

**Alain Joselzon 23 février 2021**

## **L'aviation, la crise et le réchauffement climatique : emballements et embellissements ?**

### **Introduction**

Le réchauffement / dérèglement climatique est un immense défi pour l'humanité, une menace grandissante et qui laisse peu de temps pour pouvoir réagir efficacement. Chaque secteur tente de contribuer aux solutions visant à arrêter ou freiner le phénomène, soit indépendamment des autres, soit, de plus en plus, en coordonnant ses efforts avec ceux des autres secteurs, compte tenu des facteurs communs (énergétiques notamment) et les interactions multiples en jeu. Ceci est à la base du « Pacte Vert » pour l'Europe (« European Green Deal »<sup>1</sup>).

Dans ce contexte, dans le secteur aérien, de vastes, cohérents et ambitieux programmes sont bâtis en Europe, conçus comme des grands « plans de bataille », séparément ou conjointement, par le secteur industriel privé et par les organismes publics, comme illustré par le programme de recherche « Clean Aviation » et des rapports tels que le « Strategic research and innovation agenda (SRIA) <sup>2</sup> ». Ce rapport est une version nettement plus ambitieuse et plus ciblée des rapports ACARE ou Flightpath 2050 émanant des travaux antérieurs de la Commission Européenne, censée répondre à l'ampleur et à l'urgence de l'enjeu climatique. Il faut noter qu'il est très bien écrit et documenté, « convaincant sur le papier ».

La volonté bien venue de l'ensemble des acteurs d'agir « vite et bien », réduisant ainsi le risque de mesures restrictives sévères pour le secteur aérien, par ailleurs porteur d'importants, voire irremplaçables bénéfices socio-économiques, a cependant conduit à une certaine inflation des objectifs affichés pour le secteur, en termes de neutralité climatique globale pour 2050 et de fortes réductions d'émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> principalement) à l'échéance intermédiaire (2030-2035).

Les réflexions qui suivent tentent de questionner ce « processus inflationniste » et de proposer quelques pistes préliminaires pour ramener, autant que cela pourrait s'avérer nécessaire, les champs de vision et d'action vers des zones de plus grande vraisemblance.

### **Réagir face à l'adversité**

Le monde est en crise. Aux crises économiques et aux préoccupations environnementales croissantes a succédé la crise sanitaire qui s'est transformée en une crise économique majeure sans précédent. La secousse tellurique ainsi provoquée a mis particulièrement en évidence la conjonction des vulnérabilités auxquelles le monde actuel est soumis dans tous les domaines et à tous les niveaux, avec des fragilités combinées des systèmes de santé, de la sphère économico-financière, sociale et environnementale, aggravées par les disparités et les tensions géopolitiques entre pays, ou internes aux pays.

La crise frappe de plein fouet de très nombreux secteurs, dont l'aérien, soulevant des questions sur comment, dans les meilleures conditions possibles, réagir à court terme, se préparer à la reprise espérée, à la possible survenue de crises sanitaires nouvelles ou périodiques, tout en contribuant le plus efficacement possible à la lutte contre le réchauffement climatique, lequel reste une, sinon la, préoccupation majeure, omniprésente et croissante pour l'avenir.

De nombreuses voix cependant s'élèvent encourageant à ne pas baisser les bras face à l'adversité, mais au contraire à saisir l'opportunité de la « secousse » pour opérer une « remise à plat », un

---

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

<sup>2</sup> Clean Aviation - Strategic research and innovation agenda (July 2020)  
[https://www.clean-aviation.eu/files/Clean\\_Aviation\\_SRIA\\_16072020.pdf](https://www.clean-aviation.eu/files/Clean_Aviation_SRIA_16072020.pdf)

renforcement de la résilience, avec notamment une accélération de la lutte contre le réchauffement climatique.

