

Avertissement : Ce texte reflète uniquement l'opinion de son auteur et n'engage en aucune manière la parole officielle de l'Académie de l'air et de l'espace

Éléments de réflexion préliminaires

par Alain Joselzon, membre correspondant de l'Académie de l'Air et de l'Espace

Covid: quo vadis ? Vade retro Satanas!

Aeroplanum : caper emissarius¹ ?

Introduction

Pour quelques nanomètres...

Quatre mois environ après qu'une minuscule cellule de quelques dizaines de nanomètres soit apparue dans un coin de la planète, la plus grande partie du monde s'est pratiquement figée, et des avions s'entassaient partout sur des parkings saturés...Au début de l'été, la reprise du trafic aérien a très timidement commencé.

La crise du covid-19 a sévi violemment dans le monde entier, et continue de sévir, avec un impact considérable (dont l'ampleur devra être évaluée plus précisément par la suite), inédit, sur l'économie (de l'ordre de 11 à 14% % de baisse anticipée de PIB pour 2020 en France et de 6 à 8% dans le monde), sur les compagnies aériennes. IATA a vu chuter la demande de 95% environ en avril 2020, au point le plus bas, par rapport au niveau 2019, prévoyant alors pour 2020 un nombre de passagers.km en chute de 48% au niveau mondial, 55% en Europe, et estimant à 24.6 millions le nombre d'emplois induits perdus, soit environ 38% sur un total de 65.5 millions. En juin 2020, IATA affichait des prévisions de pertes de 84.3 milliards de dollars en 2020, des revenus chutant de 50% à 419 milliards de \$ US. Les estimations financières pour 2020 prennent en compte la forte baisse du prix du carburant en 2020. Pour 2021, IATA estimait que les pertes pourraient se limiter à 15.8 milliards de \$ US et que les revenus pourraient remonter à 598 milliards de \$ US (soit plus d'un tiers au-dessous des revenus 2019. IATA espère que le retour des bénéficiaires en 2022 permettra de payer les dettes engendrées par la crise...pour les compagnies qui auront survécu.

L'impact dépendra évidemment de l'activité ultérieure du covid-19, encore très actif dans certaines régions du monde, et de l'éventualité de nouvelles phases d'expansion de la pandémie.

La crise pose des problèmes de survie pour les compagnies aériennes, frappées de plein fouet, et ces problèmes se répercutent évidemment sur les constructeurs et l'ensemble du secteur du transport aérien. Bien au-delà du périmètre du transport aérien, mais de plus nettement aggravées à cause de la place importante prise de nos jours par lui dans l'économie, les répercussions de la crise sont extrêmement sévères au niveau économique et social: dans les pays industrialisés « riches », l'industrie aéronautique occupe une place stratégique, génératrice d'emplois à haute valeur ajoutée, dans d'autres pays pauvres en ressources autres que touristiques, la survie des populations en dépend. Tous les grands constructeurs aéronautiques mondiaux ont annoncé des plans de suppression d'emplois très importants, et les divers équipementiers et fournisseurs subissent très durement les contre-coups de cette crise, et cela malgré les plans d'aide financière des États.

L'impact est considérable aussi sur la vie quotidienne et les esprits de chacun, provoquant naturellement une avalanche de réflexions au spectre largement ouvert. L'aviation depuis qu'elle est

¹ Latin : bouc émissaire

née a toujours été l'objet de commentaires divers à propos des événements marquants – celui-ci l'est particulièrement ! - mais en fait de façon de plus en plus accentuée, ce qui peut s'expliquer d'au moins deux manières : d'une part comme on l'a dit plus haut, l'aviation est de plus en plus intégrée, imbriquée dans le monde qui nous entoure, dont le transport aérien est un participant actif, et d'autre part, elle est (a toujours été) une cible idéale, dans le ciel et aux abords des aéroports, pour nos organes sensoriels : vue, audition, et parfois odorat, sans parler des effets psychologiques associés.

L'aviation a toujours été par ailleurs un objet fortement chargé en fantasmes et signifiants symboliques, perçu pendant longtemps comme ce qu'il représentait réellement, à savoir porteur de rêves (voler en imitant les oiseaux, rêve antique réactualisé par Léonard de Vinci), d'aventure, de sentiments de liberté, de légèreté (s'affranchir de la gravité), porteur aussi de toutes les valeurs fondatrices de l'esprit pionnier qui a animé particulièrement ses débuts et inspiré les grandes figures ayant marqué son histoire: inventivité, génie technique, audace, conquête, dépassement, progrès, vision industrielle, vision du futur,...tout cela concrétisé par l'essor des technologies, des machines et de leurs performances, des industries, des liaisons aériennes et des hommes...

L'aviation a soulevé l'enthousiasme par ses exploits légendaires, ses records battus, l'admiration pour la beauté de ses créations (comme Concorde), mais aussi la crainte sous les bombes, l'effroi des attaques du 11 septembre, ou lors d'accidents, aujourd'hui la rancœur de certains voyant en elle un accélérateur dans la diffusion de l'épidémie du coronavirus, et dans la mondialisation oubliant que les grandes épidémies du passé n'ont pas eu besoin du transport aérien pour se propager et que les échanges entre toutes les régions du monde avaient aussi précédé la naissance de l'aviation de plusieurs siècles.

Les mythes ont la vie dure, aussi bien ceux correspondant à la face lumineuse, généralement justifiés et productifs en ce qui concerne l'aviation, que ceux correspondant à la « face sombre », pour l'essentiel injustifiés et néfastes, car le plus souvent déformés et irrationnels.

Le secteur aérien jouit par ailleurs d'une image contrastée quant à son empreinte environnementale, en tant qu'émetteur de bruit et d'émissions, impactant la qualité de l'air et contribuant au réchauffement climatique, avec cependant, en même temps, l'image d'un secteur œuvrant sans cesse, efficacement, à réduire cette empreinte. On en revient toujours à la notion de grande visibilité de l'aviation dans l'opinion publique et auprès des multiples acteurs concernés, les mêmes personnes pouvant être placées dans différents rôles selon les circonstances (pilotes, personnels des compagnies ; des constructeurs, des autorités et gestionnaires du trafic ; chercheurs de l'aéronautique, passagers, riverains des aéroports ou simples citoyens).

Dans le contexte ci-dessus esquissé, il paraît à la fois pertinent et nécessaire de s'interroger sur l'évolution à court terme de la crise, tout en réfléchissant à ses implications pour le transport aérien, aux mesures à prendre à court terme, mais aussi et surtout d'initier une réflexion à plus long terme, pour l' « après » et le futur. Telle est l'ambition ici.

Bien que le court terme soit par force prioritaire dans les préoccupations de beaucoup d'observateurs, les aspects correspondants deviendront rapidement obsolètes, sachant que la crise est en plein développement, et que son évolution et ses conséquences présentent de très grandes incertitudes, même à court terme. La réflexion qui suit est donc plutôt focalisée sur des aspects généraux relatifs au transport aérien et à son contexte, les deux étant indissociables.

La crise du covid-19 intervient dans un contexte qui met logiquement en avant des impératifs d'ordre économique-social à court terme, lesquels sont plus ou moins en balance avec les questions environnementales, or celles-ci étaient sur le devant de la scène avant la crise. Nous débiterons donc notre réflexion en entrant par cette porte, en posant la question :

Quel est l'impact environnemental du transport aérien, et que fait-il pour le limiter ?

