

TRANSPORT AERIEN DURABLE ENSEIGNEMENTS D'UN COLLOQUE

Voici bientôt un an, j'ai écrit pour les IESF deux articles optimistes sur l'avenir du transport aérien face à la crise qu'il traverse et au défi de la « décarbonation ».

Je reprends la plume pour évoquer les enseignements du colloque (« webinaire ») organisé en mars 2021 par l'Académie de l'Air et de l'Espace et dont j'ai été l'un des organisateurs.

Ce colloque a été largement orienté vers les jeunes, ciblé plus particulièrement sur les écoles françaises d'ingénieurs aéronautiques (une dizaine!) qui toutes ont participé ! Retransmis en amphi ou en distanciel individuel, les exposés et débats ont été par moments suivis par plus de mille étudiants... Et cette action aura des suites concertées avec les directions des enseignements.

Il ne s'agissait pas de débattre « entre nous » des solutions techniques de décarbonation, mais d'ouvrir également la discussion à des questions sociétales voire existentielles sur ce mode de transport dont le rôle dans la mondialisation est considérable et que certains courants de pensée vouent à une décroissance inéluctable. Nous avons donc tenu à donner la parole, au delà des représentants de l'industrie aéronautique, des compagnies aériennes, et de leur environnement réglementaire, à une représentante du GIEC¹ et à un spécialiste renommé de l'énergie et du climat², à des jeunes d'Europe, d'Afrique, d'Asie, à des économistes, des sociologues, et à des acteurs des collectifs Shift et SupAéro Décarbo. Des extraits vidéo du colloque seront mis très prochainement sur YouTube.

Qu'ai-je retenu de ces deux journées ?

Tout d'abord les rappels utiles sur l'urgence de mettre en place dans **tous** les secteurs des stratégies ambitieuses de décarbonation pour tendre vers zéro émission en 2050. Un de mes confrères me répète fréquemment que « nous fonçons dans le mur en accélérant » !

Mais quid du transport aérien ? Au delà de la crise sanitaire qui l'aura sévèrement impacté, on y parle beaucoup d'écologie, les effets d'annonce s'accumulent mais les « trajectoires » vers une décarbonation en 2050 ne s'y sont pas tellement concrétisées depuis dix ans. Entre temps, la technophobie honteuse ambiante désinforme la société européenne et trouve un bouc émissaire dans l'aviation. L'apparition de nouveaux avions très économes en carburant... et les taux de remplissage au delà de 80%, ont certes fait chuter la consommation par passager moyen courrier du côté de 2 litres/100 km, ce qui est remarquable, et toujours bon à prendre en attendant !... mais ne résoudra pas l'équation pour 2050 ! D'ailleurs, le transport en général, et l'automobile en premier lieu, restent de « mauvais élèves ». Ceci étant, la vision d'un « budget carbone » aéronautique à tenir pays par pays d'ici à 2050 me semble utopiste, au moins pour ce secteur très largement concurrentiel et international. Visons déjà pour l'aérien la neutralité carbone dans le monde en 2050³ !

1 Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat *IPCC en anglais*

2 Valérie Masson-Delmotte et Jean-Marc Jancovici

3 Actuellement, sauf erreur de ma part, l'objectif de décarbonation aéronautique en France est 50% à partir d'une date de référence et non 100% en 2050.

On a noté au cours de ces deux jours des points très positifs du côté de la technique ! Si l'on veut voler en 2050 avec une aviation 100% « défossilisée » les voies sont entrouvertes :

- On sait produire des biocarburants⁴ dits de deuxième génération (Btl) à partir de ressources « ligno-cellulosiques » et d'un peu d'énergie renouvelable sans concurrence d'usage des sols (déchets forestiers, paille...). Ils sont miscibles jusqu'à 50% avec le jet-fuel. Ils le seront ultérieurement à 100%.
- On sait produire des carburants de synthèse dits Ptl⁵ à partir d'eau, de CO₂ capté dans l'atmosphère et de beaucoup d'énergie renouvelable. Ils seront également à terme miscibles jusqu'à 100% au jet-fuel. Ils requièrent bien moins de surface mais elle est « artificialisée ». Btl et Ptl sont dits « drop-in » car miscibles à terme sans précaution particulière avec leurs équivalents actuels.
- La conception des avions et de leur motorisation poursuit ses progrès : on ne gagnera pas en consommation au rythme connu depuis 60 ans (réduction d'un facteur 4 depuis cette époque!) mais économiser encore 25 à 30% de fuel par passager x km (par rapport aux derniers avions mis en service, donc plus encore par rapport à la moyenne de la flotte actuelle !) ne semble pas hors de portée. Un surcroît de gain de 5 à 10% pourrait provenir d'un routage optimisé dit « 4D ».