## **Les efforts de l'aviation**

Avec ses industries de pointe solidement charpentées et « équipées », en termes de ressources, expertises, maturité, expérience et moyens divers, avancées méthodologiques, dans les domaines aéronautiques et connexes, l'aviation dispose d'atouts-maîtres pour affronter les défis de l'avenir. Mais ceux-ci sont immenses, compte tenu du contexte des vulnérabilités résumé ci-dessus, et les niveaux d'exigences très élevés, évolutifs et combinés, dans les domaines techniques (faisabilité de produits très innovants, efficacités et performances de plus en plus difficiles à améliorer, situations de compromis de plus en plus difficiles à résoudre, contraintes sécurité-sûreté croissantes, maintenabilité, durabilité), socio-économiques et financières (effets de la pandémie, rentabilité, concurrence, viabilité, coûts croissants des nouvelles technologies, des développements), enfin environnementales.

Par rapport à l'enjeu climatique, l'aviation, compte tenu de son taux de croissance élevé, a reconnu depuis 20 ans environ la nécessité de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> par passager.km en combinant tous les moyens possibles : améliorations et renouvellement des flottes d'avions et de leurs systèmes propulsifs, optimisation des opérations et de la gestion du trafic, remplissage maximum de la cabine, utilisation de carburants durables, enfin instauration de systèmes de compensation : plafonnement des émissions, avec des objectifs très ambitieux affichés par l'industrie et répercutés par les organismes nationaux, européens et internationaux, conseillers ou autorités en charge de l'aviation civile et de l'environnement.

## **L'aviation en point de mire pour les questions environnementales**

Pourquoi ces objectifs extrêmement ambitieux ? Malgré ses efforts, dont témoignent les améliorations très substantielles apportées lors des dernières décennies, en termes de niveaux d'efficacité et de sécurité des produits et des opérations, et malgré son empreinte environnementale globale très limitée, l'aviation reste invariablement un des secteurs particulièrement visés par les groupes environnementaux et dans une certaine mesure aussi par les décideurs politiques, autour de certains thèmes, parmi lesquels des avantages d'ordre fiscal, certaines utilisations jugées « luxueuses » ou « trop faciles » (tourisme, liaisons très courtes, prix bas des billets) des effets non-CO<sub>2</sub> qui lui sont propres (production de traînées de condensation et de nuages cirrus induits) et le risque d'impact croissant sur le climat en raison du taux de croissance du trafic aérien.

On pourrait discuter des divers thèmes, de la part infondée ou exagérément amplifiée des craintes spécifiques imputées aux effets de l'aviation, en comparaison avec les effets d'autres secteurs également en croissance, mais on ne s'y arrêtera pas car tel n'est pas notre objet ici. On se contentera de noter que la focalisation quasi-obsessionnelle sur l'aviation tient peut-être en partie au fait qu'elle est facilement identifiable en tant que sujet dont l'image n'est pas aussi diffuse dans l'inconscient collectif des observateurs que celle liée à bien d'autres secteurs : installations industrielles, bâtiments, terres agricoles, animaux d'élevage, véhicules de transports routiers, téléphones portables et autres objets numériques totalement intégrés et « noyés » en fait dans notre vision, usage et environnement quotidien, non repérés de manière nette par notre appareillage perceptif et conceptuel, alors que les zones aéroportuaires, les avions dans le ciel, donnent des images et des sons qui se distinguent plus facilement de notre champ de vision et des bruits de fond qui nous sont familiers et dont nous sommes « imprégnés » de manière quasi-continue, au point de ne plus les percevoir.

Ceci s'ajoute sans doute au fait que l'aviation, par son histoire, ses exploits, ses mythes, ses héros, ses effets et ses accidents spectaculaires, reste un objet dont les contours se détachent de la perception quotidienne, même si dans la réalité, l'aviation s'est intégrée intimement dans notre vie courante.

Compte tenu des besoins de développement du secteur, répondant aux besoins de mobilité des populations, et face au risque de mesures restrictives autoritaires futures destinées à réduire la part du risque climatique imputée à l'aviation, en lien avec le ciblage exercé sur le secteur tel que décrit

ci-dessus, l'industrie a affiché des objectifs très ambitieux, plus ou moins entérinés par les organismes de décision.

