

# [ EN CLAIR ]

L'AVENIR DE L'AÉRONAUTIQUE FACE AU DÉFI DE LA  
DÉCARBONISATION



Par Maëlys Paco



LES JEUNES  
IHEDN

## À PROPOS DE L'ARTICLE

L'aéronautique constitue un secteur stratégique central, avec 102 465 avions en vol chaque jour. En effet, l'aviation est un moyen de transport rapide, de moins en moins cher, donc de plus en plus avantageux. Les recettes des entreprises du secteur aérien s'élevaient déjà à plus de 17 milliards d'euros en 2016 selon l'Association Internationale de Transports Aériens (IATA).

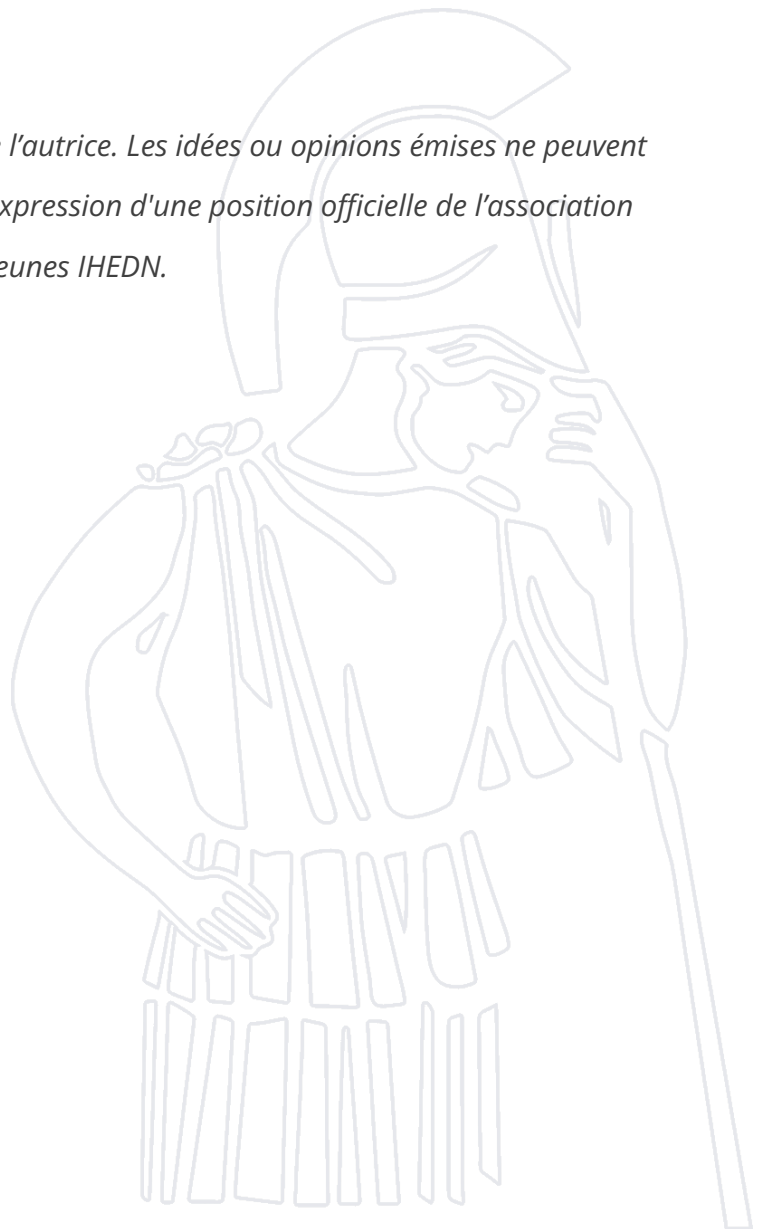
Les transports humains et de marchandises ne constituent pas les seuls et uniques piliers du trafic aéronautique dans le monde. Utilisés depuis le début du XXe siècle dans le mode militaire, les avions ont transformé les stratégies et mené des opérations à grande vitesse en instaurant une nouvelle zone de conflits. Par les avions de reconnaissance lors de la Première Guerre mondiale puis par la création de bombardiers stratégiques, chasseurs et avions d'appui rapproché lors de la Seconde Guerre mondiale. Aujourd'hui, ils se développent par l'innovation et deviennent plus rapides mais aussi plus énergivores.