À cause de ses besoins fondamentaux de performances (combinant capacité, charge marchande, rayon d'action et consommation de carburant), qui évoluent en lien direct avec les aspirations naturelles des opérateurs et des voyageurs, avec les progrès scientifiques et technologiques (dans le domaine aéronautique en particulier), l'avion a progressé rapidement en termes de diminution de la consommation de carburant, grâce aux améliorations de l'aérodynamique, de la propulsion et des structures, jusqu'à réduire la consommation de carburant (donc les émissions de gaz carbonique) de l'ordre de 75 à 80% (de nos jours, environ 2 litres par passager pour 100 km pour un avion moyen-courrier), par comparaison avec les débuts des avions à réaction. En parallèle, le bruit perçu a été réduit d'un ordre de grandeur similaire, au décollage et à l'atterrissage, et les émissions polluantes (oxydes d'azote et particules) dans des proportions encore plus élevées.

Tout ceci a été obtenu tout en élevant considérablement le niveau de sécurité : 0.12 accident catastrophique par million de vols dans la période 2014-2018 (compagnies IATA).

Dans la période qui a suivi la crise de 2008 et jusqu'à la fin de 2019, le taux de croissance du trafic aérien s'est maintenu à des niveaux soutenus, supérieurs à 5% par an en moyenne au niveau mondial en nombre de passagers.km, suivant l'évolution démographique, la demande de voyage et de fret, ces deux dernières elles-mêmes stimulées par la croissance économique, en particulier pour les pays émergents, tels la Chine, rattrapant leur retard sur les pays industrialisés, effets combinés avec la compétition entre compagnies et l'avènement des « low cost ». Dans cette période, les préoccupations environnementales d'ordre général sont devenues plus vives, au fur et à mesure que les rapports du GIEC et les autres études scientifiques affichaient des concentrations de gaz carbonique et de gaz à effet de serre toujours croissantes dans l'atmosphère et prévoient des évolutions alarmantes, peut-être proches de devenir irréversibles, du climat. Les projections de taux de croissance du trafic aérien (proches de 4-4.5% en moyenne annuelle jusque vers 2035-2040), « compensés » en partie seulement par les améliorations technologiques ou autres à venir, ont généré la crainte de certains commentateurs que la part actuellement faible d'émissions mondiales de gaz carbonique de l'aviation (environ 2% du total, et 14% des émissions des transports) et de son effet de serre (environ 3.5% du forçage radiatif anthropique total pour le CO₂, et que la part du forçage radiatif de l'ensemble des gaz à effets de serre émis par l'aviation (estimée à environ 4.9% du forçage radiatif anthropique total), n'augmentent sensiblement dans le futur. Cela supposerait cependant que les émissions des autres modes de transport (environ 7 fois supérieures à celles du secteur aérien actuellement pour le CO₂) de même que celles des autres secteurs émetteurs, utilisent dans le futur beaucoup moins de sources d'énergie fossiles et beaucoup plus de biocarburants comparativement que l'aviation, or il est peu probable par exemple que l'électricité dans des grands pays émetteurs comme la Chine ne reste pas pour une bonne part produite à partir de sources d'énergie fossile, compte tenu notamment de leurs besoins et des réserves importantes de charbon dont ils disposent (ceci dépendant par ailleurs de l'utilisation de procédés de capture et stockage du CO₂). Il faudrait de plus prendre en compte les émissions liées à l'utilisation rapidement croissante des technologies numériques, même si des améliorations technologiques pourraient les modérer dans une certaine mesure.

A cela, il faut ajouter le fait que le rythme de croissance du trafic aérien mondial pourrait diminuer dès la prochaine décennie, sous l'influence de plusieurs facteurs « auto-régulateurs », comme la disponibilité du carburant, qui pourrait commencer à devenir critique pour l'aviation dans une situation de concurrence avec d'autres utilisateurs de la même matière première, avec une hausse du prix du carburant, et par ailleurs, la croissance du trafic aérien de pays qui étaient en voie de développement (comme la Chine), pesant de plus en plus dans le trafic mondial, pourrait revenir à

des niveaux comparables à ceux des pays développés (USA, Europe), avec un effet global modérateur.

Cette tendance ressort d'une étude conduite au sein de l'AAE en 2015, différenciant le trafic aérien entre régions industrialisées du reste du trafic, suggérant que le processus de maturation de l'industrialisation entraînera une évolution asymptotique de la croissance du trafic aérien dans de grandes régions très actives, à l'image de ce qui se produit entre pays industrialisés, ce phénomène gagnant alors l'ensemble du trafic mondial, avec un effet stabilisateur sur les émissions correspondantes de CO₂. Cela est résumé par les figures 1 et 2 ci-dessous. On y notera l'influence du prix du carburant.

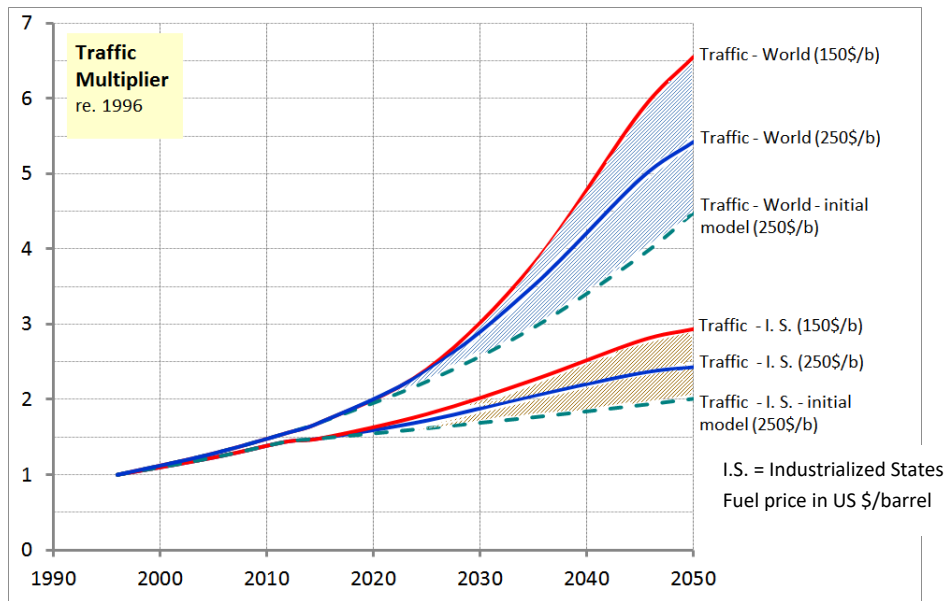


Fig. 1 – Projections du trafic aérien selon le périmètre considéré (étude AAE 2015)