## Les voies envisagées pour l'avenir

A présent, comme anticipé par l'AAE depuis 10 ans environ<sup>3</sup>, les objectifs qui étaient affichés à l'horizon 2020 n'ont pu être atteints, malgré les améliorations significatives incorporées sur les nouveaux avions et moteurs. De nouveaux objectifs visant les échéances 2035 et 2050, encore plus ambitieux que les précédents sont aujourd'hui affichés, allant jusqu'à « 0-émission de CO<sub>2</sub> » en 2050, sous la pression environnementale croissante, à la fois liée aux alertes du GIEC, aux manifestations climatiques extrêmes déjà perceptibles, en lien aussi avec les effets de la pandémie : risque de reprise brutale du trafic, de moyens financiers pénalisés pour la conception et l'introduction de modèles d'avions plus économes en carburant, opportunité du choc à saisir pour introduire des changements importants, de nouveaux paradigmes, des ruptures technologiques avec tous les développements complémentaires nécessaires (nouvelles filières pour les carburants durables).

Pour parvenir à atteindre les nouveaux objectifs, l'industrie et les organismes de recherche, proposent de développer à travers des programmes intensifs de recherche et développement de nouvelles classes d'avions incorporant différentes technologies de rupture, comprenant notamment, selon les classes d'avion et les puissances à fournir, l'électrification complète ou hybride des avions et des moteurs, les piles à combustibles, des moteurs brûlant des carburants durables ou de l'hydrogène. L'industrie appelle pour cela à un soutien important des gouvernements et des organismes décideurs afin qu'ils prennent toutes les dispositions, notamment réglementaires, permettant de développer les infrastructures, la logistique, les filières et les procédures censées fournir les quantités importantes de carburants durables et d'hydrogène nécessaires. Il s'agit là de programmes extrêmement ambitieux, multiformes, pour concevoir, tester, certifier et fabriquer les avions et les moteurs, mettre au point les procédures au sol et mettre en place toutes les filières complètes de fabrication, approvisionnement et distribution, en équipant les aéroports, dans les situations requises de *sécurité*, de *faisabilité* et *viabilité technique, opérationnelle et économique*, avec le *gain environnemental* global visé.

## Programmes de Recherche et Innovation

Faire face à l'immense défi climatique va dans tous les cas obliger à lancer des programmes ambitieux dans tous les secteurs, nécessitant des investissements considérables. Ce sera le cas aussi pour le secteur aérien, avec d'ailleurs beaucoup d'interdépendances intersectorielles.

Les technologies de rupture visées, en particulier dans le secteur de l'aviation, ne sont pas sans soulever des questions importantes. *Des études sérieuses menées par des experts aéronautiques très compétents soulignent ou laissent entendre la faible probabilité que ces technologies (comme celles de l'électrification, incluant l'hybride<sup>4</sup>, et celles utilisant l'hydrogène<sup>5,6</sup>) arrivent à maturité dans la première moitié du siècle.* Sont-elles donc compatibles avec les échéances envisagées ?

---

<sup>3</sup> Colloque AAE: «comment volerons-nous en 2050 ? » (Toulouse - mai 2012)  
Dossier AAE n° 38 (2013)

<sup>4</sup> Considerations for Reducing Aviation's CO<sub>2</sub> with Aircraft Electric Propulsion  
Alan H. Epstein\* and Steven M. O'Flarity Pratt & Whitney  
JOURNAL OF PROPULSION AND POWER Vol. 35, No. 3, May-June 2019  
<https://arc.aiaa.org/doi/pdf/10.2514/1.B37015>

<sup>5</sup> L'avion à hydrogène: ambition ou illusion ?  
Eric Dautriat, membre 3AF et vice-président de l'Académie de l'Air et de l'espace  
Lettre 3AF n°44 - Octobre 2020  
[https://www.3af.fr/global/gene/link.php?doc\\_id=4234&fg=1](https://www.3af.fr/global/gene/link.php?doc_id=4234&fg=1)

