consomment moins si cela ne permettait pas à long terme de faire des économies ?

Les PEA ont reçu de nombreuses critiques venant des pays émergents qui leur ont demandé de réduire leurs émissions. Des tensions politiques ont résulté des accusations, d'autant que beaucoup d'entreprises occidentales sont implantées dans les PEA et contribuent indirectement aux émissions.

3%

Des émissions mondiales de Co2 (4% hors PEA)

7%

De l'utilisation des ressources de Kerosene mondiales (9% hors PE

La Grande Rupture

Un monde fragilisé...

Les évolutions rapides ont beaucoup amélioré la qualité de vie des PEA. Cependant, les changements se sont faits trop rapidement, sans temps d'adaptation entre chaque phase.

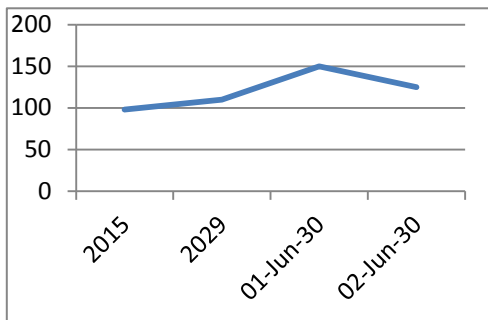
En conséquence, les PEA sont plus puissants mais semblent extrêmement fragiles, dans un secteur où de nombreux imprévus peuvent survenir et où les marges opérationnelles sont relativement faibles

Des tensions énergétiques et écologiques

Les apports technologiques ne sont plus suffisants pour réduire l'impact écologique. Cela faisait 20 ans qu'on en entendait parler et cela a fini par arriver : le pic de pétrole a été atteint. La nouvelle a fait l'effet d'une bombe et a semé la panique dans les compagnies aériennes. Celle-ci a augmenté instantanément le prix du baril de pétrole de 30%, avant une stagnation à 15%.

Les importateurs de pétrole ont menacé les exportateurs de fermeture de leur espace aérien et de boycott des pays concernés. Il semble alors indispensable de prendre des mesures pour l'avenir afin d'éviter de gros changements dans le secteur aéronautique.

Figure 2 Evolution du prix du baril de pétrole (en \$)



Compte-rendu du congrès des PEA

- 7 jours de discussions
- Des réunions communes et privées
- 500 représentants
- 37 nations (PEA + invités des nations de l'occident)

Objectif : Poser aujourd'hui les bases pour 2050

Environnement et Croissance ?

Croissance n'est pas incompatible avec environnement. Voilà la conclusion qui émana après deux jours de discussions. Les pays possédant les technologies « green » les plus développées ont accepté d'aider les autres en leur transmettant leur savoir. Les universités vont proposer des formations orientées écologie afin que des ingénieurs aéronautiques soient spécialisés dans la réduction des émissions et en supply chain écologique.

« Il a été décidé de créer une banque écologique ».

La plupart des pays ont acceptés de participer à la création d'une banque écologique ayant pour objectif la mise en commun des savoirs et techniques dédiés à l'environnement.

Intégration de la Chine dans l'AIRA

Alors que cela semblait inconcevable il y a encore 5 ans, l'Inde et la Russie ont décidé de rentrer en négociations afin de faire rentrer la Chine dans l'AIRA (qui deviendrait alors l'ACIRA) d'ici 2035. L'objectif est notamment un regroupement des compétences en termes d'aviation civile afin de réussir à lancer enfin le premier avion civile long courrier à succès des PEA

Mesures concernant les drones dans les PEA

Il a été décidé la mise en place de mesures strictes réduisant l'utilisation des drones. Un accord a été instauré et prévoit le développement de couloirs droniques dans les 20 prochaines années. L'objectif est d'encourager le développement des drones tout en assurant au maximum la sécurité. De nouvelles normes vont être instaurées notamment en termes de certification. L'objectif à long terme est de trouver un accord commun avec les pays occidentaux afin d'éviter les nombreuses tensions engendrées par les drones.

Faire face à l'open rotor des pays de l'Occident



*A l'aube de la sortie du tout
nouvel avion open rotor
d'Airbus, la concurrence est
plus que jamais présente.*

Annexe : Petit aperçu de 2050...

« Papa a dit que vous vous étiez équipé du tout dernier AéroComac... J'ai voulu l'inaugurer en vous envoyant un colis un peu particulier.

Le dernier vol de l'Airbus A320 aura lieu dans un mois et je sais à quel point vous étiez attachés à cet avion. Travailler pour l'ACIRA à ses bon côtés et J'ai pu obtenir 2 places pour ce dernier vol. Je suis ravie de vous les offrir.

J'ai assisté hier au premier vol d'un avion de ligne propulsé entièrement de manière éclectique et je trouve du coup la symbolique assez forte. La fin d'un avion emblématique, et le début d'un autre. La commercialisation n'est pas encore pour tout de suite, mais nous avons bien ressenti que nous étions en train de vivre un grand moment dans l'histoire de l'aviation. Je crois que cette réussite est l'aboutissement de toutes les améliorations qui ont été faites ces 20 dernières années dans de nombreux domaines. Au fond, que cet avion soit Chinois, Européen ou Américain... Il représente à lui-même un véritable accomplissement et devrait apaiser définitivement les tensions politiques liées à l'augmentation du prix du Kérosène.

Je suis très occupé en ce moment, notamment par l'intégration prochaine du Pakistan, du Brésil et du Mexique dans l'ACIR »

Ragesh, India 2050

L'ACIRA enregistre sa 1000^e commande

10 ans après la commercialisation de son premier avion long-courrier, l'ACIR 3000, l'ACIRA fête aujourd'hui sa 1000^e commande.



Le monde, 2051

Photographies :

- <http://www.20minutes.fr/high-tech/858614-2012-magie-impression-3d-assaut-grand-public>
- <http://www.az-aviation.com/forum/embraer-kc-390-l-iae-v2500-propulsera-l-appareil-t1514.html>
- <http://genelhavacilik.blogspot.fr/2012/04/nasa-and-general-electric-have-teamed.html>
- <http://parenthesemexicaine.blogspot.fr/2009/11/de-retour-de-notre-1er-voyage-queretaro.html>
- <https://www.zip-world.fr/Vols-Partenaires/CathayPacific>



Fondée en 1959 à Paris, l'Association **USAIRE** regroupe plus d'une centaine de représentants de l'industrie américaine et européenne des secteurs de l'aéronautique, de la défense et du high-tech. Elle est le seul forum permanent qui offre à ces acteurs clés une plate-forme d'échange.

Aujourd'hui **USAIRE** est un réseau transatlantique qui, au-delà de simples relations professionnelles et culturelles, a pour objet d'encourager le dialogue et la coopération entre les membres de l'association, d'initier et de consolider des liens avec l'ensemble des grands acteurs et centres de décisions français, européens et américains.

A travers l'organisation de déjeuners débats et de visites de sites, les membres de l'association enrichissent leur expérience et leur réflexion, par l'examen approfondi de sujets tant d'actualité que de prospective.

Débats et échanges se caractérisent par leur grande ouverture et se déroulent dans la confiance mutuelle.

En 1999, **USAIRE** a inauguré sa branche toulousaine qui regroupe de nombreux industriels de l'aéronautique en Aquitaine et Midi-Pyrénées.

USAIRE est présidé par Pascal Parant, Vice-Président corporate marketing, AAR Corp International.

USAIRE

www.usaire.org

mail@usaire.org