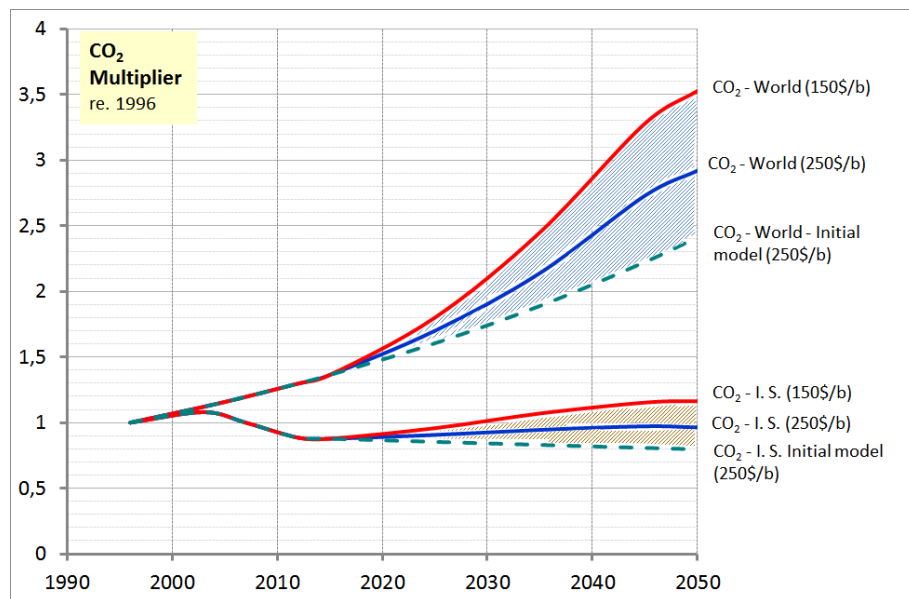
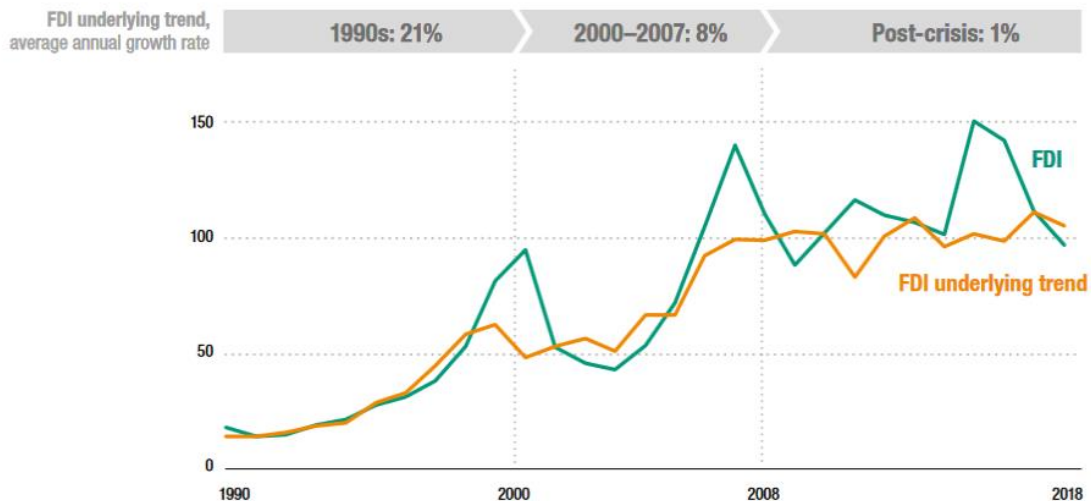


Fig. 2 – Projections des émissions de CO₂ de l'aviation selon le périmètre considéré (étude AAE 2015)

Une telle évolution est suggérée aussi par la tendance, notée dans la période 2008-2018, à une stabilisation au niveau mondial des flux d'investissements traduisant un ralentissement général de la globalisation économique, comme le montre la figure 3 ci-dessous. (source : *World Investment Report 2019 - United Nations Conference on Trade and Development : UNCTAD*). Ceci peut alors se répercuter sur l'évolution du trafic aérien au niveau mondial, compte tenu de la forte corrélation entre trafic aérien et flux économiques.

Figure I.11. | FDI inflows and the underlying trend, 1990–2018 (Indexed, 2010 = 100)

FDI = Foreign Direct Investment



Source: UNCTAD, FDI/MNE database (www.unctad.org/fdistatistics); UNCTAD estimates.

Note: The FDI underlying trend is a composite index (incorporating balance of payments and other variables), constructed by removing the effect on FDI of fluctuations in M&As, intracompany loans and offshore financial flows through appropriate smoothing techniques.

Fig. 3 – Tendence à la stabilisation de la globalisation économique (Flux d'investissements)

Concernant le bruit, à titre indicatif, comparé aux autres sources provenant des différents modes de transport, on citera les résultats d'un rapport officiel publié en juin 2011 par la Commission Européenne dans le cadre de la Directive Européenne Environnementale sur le Bruit (2002/49)².

Les résultats de l'étude sont résumés dans la figure 4 ci-dessous, comparant les nombres de personnes exposées au bruit de différents modes de transport et activités.

² Cette Directive, appelée END (Environmental Noise Directive), a pour but de définir une approche et une base communes pour développer des mesures destinées à réduire l'exposition au bruit et les émissions de bruit, au moyen de cartographie stratégique du bruit, en utilisant des indicateurs harmonisés. La Directive couvre les problèmes locaux de bruit en demandant aux autorités compétentes de définir des plans d'action pour réduire le bruit/maintenir le niveau de qualité comme nécessaire, et satisfaire les objectifs stratégiques européens à long terme à travers la réduction du nombre de personnes affectées, et l'établissement d'un cadre de développement stratégique. La Directive n'est pas contraignante et ne prescrit pas de mesures.