<sup>6</sup> Opinion: Leave Hydrogen For Dirigibles  
Alan H. Epstein professor emeritus at the Massachusetts Institute of Technology January 13, 2021  
<https://aviationweek.com/aerospace/program-management/opinion-leave-hydrogen-dirigibles>

On peut faire une remarque allant dans le même sens, dans un contexte international, concernant le dernier exercice (2017-2019) effectué par un groupe d'experts indépendants pour le comité environnemental de l'OACI (« CAEP »), chargé de fixer les objectifs *intégrés* (bruit et émissions) des moteurs et des avions, considérés « challenging but achievable », pour le moyen terme (2027) et le long terme (2037) : les objectifs jusqu'à 2037 ont sciemment écarté les configurations et systèmes non-conventionnels, les technologies de rupture (dont l'aile volante, l'électrification, l'open rotor et l'ingestion de couche limite : « BLI »; les carburants durables et l'hydrogène n'y sont pas évoqués). La faisabilité, la viabilité et les bénéfices de tels systèmes n'étaient pas suffisamment probants pour être retenus pour élaborer les objectifs quantifiés. Ces configurations et technologies « non-conventionnelles » ont fait l'objet d'un chapitre à part, dans lequel sont rappelés en détail les multiples défis, obstacles potentiels et risques liés à leur déploiement<sup>7</sup>. Le groupe de 15 experts de tous horizons impliqué dans l'exercice ne pouvait pas être soupçonné de conservatisme, étant composé pour moins d'un tiers de personnes issus du monde de l'industrie, les autres venant du monde de la recherche ou universitaire.

Ceci indique qu'il peut exister un décalage entre le jugement d'experts indépendants (individuel ou en groupe) et ce qu'affichent des organismes privés ou publics en matière d'objectifs.

La question posée concernant les technologies de rupture est complexe, liée aux programmes européens de recherche couvrant les prochaines années / décennies: compte tenu des implications liées à la dépendance de l'approvisionnement des nouveaux carburants et des nouvelles infrastructures, des investissements très importants sont nécessaires, l'intervention d'un grand nombre d'acteurs nouveaux, beaucoup de coordination, de démonstrations dans des conditions représentatives, pour les nouveaux moteurs, les nouveaux avions et les nouvelles interfaces avec les infrastructures, les nouvelles procédures, le développement de réglementations appropriées, les vérifications rigoureuses de sécurité indispensables concernant l'ensemble des processus au sol et en vol. Cela conduit à poser la question suivante : compte tenu que les ressources totales sont limitées, d'autant plus dans la situation de crise engendrée par la pandémie, le choix de miser et donc d'investir beaucoup, voire prioritairement, sur ces technologies de rupture avec l'objectif du secteur aérien européen<sup>8</sup> d'accélérer leur introduction en service, est-il le meilleur choix ? Si on effectue (ou croit pouvoir effectuer) une maturation accélérée de ces technologies - hypothèse osée, voire paradoxale, si on considère ce qu'en disent les experts techniques - avec des démonstrateurs censés précéder l'entrée en service d'un intervalle de temps limité, n'y-a-t-il pas un très grand risque que le produit développé « hâtivement » ne réponde pas finalement aux critères multiples à satisfaire simultanément et à la demande réelle du marché, avec la nécessité de redévelopper les technologies et les produits parce que leur définition (pour les rendre faisables, viables, sûrs, fiables, « vendables » et attractifs) devra s'écarter de celle des « démonstrateurs accélérés », avec au bout une perte de temps dépassant le gain de temps visé et des coûts de réorientation nettement augmentés, d'où une efficacité globale du processus très amoindrie. L'enjeu est loin d'être bénin, dans la mesure où les programmes de recherche et les investissements correspondants envisagés sont très importants. *Il ne s'agit pas ici de vouloir empêcher la recherche et le développement de technologies de rupture, qui ont un avenir certain, mais de bien mesurer ce qu'elles impliquent, et d'intégrer leur développement dans des programmes et avec des objectifs sains et réalistes, afin d'optimiser l'utilisation des ressources ainsi mobilisées.*