Cependant, face aux défis environnementaux et au besoin urgent de décarbonisation atmosphérique, le secteur aéronautique se voit imposer un défi titanesque : conserver son efficacité sans émissions néfastes.

## À PROPOS DE L'AUTRICE

**Maëlys Paco** est étudiante en deuxième année de licence en Droits Européens à l'Université de Strasbourg. Membre depuis deux ans au sein du comité aéronautique et espace, elle s'intéresse aux relations entre le droit et le domaine spatial.

*Ce texte n'engage que la responsabilité de l'auteur. Les idées ou opinions émises ne peuvent en aucun cas être considérées comme l'expression d'une position officielle de l'association Les Jeunes IHEDN.*



## L'impact du secteur en chiffres

Selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les transports aériens contribuent à environ 2,5 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>, et leur empreinte environnementale globale, incluant la vapeur d'eau et les oxydes d'azote, est encore plus importante. Lors du premier confinement dû au Covid-19, les émissions de CO<sub>2</sub> ont chuté de 75 %, incitant de nombreux acteurs économiques et technologiques à se remettre en question – notamment ceux de l'aviation civile. Alors, arrêter l'avion, est-ce possible ?

Loïc Bonifacio, expert sur la décarbonisation des transports affirme : « *Même si l'avion à hydrogène pouvait arriver en 2035 – sujet sur lequel on peut avoir de sérieux doutes – ça ne suffirait pas de toute façon pour décarboner l'ensemble du secteur aérien. Pourquoi ? Parce qu'il faudrait aussi changer l'ensemble des infrastructures, il faudrait de nouveaux avions... Et tout ça, ça ne va pas arriver du jour au lendemain. Donc même si on a un avion en 2035, on n'en aura pas des milliers.* »<sup>1</sup>

L'Assemblée nationale s'était, par ailleurs, déjà emparée du sujet en 2019 avec un amendement dans le cadre de la Loi d'Orientation sur les Mobilités (LOM)<sup>2</sup> proposé par le député Insoumis François Ruffin et la présidente de Génération Écologie, Delphine Batho. Son objectif était de réduire les pollutions liées à l'aviation en « *supprimant les liaisons aériennes intérieures pouvant être réalisées par transport ferroviaire en une durée inférieure ou égale à cinq heures* ». Cette idée, restée au stade de proposition et froidement accueillie à l'époque, aurait été une véritable révolution mais aussi un véritable débat de fond. Elle est l'incarnation même du clivage entre l'urgence de limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et les besoins de déplacement des Français qui prennent parfois ce moyen de transport à des fin professionnelles.

<sup>1</sup> « Arrêter l'avion, c'est possible ? ». *France Culture* [en ligne], 31 juillet 2024. Disponible sur : <https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/le-temps-du-debat-d-ete/arreter-l-avion-c-est-possible-2267917>.

<sup>2</sup> Orientation des mobilités (LOM) (n° 2206) Amendement n°354 [en ligne]. Disponible sur : <https://www.assemblee-nationale.fr/dyn/15/amendements/2206/AN/354>.

Si une solution européenne est apparue afin d'entamer la décarbonisation (I), l'innovation fait face à de nouveaux enjeux en ce qui concerne la production électrique (II) pendant que la Chine possède la majorité des ressources, lui conférant un pouvoir géopolitique sans précédent (III).

## **Une solution européenne à la décarbonisation : le projet ZEROe d'AIRBUS**

Le projet ZEROe, dévoilé par AIRBUS en septembre 2020, permettra d'ici 2035 à l'entreprise de vendre et produire des avions à hydrogène – capables de voler sans émissions directes de carbone.

Pourquoi avoir choisi l'hydrogène ? Lorsque l'hydrogène est brûlé, il ne produit que de l'eau, ce qui fait de lui un carburant propre en termes d'émissions. Aussi, il contient à lui seul 3 fois plus d'énergie par kilogramme que le kérosène, actuellement utilisé dans le secteur de l'aéronautique. Cette énergie est aussi renouvelable et peut être produite par l'électrolyse de l'eau, dont la technique est déjà très bien maîtrisée.