Number of people exposed to noise

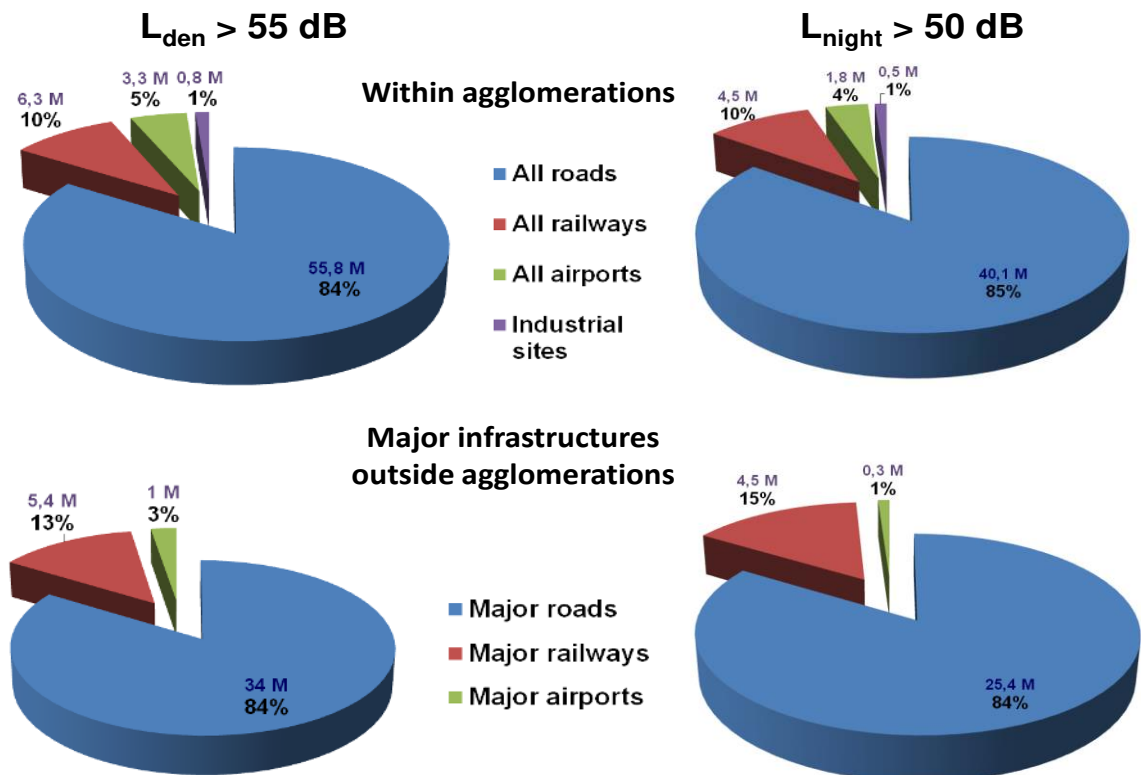


Fig. 4 – Comparaison de l'impact acoustique entre les différents modes de transport
 (L_{den}^3 , L_{day} et $L_{evening}$ sont les niveaux d'exposition au bruit respectivement pour la totalité des événements sur 24 h, pendant la journée et pendant la nuit.)

Les aéroports représentent ainsi 1 à 5% de la population affectée par le bruit des transports (dépendant du critère et de la tranche de temps considérée). Ceci permet de relativiser aussi l'impact de l'aviation en termes d'exposition au bruit.

On peut s'interroger sur les différences de traitement selon les modes de transport : le secteur de l'aviation a commencé à introduire des améliorations depuis longtemps, et n'a jamais cessé de réduire ses niveaux de bruit, atteignant des résultats inégalés, et le processus continue. L'aviation a été en fait réglementée très strictement dans le domaine du bruit depuis le début, et de plus très fortement contrainte par des règlements et limitations locales.

On peut se demander comment cette comparaison évoluera dans le futur, tenant compte de tous les facteurs en jeu, incluant le développement des infrastructures, la vitesse, les réductions de bruit, les

3

$$L_{den} = 10 \times \log \frac{1}{24} \left[12 \times 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \times 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \times 10^{\frac{L_{night}+10}{10}} \right]$$

augmentations de trafic routier et aérien, les aspects socio-économiques sous-jacents : il est vraisemblable que les grandes tendances ci-dessus ne seront pas bouleversées.

Concernant le bruit au voisinage des aéroports, on notera que l'évolution de l'exposition au bruit dans le temps est très souvent biaisée par le fait que, au fur et à mesure que le bruit des avions a diminué, des empiètements se sont produits, avec des implantations d'habitations ou autres installations qui se sont rapprochées des pistes. Ceci explique pourquoi un des quatre piliers de l'approche équilibrée développée depuis de nombreuses années par l'OACI est constitué par la planification et la gestion de l'utilisation des terrains concernés, impliquant une analyse systématique des empiètements dans les aéroports concernés dans le monde (les trois autres piliers de l'approche équilibrée étant la réduction du bruit à la source, les procédures opérationnelles de réduction de bruit, et les restrictions opérationnelles).

D'autres études ont montré qu'au niveau des émissions polluantes y compris celles de particules, l'aviation n'était responsable que d'une part très minoritaire. Au-delà des comparaisons portant sur le bruit et les autres émissions entre les différents modes de transport, devraient aussi être pris en compte les impacts sur l'environnement liés aux infrastructures, notamment ceux liés aux routes et chemins de fer.

Au-delà des améliorations introduites par le secteur aéronautique dans ses produits (aéronefs et moteurs), commercialisés et mis en service par les opérateurs, les activités de recherche et développement se poursuivent de manière intensive et continue, pour développer de nouvelles technologies et de nouveaux produits, visant pour chaque nouvelle génération, des objectifs environnementaux ambitieux dans tous les domaines (émissions de bruit, d'oxydes d'azote, de gaz carbonique, de particules et d'autres polluants), au-delà des exigences réglementaires, qui elles-mêmes deviennent progressivement plus sévères. En dehors des nouveaux modèles d'avion, certaines améliorations, au niveau des cellules et des moteurs, sont appliquées en rétrofit, et des remotorisations sont effectuées lorsque c'est possible.

Les progrès dans la réduction de l'impact environnemental des avions sont stimulés par les évolutions réglementaires (normes évolutives pour le bruit et les émissions d'oxydes d'azote, nouvelles normes pour les émissions de CO₂ et de particules), qui incitent les constructeurs à développer des améliorations - intégrées dans les objectifs prioritaires (« Top Level Requirements ») de leurs nouveaux produits en développement, souvent en termes de marges par rapport aux normes - et les opérateurs à remplacer les appareils par d'autres plus performants, même si la concurrence reste le plus souvent le facteur incitatif déterminant. Des objectifs environnementaux régulièrement mis à jour par l'OACI, contribuent aussi à stimuler la progression vers des niveaux sensiblement meilleurs que les limites des normes.

A titre d'exemples, les figures 5 et 6 ci-dessous résument les objectifs de réduction de bruit et de consommation de carburant / CO₂ à 10 ans (2027) et 20 ans (2037) dans un rapport édité par l'OACI⁴.

⁴ ICAO Doc 10127 - Independent Expert Integrated Technology Goals Assessment and Review for Engines and Aircraft – 2019. Ce rapport est l'objet d'un chapitre qui le résume dans le rapport environnemental OACI 2019 : <https://www.icao.int/environmental-protection/Pages/envrep2019.aspx>

Ces objectifs ont résulté d'une revue intégrée approfondie des technologies concernant les différents paramètres environnementaux (prenant en compte les interdépendances), confiée par le comité environnement de l'OACI (CAEP : Committee on Aviation Environmental Protection) à un groupe international d'experts, dans la période 2017-2019, où les constructeurs et les organismes de recherche ont partagé leurs informations prévisionnelles détaillées en matière d'améliorations technologiques, lors de séminaires dédiés.

Les objectifs sont donnés par catégorie d'avions, par rapport à des avions de référence représentatifs du niveau des avions les plus performants entrés en service en 2017.