De manière concomitante et peut-être plus inquiétante, n'y-a-t-il pas un risque que dans cette escalade des objectifs très ambitieux et des innovations accélérées entre l'Industrie et les observateurs/décideurs politiques, s'infiltrent et se propagent des concepts et des pratiques de « processus raccourcis » à travers le triptyque Recherche, Innovation et Développement - renforcés par le souci grandissant de la rentabilité économique à court terme ? Le risque est d'émettre ainsi des signaux qui encouragent à s'écarter insensiblement des principes sur lesquels se fondent les sciences et techniques aéronautiques, notamment en matière d'évaluation de la maturité technologique : les notions de limite physique (mécanique, thermodynamique, aérodynamique), d'efficacité, d'optimisation des compromis et surtout les principes de base de la

<sup>7</sup> Independent Expert Integrated Technology Goals Assessment and Review for Engines and Aircraft – OACI Doc 10127 (2019)

Résumé dans: ICAO 2019 Environmental Report – Chapitre : Aviation and the Environment : Outlook (p.24-37)  
[https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20\(1\).pdf](https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO-ENV-Report2019-F1-WEB%20(1).pdf)

<sup>8</sup> Clean Aviation - Strategic research and innovation agenda (July 2020)  
[https://www.clean-aviation.eu/files/Clean\\_Aviation\\_SRIA\\_16072020.pdf](https://www.clean-aviation.eu/files/Clean_Aviation_SRIA_16072020.pdf)

*sécurité* ne devraient-ils pas s'imposer dès le stade le plus en amont de la recherche et des avant-projets ? N'est-ce pas un piège inhérent au forçage technologique (« technology forcing ») ? N'y a-t-il pas là, partant de la volonté louable de contribuer à la réponse au problème réel urgent du risque d'emballement irréversible de la machine climatique et du désir compréhensible que le secteur ne soit pas pénalisé de manière brutale, avec des répercussions sévères au niveau socio-économique et sociétal (mobilité réduite), le risque de créer un emballement d'une autre nature dans la spirale de l'embellissement des possibilités futures et des « objectifs-mirages » ? Avec de plus, le risque déjà susmentionné de développer un produit « faussement mûr » - donc insuffisamment sûr - et/ou inadapté, qui obligerait à en reprendre le design « au prix fort » avec gaspillages de temps et de ressources.

Ces questions peuvent se traduire sous une autre forme en termes de risque d'indication faussée / de décalage du niveau de maturité technologique (« Technology Readiness Levels » : TRL) : si la représentativité d'un démonstrateur est insuffisante en termes d'intégration complète des aspects infrastructures, procédures au sol, et/ou repose sur des changements d'échelle ne prenant pas en compte tous les facteurs de manière suffisamment réaliste, le niveau TRL5 ou 6 peut être attribué de façon prématurée, entretenant l'illusion d'une perspective d'atteinte d'un produit certifiable / TRL8 dans un délai plus court que celui à prévoir réellement, et ce, avec un gain associé très optimiste.

*D'autres questions fondamentales peuvent être soulevées, en termes de disponibilité des carburants alternatifs et hydrogène en quantités suffisantes pour garantir un impact global significatif, sur la provenance des sources d'énergie mises en œuvre et sur les effets environnementaux globaux.*