Les qualités de ce projet s'accompagnent aussi de nombreux défauts, nécessitant un travail d'innovation approfondi pour être surmontés. En effet, l'hydrogène doit être stocké à des températures très basses (-253 °C) ou sous haute pression, ce qui rend les réservoirs encombrants. Aussi, les unités de production sont encore limitées et nécessitent d'être étendues afin de produire suffisamment d'hydrogène. Ainsi, Ce projet pourrait tenir ses promesses et devenir une technologie à vocation internationale. Par ailleurs, ce projet profite d'un investissement à hauteur de 2,5 milliards d'euros de la part des gouvernements français et allemands.

Aujourd'hui, plusieurs carburants émergent comme alternatives au kérosène :

- Les Carburants Synthétiques (e-fuels) ne sont pas aussi simples à produire. Produits en combinant de l'hydrogène vert avec du CO2 capté, ils peuvent

s'intégrer dans les moteurs actuels, mais leur production est encore inefficace et coûteuse. Environ 1,7 tonne d'hydrogène est nécessaire pour fabriquer 1 tonne de kérosène synthétique<sup>3</sup>. De plus, si l'électricité est utilisée pour ce processus, alors il n'est pas 100 % renouvelable. Ainsi, le bénéfice carbone peut être limité voire négatif.

- Les moteurs hybrides combinent des batteries électriques aux moteurs thermiques. Le E-FanX, annoncé en 2017, était un démonstrateur d'avion hybride électrique développé par Airbus, Rolls-Royce et Siemens. Le projet fut annulé, en 2020, à la suite de la pandémie de Covid-19. Cette technologie utilisée dans le secteur de l'automobile n'a fait ses preuves que partiellement. Par ailleurs, étant donné que les batteries actuelles nécessitent du lithium et que ce métal est rare, une certaine pérennité sur les approvisionnements étaient nécessaire – notamment des relations durables et stables avec les pays producteurs de lithium (tels que la Bolivie, l'Australie, le Chili et l'Argentine).
- Les moteurs électriques font l'objet de recherches très poussées entamées par la NASA<sup>4</sup>. En effet l'avion X-57 Maxwell a pris son envol en tant que premier avion entièrement électrique en 2020. Il reste un modèle expérimental dont le développement est toujours en cours. Deux ans plus tard, le 27 septembre 2022 a eu lieu le vol inaugural de l'*Alice d'Eviation* dans la continuité des vols 100 % électriques expérimentaux. Toutes ces évolutions vont sans doute marquer un tournant dans les vols commerciaux de courte distance. Encore faut-il que l'électricité utilisée soit la plus verte possible.

Ce ne sont pas les solutions qui manquent, mais plutôt les moyens mis en œuvre afin de les réaliser. La recherche doit alors se concentrer sur le type de moteur le plus écologique

<sup>3</sup> KOLOGO, Souleymane. « L'hydrogène énergie : Potentialités – Applications – Futurs ». *ENS Lyon* [en ligne], 06/02/2014. Disponible sur : <https://acces.ens-lyon.fr/acces/formation/formasciences/formasciences-2014/Intervention-hydrogene2.pdf>.

<sup>4</sup> « E-Fan X : le démonstrateur de vol hybride d'Airbus, Rolls-Royce et Siemens ». *Actu Aéro* [en ligne], 28 novembre 2017. Disponible sur : <https://actu-aero.fr/2017/11/28/e-fan-x-le-demonstrateur-de-vol-hybride-dairbus-rolls-royce-et-siemens/>.

et rentable sur le long terme afin d'en promouvoir les bienfaits auprès des entreprises commerciales.

## Les nouveaux enjeux de l'innovation en termes de production électrique

En parallèle de ces derniers projets, il y a l'émergence des avions électriques – qui posent eux, des questions d'autonomie et de recharge. Nous nous retrouvons ainsi entre la nécessité d'innovation dans une recharge rapide et une production d'énergie plus importante pour répondre aux nouveaux besoins d'un secteur énergivore. Tous les chemins mènent-ils au nucléaire ? L'éolien et le solaire sont certes des secteurs prometteurs, mais leurs natures intermittentes et leurs besoins en métaux rares semblent nous détourner de ces énergies. Elles pourront venir en complément du nucléaire, mais elles ne semblent pas pouvoir le remplacer à court/moyen terme.