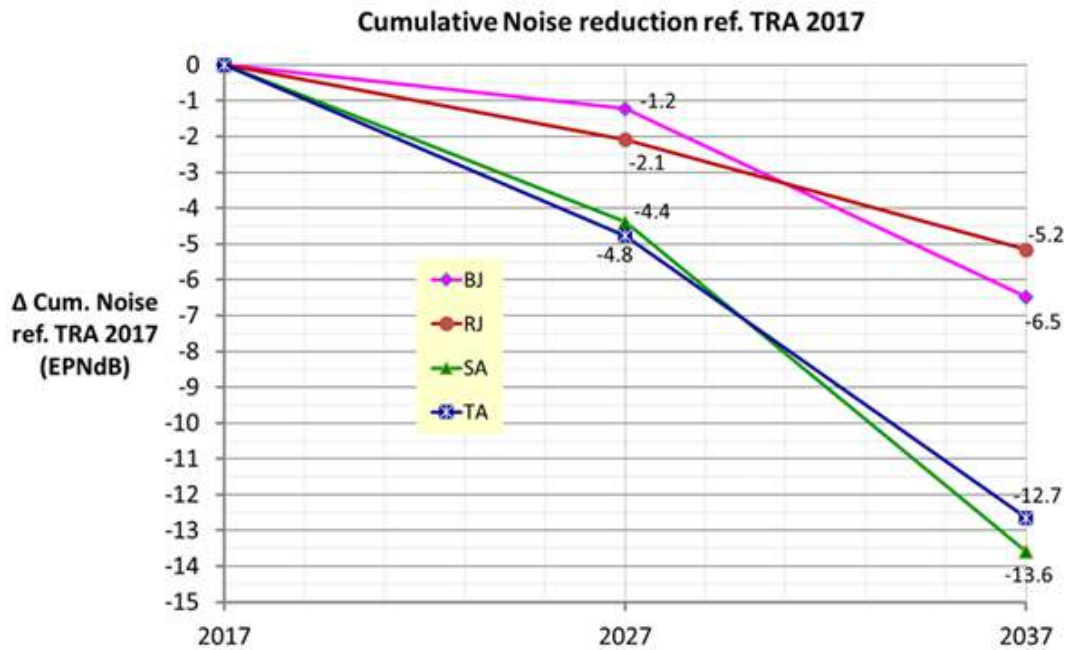


Fig. 5 - Objectifs de réduction de bruit

TRA = Technology Reference Aircraft : avion de référence ; BJ = Business Jet : avion d'affaire ; RJ = Regional Jet : avion régional ; SA = Single Aisle : avion monocouloir ; TA = Twin Aisle : avion bicouloir

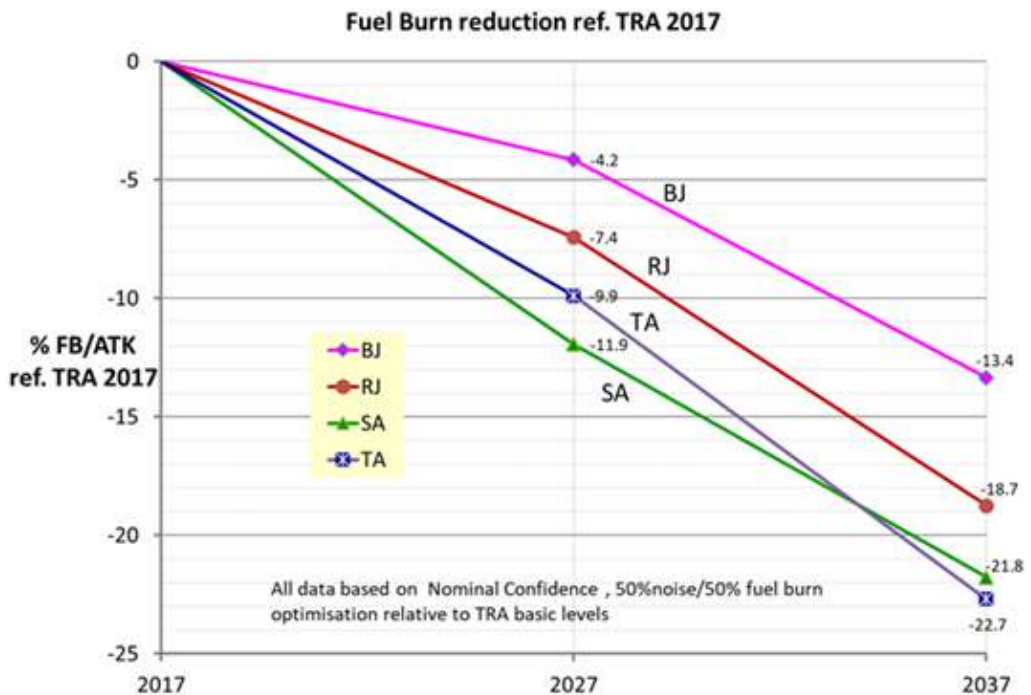


Fig. 6 - Objectifs de réduction de la consommation carburant / des émissions de gaz carbonique

FB : fuel burn - ATK : Available Tonne Km

Ces objectifs reflètent un niveau d’ambition appréciable.

On notera que les efforts pour atteindre les objectifs, puis pour aller au-delà à long terme, est une tâche ardue pour la communauté technique, car les niveaux de rendement et de performance actuels sont déjà très élevés, et les améliorations font appel à des technologies de plus en plus pointues, tandis que les exigences de sécurité et de certification elles-mêmes s’accroissent. Dans ces conditions, les activités de recherche nécessitent des ressources de plus en plus conséquentes. Les progrès dans les voies explorées pour contourner les limitations des configurations conventionnelles sont ralentis, à cause des obstacles et difficultés d’ordre technique, des exigences de sécurité et certification contraignantes.

A partir des objectifs technologiques OACI ci-dessus, nous avons réactualisé des études antérieures de l’AAE portant sur les situations de 2010 et de 2015.

Nous avons considéré une évolution du taux de croissance du trafic aérien entre 5% par an en 2024 (après la fin de la crise covid-19) et 2.5% par an en 2050.

Nous avons appliqué un « facteur de réalisation » conservatif de 80% aux objectifs de réduction de consommation de carburant, conduisant à 17.5% de réduction (au total) sur 20 ans au niveau de la flotte entière, et appliqué par ailleurs des réductions liées aux améliorations opérationnelles + ATM (3% sur 20 ans au total) et à l’utilisation de carburants alternatifs (5% sur 20 ans au total), enfin une augmentation du facteur de remplissage des avions de 78% en 2010 à 85% en 2050, d’où l’évolution résultante des émissions de CO₂, représentée sur la figure 7 ci-dessous.