Concernant la *sécurité*, rappelons que, compte tenu de la croissance du trafic aérien, le taux d'accidents par million d'heures de vol, qui a été abaissé à un niveau très bas aujourd'hui, devra l'être encore d'un facteur de 3 ou 4, si l'on doit maintenir un taux d'accidents par semaine ou mois qui reste dans les limites de ce que la société peut « tolérer ». Or l'incorporation de ruptures technologiques, avec son cortège d'incertitudes, d'avancées dans des domaines jusque-là peu explorés en aéronautique, un niveau très faible d'expérience par conséquent, implique un risque élevé de rencontrer des problèmes nouveaux. Tout cela représente un très grand défi, exigeant la mise en place de processus très rigoureux à tous les niveaux de la conception, de la recherche, du développement, de la fabrication et de la production, des essais, validations et vérifications, dans l'ensemble de la chaîne allant des composants aux équipements, aux sous-systèmes, aux systèmes et à l'intégration au sens le plus large, des procédures de qualité adaptées en conséquence. En outre, l'efficacité environnementale devra être démontrée par des analyses détaillées des cycles de vie complets. Tout l'arsenal des moyens déployés devra être soutenu par un cadre réglementaire adapté, comportant des chapitres nouveaux entiers. *Malgré les progrès dans les méthodes et outils qui sont et seront disponibles (dont : digitalisation généralisée, simulations numériques, apprentissage profond, intelligence artificielle, internet des objets), la compatibilité avec l'objectif d'introduction accélérée des ruptures technologiques demeure très spéculative, sans oublier par ailleurs qu'il y aura de toutes manières une période de transition incompressible.*

### **Mais quel est le sens des « technologies de rupture » ?**

Les textes des rapports à caractère officiel ou les commentaires en circulation indiquent que les technologies de rupture sont souvent traitées comme une catégorie bien distincte. Cela demande à être examiné de plus près, car dans la réalité, la séparation est en partie arbitraire et artificielle. L'ensemble des technologies, qui comprend des technologies de rupture, et leur maturation, progressent de manière complexe, avec des flux divers, des bifurcations, des croisements, des arrêts / redémarrages, des associations, des incompatibilités, des évolutions et des déclinaisons multiples. Dans le temps et selon leurs caractéristiques, elles peuvent s'appliquer à certaines catégories d'avions seulement, avant de pouvoir *éventuellement* s'étendre à d'autres. Il serait illusoire de penser que l'on doive « miser » prioritairement sur des technologies de rupture, pensant que cela sera plus efficace et permettra d'aboutir plus rapidement à des gains significatifs. Par exemple, les technologies qui permettent de brûler des carburants durables « non drop-in » et surtout l'ensemble des technologies impliquées dans l'utilisation de l'hydrogène, tant qu'il y aura des turbomachines sur les avions concernés, qui brûlent cet hydrogène, l'efficacité de tels systèmes restera tributaire de technologies qui ne sont pas « de rupture » à proprement parler (même si elles devront être adaptées), afin de consommer le moins possible de carburant ou



d'hydrogène : de telles technologies continueront de conditionner la consommation d'énergie, les émissions produites, les coûts de carburant (aux prix généralement plus élevés que ceux du kérosène). Les technologies de rupture ont besoin d'être associées aux technologies plus conventionnelles, pour produire leur bénéfice, s'il doit y en avoir un !

Penser que l'on peut ou doit miser sur ces technologies en priorité relève donc d'une vision simpliste, et impliquerait une forte prise de risque, dans la mesure où négliger les technologies conventionnelles en les privant des ressources nécessaires à leur développement - au profit des technologies de rupture - pénaliserait le résultat global.

Par ailleurs, la terminologie de « rupture technologique » telle qu'elle est utilisée n'est pas dénuée d'ambiguïté : elle recouvre en fait une notion de mutation plus étendue que seulement « technologique », au-delà de l'aéronautique, en termes de besoins, transformations, et implications touchant de multiples domaines (techniques, socio-économiques, environnementaux, infrastructure, coûts, etc.), avec l'exemple type que constitue la filière hydrogène ou « société à base d'hydrogène ».

Il est parfois sain de prendre du recul par rapport aux courants de mode sémantiques qui tendent à envahir un vocabulaire à tendance technocratique...