Quid des effets hors CO₂ sur le climat ? Ils sont encore mal quantifiés. Le principal, i.e. l'effet des cirrus induits par les « contrails » (traînées de condensation) est d'après les modèles actuellement les plus reconnus, aussi « réchauffant » que tout le CO₂ émis par l'aviation, cumulé depuis les origines ! Différence notable, si l'on arrête de créer des contrails, l'effet « de serre » créé disparaîtra aussitôt tandis que le CO₂ restera encore présent pendant des décennies... Une importante étude démarre en France pour mieux quantifier ces effets avec des mesures globales pour valider (ou pas) les nombreuses hypothèses des modèles. A propos de ces contrails, il a été dit au colloque que les carburants de synthèse Btl et Ptl, pauvres en hydrocarbures aromatiques, génèrent considérablement moins de suies (que le jet-fuel actuel) et donc de germes de condensation pour la vapeur d'eau sursaturée rencontrée par l'avion et donc beaucoup moins de traînées et de cirrus induits. Il a également été mentionné que de bonnes informations météo pouvaient permettre des stratégies d'évitement des zones sursaturées... Donc que du positif ?

Le sujet de l'hydrogène comme carburant alternatif a bien entendu été évoqué, notamment à une table ronde réunissant entre autres les CTO⁶ de Airbus, Dassault, Rolls-Royce, Safran et la Vice Présidente Développement durable de Boeing. Il est clair que si l'on parvient à créer un avion moyen-long courrier certifiable volant à l'hydrogène liquide⁷ avant 2050 ainsi que toute l'infrastructure aéroportuaire associée, ce qui est très loin d'être évident... son effet sur le climat sera encore marginal à cette date. Et il reste à prouver que le besoin en énergie primaire (*plus favorable à la production initiale pour H₂ que pour Ptl*) une fois rapporté au passager x km est moindre qu'avec les fuels de synthèse⁸. On ne peut donc pas se dispenser d'investir dans la solution « immédiate » et sûre qu'offrent Btl et Ptl⁹.

4 Btl : Bio to liquid

5 Ptl : Power to liquid Btl et Ptl sont des « SAF » (Sustainable Aviation Fuel) mais ce terme est imprécis.

6 CTO : Chief Technical Officer

7 H₂ liquide car ce gaz est extrêmement peu dense. 90 g/m³ à l'ambiante, 42 kg/m³ à 700 bar.

8 Liquéfier à 20 Kelvin, transporter, stocker, vaporiser, pertes d'ébullition permanente, avion plus volumineux...

9 On notera au passage que les technologies de production d'hydrogène et de Ptl ont plus d'un point en commun.

Ceci étant, à l'instar du transport terrestre, l'hydrogène gazeux sous haute pression et même les batteries ont peut-être un avenir dans le transport aérien régional à courte distance. Des démonstrateurs volent déjà . La difficulté de réalisation d'un taxi volant électrique, d'un avion école et de liaisons point à point court courrier à l'hydrogène comprimé est en effet considérablement moindre que celle d'un moyen ou long courrier à l'hydrogène liquide ! Les courtes liaisons sont donc les plus « faciles » à décarboner !

Aspects sociétaux : Le besoin de voyager, le rôle du transport aérien pour le fret (35% mondialement en valeur, souvent dans les soutes des vols réguliers) l'impact local du tourisme (10% du PIB mondial) la part importante des voyages pour voir familles et amis ou pour les études, etc. ont été largement abordés. La croissance du trafic suit depuis 50 ans presque exactement celle du PIB mondial. Elle est dorénavant très modeste en Amérique du Nord et en Europe mais vigoureuse partout ailleurs, surtout en Asie du Sud-Est. Les intervenants africains ont souligné le rôle attendu du transport aérien dans le développement en Afrique et à plus long terme, là où une lourde infrastructure ferroviaire et routière semble moins bien adaptée. La question « l'avion une affaire de riches ? » a été posée : oui 1% de la population mondiale participe à 50% des émissions de l'aviation... mais 11% de la population mondiale prenait l'avion au moins une fois par an en 2018. Sans la pandémie on allait rapidement vers le milliard d'utilisateurs !