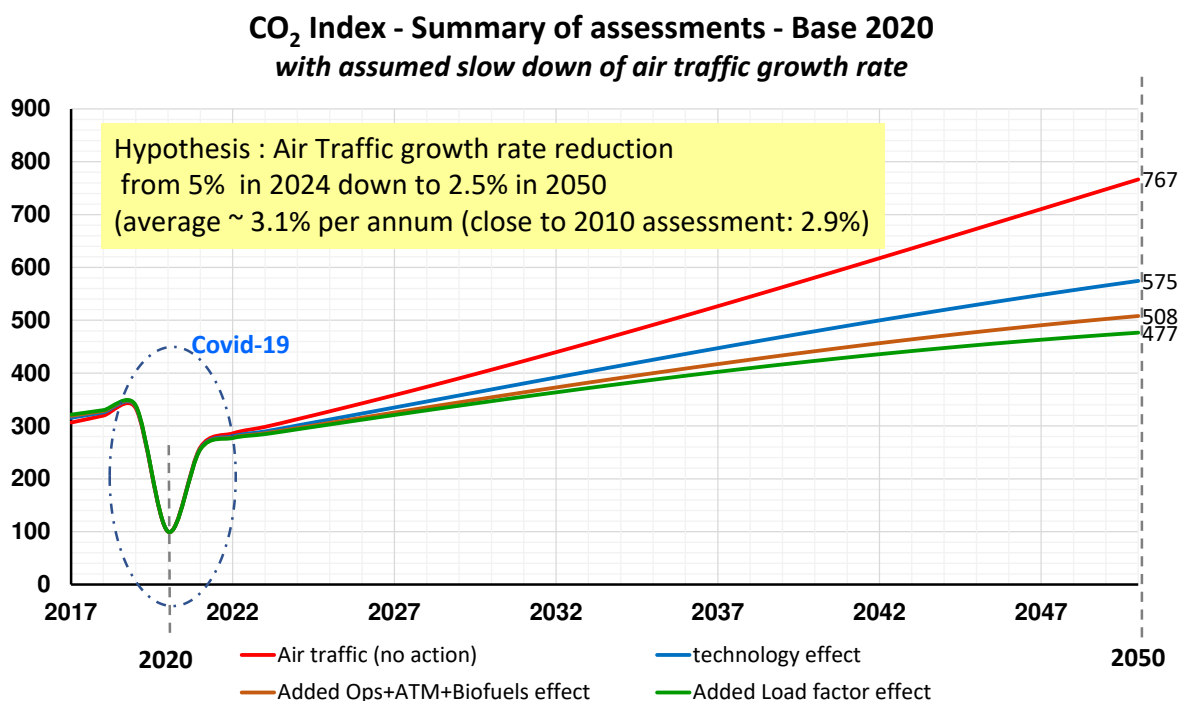


Fig. 7 – Projection de la consommation de CO₂ de l’aviation

Ceci permet de comparer ces projections aux objectifs de haut niveau précédemment affichés par ACARE, IATA/ATAG et l'OACI, comme représenté » sur la figure 8 ci-dessous.

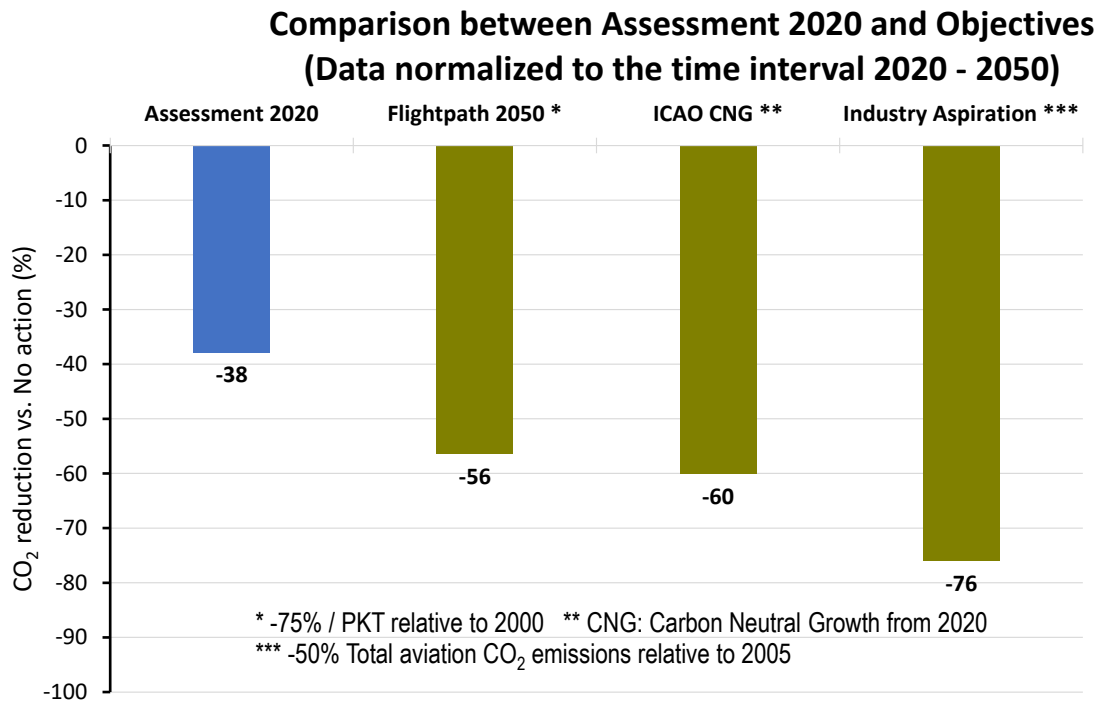


Fig. 8 – Comparaison des projections d'émissions de CO₂ aux objectifs de haut niveau

Cette comparaison met en évidence un écart important entre les niveaux estimés projetés et les objectifs de haut niveau.

On notera cependant qu'il y a une distinction de notion importante à faire entre *objectifs* et *projections* : il faut relativiser les écarts ressortant des comparaisons, en distinguant :

- *Les objectifs de haut niveau*, ambitieux par nature, qui expriment une volonté et un engagement affirmés, censés être animés par une forte motivation, soutenus par un programme de recherches approprié, apportant la capacité d'affronter les obstacles en chemin. Cela tend à exiger un niveau d'efforts visant une cible allant au-delà de l'objectif visé, de manière à protéger une marge de réserve.
- *Les projections*, qui incorporent généralement un degré de modération, lié aux incertitudes et aux imprévus, ce qui tend à aller dans une direction opposée à la précédente.
- *Les objectifs technologiques*, qui ont tendance à se situer entre les deux précédents, privilégiant un compromis entre ambition et réalisme.

On notera par ailleurs que les *normes* sont d'une nature nettement différente, leur rôle étant d'assurer que la flotte entière à un instant donné satisfait un niveau spécifié comme le minimum requis. Selon son niveau de sévérité, la norme peut avoir un effet incitatif, mais elle peut aussi avoir un effet dissuasif si elle est trop stricte.

Tous les moyens possibles continuent de faire l'objet d'activités de recherche dédiées par le secteur de l'aviation tout entier pour réduire son empreinte environnementale : par exemple au niveau des

configurations non-conventionnelles, des procédures opérationnelles et de la gestion du trafic aérien, l'introduction de biocarburants, l'utilisation plus étendue de systèmes électriques ou hybrides à bord de l'avion et les perspectives liées à l'utilisation de l'hydrogène. Tout cela fait l'objet de développements technologiques à des degrés de maturité divers, certains bas, présentant selon le cas des obstacles de taille et des interrogations quant à la faisabilité et/ou la date possible d'émergence.

On soulignera enfin que les projections faites, et donc les comparaisons ci-dessus sont affectées de fortes incertitudes concernant les hypothèses faites, notamment au niveau du trafic et de son évolution, des divers taux d'amélioration de consommation carburant, combinant des incertitudes liées aux effets économiques et énergétiques (dont la disponibilité et le prix des carburants dans le temps), enfin les incertitudes liées aux questions d'interdépendances environnementales et à leur impact sur les gains potentiels futurs.

Comme les émissions de CO₂ du trafic aérien augmentent néanmoins à un rythme plus élevé que celui de l'ensemble cumulé des diverses améliorations, l'aviation a récemment mis en œuvre des systèmes de compensation des émissions de CO₂, par échanges de permis d'émissions (Emission Trading Scheme = ETS, ou SEQE⁵) avec d'autres secteurs, à des niveaux divers : compagnies aériennes individuelles, niveau national, régional (Union Européenne) ou international (OACI-CORSIA). Ces systèmes sont parfois critiqués comme des transferts de responsabilité vers d'autres secteurs qui ne changent pas la situation environnementale globale, cependant des études faites à l'origine de ces systèmes démontraient qu'il y avait un bénéfice environnemental global. Le principe est basé sur les mécanismes du Protocole de Kyoto, et certains organismes officiels indépendants comme le Haut Conseil pour le Climat (HCC) reconnaissent son utilité, sous réserve de certains aménagements. Cependant, la mise en œuvre au niveau international est rendue difficile par la réticence de certains états, dans un contexte de disparité au niveau de la situation du développement économique et de l'historique des émissions de CO₂ passées des différents pays. Ceci rejoint la difficulté fondamentale inhérente au fait que les problématiques climatiques sont globales, que les solutions ne peuvent donc être efficaces qu'à ce niveau, alors que les états se trouvent dans des situations très différentes en termes d'acceptabilité / viabilité socio-économique, sociologique et culturelle des solutions.