### **Les dimensions de l'aviation : pays, Europe et monde.**

Beaucoup d'études, analyses, rapports et textes réglementaires consacrés à l'aviation sont focalisés sur l'Europe. Cette dimension est évidemment d'une très grande importance, et elle le restera. Cependant, le problème climatique est global par nature, et l'aéronautique, par sa vocation, son champ d'action et son déploiement (liaisons aériennes, implantations et coopérations industrielles échanges commerciaux, tourisme, etc.), a une dimension mondiale évidente. Cette dimension n'a pu que s'amplifier, au fur et à mesure que la planète Terre « rétrécissait » en termes relatifs. Il est incontournable que la dimension européenne du secteur aérien, aussi importante soit-elle, soit aussi placée dans la perspective d'un contexte plus vaste, en particulier au niveau de l'évaluation des effets, des risques, des implications de mesures potentielles. Il en va de l'efficacité des mesures et des intérêts européens fondamentaux eux-mêmes. Traiter des problématiques globales comme celle du réchauffement climatique avec l'efficacité voulue exige une vision large, des stratégies et leviers d'action appropriés prenant en compte le contexte global : ceci s'applique au secteur aérien, dans sa volonté de contribuer à l'ensemble des solutions mises en œuvre, comme aux autres secteurs.

Les solutions envisagées pour le futur, notamment, autour de nouveaux carburants durables et de l'hydrogène, conduisent de fait à prendre en compte encore plus que par le passé les aspects énergétiques et les interdépendances associées entre secteurs utilisateurs potentiels, régions et pays, d'une manière qui déborde forcément des frontières européennes. Cela nécessite des accords internationaux et intersectoriels préalables et la prise en compte du contexte international « extérieur » pour toute mesure envisagée par l'Europe, si on veut aboutir à des solutions efficaces globalement et qui ne pénalisent pas les acteurs européens.

Mais au fait, qui sont ces acteurs aujourd'hui ? La mondialisation a entraîné des consolidations, des alliances au niveau des diverses composantes de l'industrie (constructeurs d'avions et moteurs, systémiers, équipementiers et transporteurs), et il est vraisemblable que le processus se poursuive, voire qu'il s'accélère sous les effets de la crise en cours, et à travers les interdépendances énergétiques.

Dans le secteur aéronautique, la proportion de matériels européens dans les produits américains est importante, et réciproquement. La pénétration de l'industrie américaine en Europe, dans les pays de l'Ouest et de l'Est, est significative (exemples : GE, Raytheon / United Technologies / P&W). Des rapprochements étroits comme celui de GE et SAFRAN dans CFMI sont révélateurs d'une osmose partielle, équilibrée réussie, de destins entrecroisés entre l'Europe et d'autres grands pays aéronautiques. D'autres exemples dans le monde ne manquent pas, mettant en évidence les intrications du tissu mondial aéronautique, dans la recherche, la conception, la production, les marchés et la maintenance. Cela est amené à s'accroître dans le contexte de consolidation déjà évoqué.

Tout ceci devrait inciter l'Europe, dans son ensemble (incluant l'industrie et les organismes de décision), à aborder les questions de compétitivité et de concurrence au niveau international avec l'ouverture et la prudence nécessaires, à l'heure de concevoir et lancer les grandes initiatives et plans pour l'avenir, incluant les mesures d'accompagnement, en prenant en compte tous les facteurs en jeu et les implications à tous les niveaux, européen et mondial, dans un contexte très évolutif.