Et maintenant ? Techniquement : mon sentiment est que le coût du carburant « drop in » (Btl et/ou Ptl) décroîtra à mesure que sa production augmentera. Imaginons qu'on en mette une fraction croissante dans les moteurs, quelques % pour commencer, 100% en 2050. La consommation kilométrique des nouveaux avions diminuant et le coût du fuel de synthèse baissant, il devrait être possible au fil du temps de n'impacter que très peu le coût du vol court et moyen courrier, mais quelque peu celui du transport long courrier. Du coup, ce dernier, avec des billets plus chers croîtra en volume un peu moins que dans les prévisions « business as usual » d'avant crise...

Certaines compagnies (en Californie) proposent déjà de voler plus « vert ». La pression sociale l'emportera-t-elle sur celle du porte-monnaie ? La demande est là, l'offre n'y est pas !

Quels efforts politiques seront-ils nécessaires ? Il a été rappelé plus haut que le transport aérien est dans un mode largement concurrentiel et international. Des mesures nationales seront donc de peu d'effet sauf de faire disparaître les compagnies aériennes touchées... Le transport aérien (et maritime) est aujourd'hui en dehors des Accords de Paris (COP21). L'accord CORSIA mis au point par l'OACI¹⁰ engage à partir de 2021 65 pays volontaires vers certaines « compensations » des émissions CO₂... Il faut un commencement à tout ! Devra-t-on modifier la Convention de Chicago (OACI) pour y intégrer le Climat ? Toujours est-il que le virage semble inéluctable et que les pays qui n'auront pas mis en place leur stratégie industrielle sur les carburants aéronautiques (vraiment) neutres en cycle CO₂ achèteront leurs Btl et Ptl à ceux qui sont déjà bien dans la course (Outre Atlantique, Norvège, Allemagne, Pays-Bas... La France quant à elle est un gros producteur de biocarburant de première génération, voie limitée en volume et « écologiquement » mais développe un projet Btl nommé BioTFuel¹¹ auquel devrait s'associer l'industrie aéronautique. Quid du Ptl ? Je ne sais pas...).

10 OACI : Organisation de l'Aviation Civile Internationale, créée en 1944. En anglais ICAO.

11 <https://www.ifpenergiesnouvelles.fr/innovation-et-industrie/nos-expertises/energies-renouvelables/biocarburants/nos-solutions>

Mais avec quelle énergie primaire ? Last but not least, le colloque n'a fait qu'effleurer le considérable problème de la quantité d'énergie renouvelable (ou nucléaire) qu'il faudra consacrer à ce secteur...

comme à tous les autres, il est vrai ! J'aurai prochainement l'occasion de discuter de ces sujets avec mes confrères IESF des comités sectoriels Energie et Transports. L'électricité n'est pas seulement « ce qui sort du mur » !. Les Btl demandent de grandes surfaces agricoles et relativement peu de panneaux solaires ou d'éoliennes. Les Ptl demanderaient, ai-je entendu au colloque, un mètre carré de photovoltaïque pour dix litres de fuel annuels¹². Quelques ordres de grandeur : pour la consommation mondiale de 2018 soit plus de 220 millions de tonnes de jet-fuel Ptl il faudrait une belle surface de photovoltaïque, environ 28 000 km². A l'échelle de la France, environ 900 km² pour 7 millions de tonnes donc deux fois l'emprise des aéroports français ou la totalité de la surface agricole consacrée aujourd'hui aux ~7% de bio-éthanol de notre essence¹³ (de l'ordre de 1 million de tonnes, le rendement au mètre carré est moindre). L'avenir dira si les Btl ou les Ptl l'emportent, ou plus probablement la conjonction des deux, les autres secteurs du transport, même largement convertis au tout électrique et à l'hydrogène, restant probablement demandeurs de produits voisins¹⁴.

De l'espoir donc pour nos ingénieurs aéronautiques et énergéticiens ! Mais pas mal de monde à informer et convaincre pour engager vraiment la transition !

Xavier Bouis

Président du Comité Sectoriel Aéronautique.

10 mai 2021

12 Un peu optimiste peut-être ? Co-électrolyse à chaud etc...

13 <https://www.ecologie.gouv.fr/biocarburants> 12 avril 2021 « 3% surface agricole utile française » Les sites internet des biocarburants disent 1% (?)

14 Les pays bien ensoleillés et disposant de grandes surfaces désertiques (Maroc...) ont une belle carte à jouer car le Ptl avec capture du CO2 atmosphérique ne demande que de l'énergie et fort peu d'eau (1,4 litre par litre de fuel).