Les effets de compensation carbone (eux-mêmes affectés d'incertitudes notables) ne sont pas pris en compte dans les comparaisons entre projections et objectifs faites ci-dessus.

N'ont pas été pris en compte parmi les facteurs environnementaux, les bénéfices potentiels que pourraient apporter directement ou indirectement les technologies numériques avancées, incluant l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond et les « big data ».

« Confiner » le transport aérien aurait-il un sens ?

La crise du covid-19 a été l'occasion pour certains de pointer un doigt accusateur en direction du transport aérien, en lui attribuant le rôle de vecteur/accélérateur de la propagation de l'épidémie, de sa transformation en pandémie. Pourtant, les grandes épidémies passées, que ce soit celles de la peste, des siècles auparavant, ou celle de la grippe espagnole de 1919, se sont propagées sans que le transport aérien y joue un rôle.

Dans le cas du covid-19, le transport aérien a montré son utilité lorsqu'on a naturellement recouru à ses moyens irremplaçables pour rapatrier des voyageurs bloqués par la crise à divers endroits du monde (270000 personnes rapatriées par Air France en 1 mois, par 1800 vols, au départ de 132 aéroports et de 82 pays), pour transférer des malades en urgence, pour acheminer des soignants d'une région à une autre, pour transporter des quantités de matériel médical urgent. Le secteur du

⁵ SEQE : Système Européen d'Échanges de Quotas d'Émissions

transport aérien civil tout entier, appuyé aussi par le secteur militaire, des constructeurs à la gestion du trafic en passant par les autorités de l'aviation, a participé activement et solidairement aux efforts collectifs dans le domaine sanitaire, en mettant à disposition les moyens et l'efficacité qui leur sont propres, y compris au niveau industriel, pour fabriquer des équipements ou des composants médicaux, reconfigurer des avions passagers en version fret, certifiés en urgence par les autorités de certification.

Tout ceci reflète le fait que le transport aérien et la mobilité qui lui est attachée sont partie intégrante du monde d'aujourd'hui, bien ancrés dans nos vies, dans l'économie, dans la société en général ; le transport aérien est devenu un des « outils à disposition », qui offre des solutions adaptées aux besoins en toutes sortes de circonstances. Cette évidence est masquée par la banalité qu'est devenue l'utilisation courante du transport aérien, déconnectée de l'image environnementale négative plaquée sur lui dans l'esprit de certains. Ceux qui imaginent pouvoir le dissocier de notre présent, de notre futur, ou restreindre très fortement son utilisation une fois la crise passée, font par la pensée un bond en arrière illusoire, chimérique, comme si on imaginait pouvoir abandonner les téléphones mobiles et les ordinateurs portables, toutes les innombrables technologies intégrées dans notre civilisation, nos modes de vie, à un niveau universel. Les drones en feront partie sûrement dans un avenir proche. Que n'importe quelle technologie puisse être détournée de sa vocation initiale, inoffensive et féconde, est évidemment une autre question, en dehors du sujet qui nous intéresse ici.

Le confinement par pays paraît lui aussi illusoire, compte tenu de l'interdépendance entre tous les pays, dans beaucoup de domaines, et les virus ne connaissent pas de frontières. L'administration actuelle des États-Unis en a fait la cruelle expérience.

A l'intérieur des pays, confiner la population par rapport au covid-19 a été une solution très primaire, temporaire, de pis-aller, tant qu'on n'avait pas d'autre solution. On pourrait lui comparer l'isolationnisme entre pays, en tant que solution, présentée comme telle, faute d'autres idées ou moyens, avec des effets économiques dévastateurs, non tenable dans le temps. Ceci n'exclut pas cependant l'utilité de ne pas systématiquement délocaliser la production de certains produits « critiques ». La relocalisation de certaines activités (production de certains produits critiques) pourrait intervenir.

Certains - inspirés par le concept de « confinement » ? - ont peut-être imaginé que l'on puisse prolonger le freinage massif du transport aérien, au-delà de la crise actuelle, or cela n'a pas plus de sens que poursuivre indéfiniment le confinement d'une population, et cela ne réglerait en rien le risque futur de pandémie. Lorsqu'une épidémie apparaît quelque part, il est souvent déjà trop tard, et même si les circonstances obligent temporairement à réduire le transport aérien, celui-ci offre des solutions, comme cela a été le cas avec la pandémie du covid-19. Le risque à bord des avions après déconfinement dans le cas où un individu infecté non détecté voyagerait, maîtrisable aux travers de toutes les mesures envisageables lors du circuit des voyageurs dans l'aéroport jusqu'au moment de l'embarquement, serait bien moindre que dans un métro ou un autobus bondé, compte tenu de la promiscuité et des nombres de voyageurs en jeu, limité en outre par les systèmes efficaces de renouvellement et filtrage de l'air à bord de l'avion. Le système de réservation très élaboré dans le transport aérien permet en outre de contrôler au besoin, temporairement (comme dans le contexte sécuritaire), l'attribution spécifique des sièges. Le risque de propagation à une région relativement proche est moindre que celui inhérent aux autres modes de transport (train, TGV ou bateau) et pour les vols vers des contrées lointaines, il peut être minimisé temporairement par des contrôles spécifiques dans les aéroports.

Si un « confinement » généralisé de l'aviation après-crise, aux fins de protection sanitaire, n'a pas de sens, un « confinement » permanent (des restrictions fortes, une surtaxation excessive) pour raisons environnementales n'a guère plus de sens. Les questions environnementales ne peuvent être

traitées efficacement qu'à un niveau global, où le transport aérien est un contributeur - mineur - parmi de multiples autres, aux impacts sur l'environnement, et les questions environnementales elles-mêmes font partie d'un ensemble de problématiques fortement imbriquées entre elles. *A problèmes globaux, solutions globales, prenant en compte toutes les implications de façon cohérente.*

Dans un tel contexte, il serait dérisoire et très contre-productif de faire du transport aérien un bouc émissaire...

Eco, es-tu là ? (économie, écologie, éco-efficacité, « écosociété »,...)

On a noté précédemment l'imbrication du transport aérien dans les différents domaines, dont la technologie, l'environnement, l'économie, la société - incluant aspects sanitaires et écologiques - la géopolitique. Des intérêts avec interactions multiples sont en jeu, intersectoriels, internationaux. Tout ce qui risque de se produire, et tout ce sur quoi on peut ou on doit agir, repose sur des équilibres fragiles, et qui le sont devenus de plus en plus.

En effet, malgré les progrès scientifiques et les avancées technologiques, des vulnérabilités de diverses origines et de différentes natures, mais aussi interdépendantes, se sont faites jour : aux niveaux économique-financier vulnérabilité liée à plusieurs facteurs combinés (énergie, prix, compétition économique, enjeux de productivité, mondialisation, délocalisation, spécialisation, dépendances) ; géopolitique (avec des lignes de fractures) ; environnementale (qualité de l'air et de l'eau, particules fines, pollutions chimiques, réchauffement climatique, biodiversité et équilibres fragiles au niveau écologique) ; sanitaire (restrictions d'investissements, insuffisance de la recherche médicale et écologique) ; sociale (questions démographiques et migratoires, inégalités accrues) ; fragilité des systèmes éducatifs ; le tout avec de fortes incertitudes dans tous les domaines et des interactions inter-factorielles complexes.