### **Comment sont, pourraient être, devraient être fixés les objectifs ?**

Nous avons évoqué plus haut les limitations, les contraintes et les risques multiples inhérents aux développements technologiques et à leur intégration dans les divers produits aéronautiques. Ceci est à considérer avec encore plus de circonspection dans le cas de ruptures technologiques et supra-technologiques telles que celles concernées, ce qui devrait tempérer le niveau d'ambition qui sous-tend l'évaluation du gain moyen atteignable. Cela implique aussi que les intervalles d'incertitude - ou de confiance – associés, à prendre en compte lorsqu'on mentionne un gain potentiel, ou une échéance dans le temps, doivent être larges. La démarche traditionnelle consiste à évaluer un niveau moyen, avec une plage symétrique d'incertitude de part et d'autre. Dans des analyses probabilistes s'appliquant à des technologies très avancées et/ou nouvelles, compte tenu de la forte probabilité de ne pas atteindre l'objectif très ambitieux fixé, du fait des multiples aléas qui peuvent se présenter, il y a lieu d'associer à toute valeur moyenne de gain estimée, une distribution de probabilité / un intervalle d'incertitude dissymétrique, avec une probabilité nettement plus grande de se trouver du côté le plus défavorable. Cela peut être un pas supplémentaire dans la direction d'un « réalisme éclairé ».

### **Des voies navigables possibles pour l'avenir ?**

Les réflexions qui précèdent conduisent à suggérer de façon préliminaire quelques pistes, qui resteraient évidemment à discuter, « débroussailler » et compléter :

- *L'industrie aéronautique devrait s'en tenir à des objectifs ambitieux mais atteignables, qui respectent les principes sains que représentent des objectifs de type « S.M.A.R.T. » : Spécifiques, Mesurables, Atteignables, Réalistes et bien définis dans le Temps, sans chercher à séduire des décideurs « sous pression », de bonne foi à l'affût de tout ce qui peut leur permettre d'afficher des objectifs à la mesure des enjeux climatiques. Les décideurs, à leur tour, en intégrant des objectifs au-delà du « raisonnable », peuvent être incités à émettre sans le vouloir des signaux qui peuvent entretenir de faux espoirs, et dans le pire des cas encourager subrepticement des écarts par rapport aux réalités, aux principes de base et aux exigences fondamentales de l'aviation.*
- Comme corollaire de la suggestion précédente, il est suggéré que *la communication extérieure de l'Industrie à destination des services officiels nationaux et internationaux de l'aviation civile intègre un point de vue élargi à l'ensemble de la communauté technique compétente*, autant que possible déconnecté des intérêts corporatistes et commerciaux, sur les objectifs techniques futurs réalistes atteignables. L'AAE pourrait prêter son concours à une telle démarche.
- Dans les programmes et projets de Recherche et Innovation européens, il est important de calibrer de façon *équilibrée* les démonstrateurs, en termes de concept, définition, niveau technologique, niveau d'investissement et échéancier, pour qu'ils constituent *une étape la plus utile et efficace possible d'une évolution ainsi mieux lissée et optimisée, en vue d'une application produit faisable, sensée, viable et sûre, à une date compatible*, évitant en particulier le piège d'un faux niveau de maturité et représentativité, qui serait source ultérieurement de désillusion, retards, redéfinition et coûts additionnels.
- *Développer entre l'Industrie, les décideurs et les autres acteurs impliqués (dont l'AAE pourrait faire partie) une stratégie bien ciselée autour des arguments basés sur le contexte international / mondial de l'aviation et de la problématique climatique, sur le fait qu'il sera/serait plus efficace – et moins pénalisant pour l'Europe - d'aborder les questions de manière holistique, proportionnée entre secteurs, en prenant en compte les différents ratios*

*entre bénéfiques de l'aviation, coûts environnementaux et coûts socio-économiques de mesures restrictives, répartition optimisée des investissements, des coûts et des mesures en fonction du temps et des évolutions, des aspects géopolitiques, etc.*

Tout cela pourrait ou devrait rationnellement dissuader les décideurs de se précipiter sur des mesures imposées d'emblée avant d'en avoir analysé suffisamment tous les aspects et d'en avoir pesé toutes les conséquences aux différents termes.

En outre, cela devrait sinon arrêter du moins freiner la surenchère des objectifs surambitieux et la « spirale infernale » entre emballement climatique, embellissement des objectifs globaux et emballement des programmes de recherche avec des objectifs spécifiques surdimensionnés.

*« L'éloquence n'est que l'art d'embellir la logique »*

Denis Diderot