Dans ce contexte, l'énergie nucléaire semble une solution naturelle. Secteur en plein essor, la fission nucléaire (phénomène par lequel un noyau atomique lourd formé d'un grand nombre de nucléons est scindé en deux ou en quelques nucléides plus légers entraînant une réaction en chaîne) sera peut être remplacée par la fusion nucléaire (réaction nucléaire dans laquelle deux noyaux atomiques s'assemblent pour former un noyau plus lourd, elle libère une quantité d'énergie colossale bien supérieure à ce que génère la fission nucléaire), sous réserve d'investissements suffisants. Toutefois, son opérabilité dans un futur proche n'est pas sûre.

C'est ce que le projet ITER (*International Thermonuclear Experimental Reactor*) tente d'atteindre. Ce dernier a pour défi d'en montrer la faisabilité d'ici 2035. Ce réacteur expérimental, basé à Cadarache, en France, est conçu pour être le plus grand dispositif tokamak (machine capable de créer et confiner un plasma chaud à près de 150 millions de degrés) jamais construit, capable de produire jusqu'à 500 MW de chaleur pendant 400 secondes, avec un ratio de 10 fois plus d'énergie générée que celle nécessaire pour initier

la réaction<sup>5</sup>. Ainsi, les questions qui se posent actuellement ne le seraient plus. Ce besoin énergétique souligne l'importance de l'innovation pour progresser dans l'aéronautique civile et militaire. D'un autre côté le secteur des énergies renouvelables, comprenant l'éolien et le solaire, offre un potentiel considérable, bien trop limité par leur intermittence.

La Chine, qui assure 70 % de la production mondiale des terres rares, s'impose comme un pays crucial par son pouvoir stratégique. Elle contrôle la majeure partie des procédés de raffinage ainsi que la production des métaux comme le néodyme, le dysprosium et le terbium, essentiels pour les moteurs électriques, les systèmes électroniques avancés et les batteries des avions hybrides ou électriques.

### Quels risques pour notre géopolitique ?

Le pays peut utiliser ces ressources comme moyen de pression géopolitique en augmentant les prix ou en refusant l'exportation, ce qui confère à la Chine un pouvoir sans précédent. D'autre part, l'extraction de ces métaux génère une quantité d'émission de CO<sub>2</sub> et de déchets toxiques titanesque qui contredit les objectifs globaux de durabilité dans l'industrie aéronautique.

En attendant, l'Empire du Milieu a lancé en 2023 l'avion de ligne Comac C919 qui s'apprête à concurrencer les modèles occidentaux comme l'Airbus A320 ou le Boeing 737. Cet avion utilise du SAF (*Sustainable Aviation Fuels*), décrit par air-journal.fr comme « *un carburant d'aviation liquide alternatif au carburéacteur traditionnel. Fabriqué à partir de matériaux renouvelables, il peut réduire les émissions de carbone jusqu'à 80 % sur le cycle de vie du carburant par rapport au carburéacteur conventionnel* ».

Alors, doit-on se contenter d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> ou doit-on les arrêter de façon drastique ? Doit-on se satisfaire d'une simple réduction si un arrêt total des

---

<sup>5</sup> « ITER en chiffres ». ITER [en ligne], 28 novembre 2023. Disponible sur : <https://www.iter.org/fr/facts-figures>.

émissions est possible ? Seule l'innovation des prochaines années pourra répondre à ces interrogations.

## **Conclusion : L'avenir de l'aéronautique face au défi de la décarbonisation**

La question de la décarbonisation ne laisse pas indifférent. Bien au contraire, elle est le point de départ de projets tels que ZEROe par Airbus. Cet intérêt porté à la question environnementale est porteur d'espoir pour l'avenir. Des pays en plein essor, tels que la Chine, proposent quant à eux des alternatives à bas prix permettant de réduire les émissions. Les besoins en énergie pourraient trouver une solution durable dans le projet ITER. Un projet qui pourrait révolutionner notre conception de l'énergie électrique.





[publication@jeunes-ihedn.org](mailto:publication@jeunes-ihedn.org)