C'est à ces domaines et à leurs vulnérabilités qu'il convient de réfléchir, tout en définissant les finalités, les pistes d'amélioration, les moyens, les conditions aux limites, les compromis possibles ou nécessaires compte tenu des facteurs et surtout des interactions en jeu. Le transport aérien a des liens, plus ou moins étroits, avec chaque domaine. Des *équilibres* seront à trouver, retrouver et/ou consolider, mais à un *niveau systémique global*, en recherchant les options optimales, en tenant compte des risques de crises avec des situations pouvant résulter de la combinaison de plusieurs des vulnérabilités citées, telles que des crises enchaînées : environnementales, sanitaires, économiques et financières, sociales.

Il y a un enchevêtrement des problématiques qui doit impérativement être pris en compte.

Retour inéluctable aux réalités du court-terme...

Notre réflexion, orientée vers les aspects sous-jacents de la crise, nous a éloigné d'elle et de ses effets immédiats ou à court terme. Or le futur ne peut commencer qu'après avoir franchi l'étape du présent...

On ne peut pas escamoter les dilemmes, notamment concernant le transport aérien, inhérents à la prise en compte simultanée d'une part des impacts socio-économiques considérables de la crise, et d'autre part des enjeux environnementaux, qui ont aussi pris un caractère d'urgence.

Beaucoup de compagnies aériennes jouent leurs survies, et, de crainte que les impératifs économique-sociaux du court terme n'entraînent une baisse de la garde par rapport aux préoccupations environnementales, cela conduit certains groupes de pression à préconiser un conditionnement des aides des états notamment en Europe, des mesures coercitives comme des taxes supplémentaires - ce qui pourrait tenter les décideurs politiques placés devant des trous financiers énormes à combler.

Or cela peut avoir des conséquences très néfastes, pour des compagnies exsangues, déjà soumises à des taxes et redevances diverses (dont certaines d'ailleurs à motivation environnementale : bruit et émissions), auxquelles s'ajoutent les charges résultant des systèmes d'échanges de permis carbone. Concevoir et appliquer des surtaxes, des « doubles ou triples peines » paraîtrait inapproprié, voire indécent, dans les circonstances actuelles, et surtout, les effets contre-productifs se retourneraient vite contre les objectifs environnementaux, en rendant très difficile aux compagnies aériennes de renouveler leur flotte pour y incorporer des appareils plus performants, car elles doivent faire face à des contraintes financières alourdies et les conditions de reprise pendant une période indéterminée (restrictions de voyages, conditions sanitaires spéciales) limiteront la productivité de leurs activités. Ces difficultés se répercuteraient sous la forme de graves problèmes économiques et sociaux pour les pays fortement dépendant du tourisme, et auraient des conséquences très lourdes aussi pour les pays où l'industrie aéronautique joue un rôle stratégique de premier plan. On pourrait en outre craindre que des mesures trop radicales, dans un contexte économique fragile, aient aussi un impact négatif sur les budgets de la recherche aéronautique chez les constructeurs et dans les organismes de recherche.

Toutes les mesures envisagées à court terme doivent l'être en intégrant la notion de juste équilibre qui est la même que celle précédemment décrite pour orienter la vision du futur. Il faut en particulier évaluer soigneusement les coûts/bénéfices, à la fois économiques, sociaux et environnementaux, en tenant compte des critères de proportionnalité dans un contexte et un périmètre qui ne saurait être limité au seul secteur du transport aérien, en modulant les mesures comme nécessaire en fonction du temps, des évolutions de la crise et de ses répercussions.

Conclusions- Recommandations

- D'une manière générale, le transport aérien doit s'appuyer sur les valeurs fondamentales déjà citées, à la base de l'« esprit pionnier » sur lequel s'est fondée l'aviation, en les redéployant, les réactualisant et les adaptant pour affronter les « nouveaux défis », car ils sont de taille ! Il paraît très souhaitable que les mêmes valeurs servent aussi dans tous les domaines clés, auxquels le transport aérien est étroitement lié, par les facteurs, les enjeux, les menaces, les plans d'action, le destin : aucun secteur ne pourra se « sauver » seul !
- Ces valeurs devront se concrétiser à travers des organisations, des structures, des investissements, des programmes qui font toute leur place et de façon équilibrée à la créativité, la recherche, l'innovation, la compétitivité économique et la coopération, au niveau européen et international.
- Dans un contexte de plus en plus incertain, avec des facteurs, des équilibres et des interactions d'une complexité de plus en plus inextricable, les analyses prospectives deviennent de plus en plus aléatoires. On ne peut alors que viser une résilience accrue permettant de mieux résister à des événements inattendus. "*Attends-toi à l'inattendu*", dit Edgar Morin. Cela suppose de tenir compte du passé et du présent pour en tirer les moyens les plus efficaces de prévenir les effets, dans un futur très opaque. C'est bien entendu un exercice extrêmement ambitieux et difficile !
- L'aviation est intégrée et imbriquée dans le tissu socio-économique de manière indissociable. Les solutions envisagées concernant directement le transport aérien, que ce soit pour améliorer son efficacité ou diminuer son empreinte écologique, mais aussi toutes les mesures qui peuvent avoir une influence sur lui, pour qu'elles aient un sens, doivent refléter une vision globale qui réponde de façon mûrement réfléchie et équilibrée à l'ensemble des aspirations et des besoins sous-jacents de la Société. Pour être efficaces, elles doivent être

conçues et mises en œuvre en tenant compte des caractéristiques du transport aérien lui-même, des effets à court et long terme sur lui et sur tous les autres secteurs. Doivent être évités en particulier les risques de distorsion de concurrence, d'iniquité intersectorielle, entre pays, entre compagnies, les risques de rejets, de désengagements, tous pouvant avoir des effets contre-productifs majeurs.

Cela a pour conséquence, la nécessité :

- d'examiner de manière ouverte et sans a priori les solutions et les mesures envisageables aux différents niveaux, jusqu'au niveau international, de peser les critères de proportionnalité, d'efficacité (ce dernier n'est pas strictement d'ordre économique ou financier) ;
- d'organiser une consultation préalable sérieuse et détaillée de tous les acteurs concernés, dont ceux du transport aérien ; et
- de faire appel aux compétences en nombre, qualité et champ d'expertise suffisant, ce dont le domaine aéronautique est bien pourvu.

" Il s'agit d'essayer de concevoir une ère toute nouvelle. Nous voici devant un désordre universel d'images et de questions. Il va se produire une quantité de situations et de problèmes tout inédits, en présence desquels presque tout ce que le passé nous apprend est plus à redouter qu'à méditer. C'est d'une analyse approfondie du présent qu'il faut partir, non pour prévoir les événements sur lesquels, ou sur les conséquences desquels, on se trompe toujours, mais pour préparer, disposer ou créer ce qu'il faut pour parer aux événements, leur résister, les utiliser. "

Paul Valéry (« Regards sur le monde actuel » – 1945)