

# Régulation des objets volants : une histoire centenaire à l'aube de la révolution digitale

Par Louis TEODORO, Pascale ROBERT et Orian DHEU  
Direction générale de l'Aviation civile (DGAC)

Des origines de la réglementation de la navigation aérienne internationale, prescriptive, à l'aviation innovante, les bases réglementaires de l'aviation civile internationale semblent avoir atteint leurs limites. Avec les évolutions techniques majeures qu'apporte le numérique à l'aviation civile depuis quelques années déjà, des modifications profondes des divers processus de certification et agréments et, plus généralement, du droit aérien devront voir le jour afin d'assurer un maintien des niveaux de sécurité des passagers et des tiers.

## LES ORIGINES DE LA RÉGLEMENTATION : LA « CONVENTION DE PARIS »

Entre 1890, année où Clément Ader élève son avion de quelques centimètres au-dessus du sol et 1909, celle de la traversée de la Manche par Louis Blériot, l'aviation accomplit des progrès manifestes. Son cadre juridique est en revanche lacunaire, comme l'illustre le périple de ce dernier, entrepris sans autorisation de la partie britannique ni même passeport ou papier d'identité. Aussi, l'idée germe-t-elle en France de convoquer une conférence internationale en vue d'établir des règles relatives à la navigation aérienne. Ses travaux s'interrompent lors de la Première guerre mondiale.

Quelques années plus tard, en 1917, le Comité Interallié d'Aviation est créé. Il a pour mission d'étudier les solutions d'uniformisation des types d'avions et équipements utilisés par les alliés pendant la guerre. Dissout en 1918, il inspire cependant le capitaine Albert Roper qui soumettra à Georges Clémenceau un projet d'instance similaire dédiée à l'aviation civile. La Conférence de la Paix, que préside le Père la Victoire de janvier 1919 à août 1920, en fournit l'occasion. Le Comité Interallié d'Aviation devient, en mars 1919, la Commission de l'Aéronautique, chargée de rédiger une convention internationale relative à la navigation aérienne.

La « Convention portant réglementation de la navigation aérienne » est signée le 13 octobre 1919, dans le Salon de l'Horloge du ministère des Affaires étrangères à Paris, par 27 États dont la France et les États-Unis. Partie intégrante des Traités, Protocoles et Conventions de la Conférence de la Paix, elle prévoit, à l'article 34, l'institution d'une Commission internationale permanente placée sous l'autorité de la Société des Nations, la future Commission internationale de la navigation aérienne (CINA). Elle pose le principe de la libre circulation internationale, dans le respect de la souveraineté des États sur leur espace aérien, consacre la notion de nationalité des aéronefs, définit les conditions de leur immatriculation. Elle impose le certificat de navigabilité et le brevet d'aptitude et la licence des pilotes entre autres dispositions.

Le 11 juillet 1922, la Convention entre en vigueur et la CINA siège à Paris. Sa première session est présidée par Pierre-Etienne Flandin et Albert Roper, élu Secrétaire général.



Figure 1 : La signature de la « Convention portant réglementation de la navigation aérienne » dans le salon de l'Horloge du ministère des Affaires étrangères (Source : Roger-Viollet).

La CINA veille à l'application de la Convention et crée des Annexes techniques, inspirées des travaux de la Convention de Paris, qui traceront la voie à ceux de l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI).

## LA CONVENTION DE CHICAGO : L'ORGANISATION DE L'AVIATION CIVILE INTERNATIONALE (OACI)

Au sortir de la seconde guerre mondiale, les progrès de l'aviation commandent l'adaptation et l'extension des règles de la CINA, l'essor de l'aviation commerciale et des vols longs courriers ne faisant plus de doute. La Conférence de l'aviation Civile, à laquelle plus de 50 États participent à Chicago, élabore une nouvelle convention qui vise à « créer et préserver l'amitié et la compréhension entre les nations et les peuples » et ambitionne un « développement sûr et ordonné » du transport aérien. L'OACI, organe technique chargé de la mettre en œuvre, s'inscrit dans la continuité de la CINA. Albert Roper en devient d'ailleurs le Secrétaire général.

La convention est ratifiée par 26 États en 1947, plus de 100 en 1964, 193 en 2019. Depuis 2013, elle est dotée de 19 Annexes qui traduisent les objectifs stratégiques de l'OACI : sécurité, capacité et efficacité de la navigation aérienne, sûreté et facilitation, développement économique et protection de l'environnement. Remarquablement, les 15 premières Annexes, en vigueur depuis 1953, ont peu évolué dans leur périmètre, sinon le contenu. L'adjonction ultérieure d'Annexes souligne la sensibilité nécessaire et grandissante de l'aviation civile aux bouleversements du monde : en 1972, l'Annexe 16 introduit les normes relatives au bruit des aéronefs ; en 1974, l'Annexe 17 cible la lutte contre les actes malveillants (elle sera considérablement renforcée après le 11 septembre 2011) ; l'Annexe 16, encore, sera augmentée de nouveaux volumes, confirmant l'émergence des préoccupations environnementales : les émissions des moteurs d'aviation (polluants) et de CO<sub>2</sub> des avions sont normalisées respectivement en 1982 et 2018 ; enfin, le régime de

Compensation et de réduction de carbone pour l'aviation internationale (CORSA) entre en vigueur en 2019.

En presque 80 ans d'existence, les succès de l'OACI en tant qu'instance normative sont notoires mais le modèle peut désormais interroger. Les audits qu'elle mène auprès des États montrent toute leur difficulté à transposer dans le droit national les plus de 12 000 normes et pratiques recommandées. À titre d'exemple, fin 2021, le taux moyen de mise en œuvre des normes s'élevait entre 50 % (règles relatives aux enquêtes de sécurité) et 82 % (règles de navigabilité).

Ces constats ont contribué à envisager des coopérations renforcées. Les accords bilatéraux sur la sécurité aérienne (BASA) ont ainsi pris une place d'importance dans le paysage réglementaire (*cf.* encadré sur BASA).

Ces constats ont aussi contribué à porter sur les fonds baptismaux l'Annexe 19, en 2013, qui impose des mesures de gestion de la sécurité dans tous les domaines de la Convention. Cette Annexe peut se lire comme une reconnaissance des limites de l'approche normative qui prévalait, où la simple conformité aux règles généralement prescriptives des 18 premières Annexes garantissait la sécurité. La numérisation, l'innovation technologique, l'intelligence artificielle (IA) rebattent également les cartes...

## **IA ET AUTONOMIE DANS L'AÉRONAUTIQUE : UNE NOUVELLE FRONTIÈRE TECHNOLOGIQUE ET RÉGLEMENTAIRE**

### **Automatisation *versus* autonomisation**

L'invention du pilote automatique dès 1914 par Lawrence Sperry<sup>1</sup> illustre combien et de longue date innovation et aviation ont emprunté un même chemin. Cette automatisation, d'abord mécanique, s'est particulièrement développée après la seconde guerre mondiale, avec le transport public de masse, l'exigence accrue de sécurité et l'avènement de l'électronique. Aujourd'hui, l'émergence de nouvelles technologies informatiques, du *big data* et de l'intelligence artificielle (IA) permettent d'entrevoir une (r)évolution socio-technologique, celle de l'autonomisation. Là où les automatismes assistent le pilote superviseur dans la réalisation d'une tâche bien définie, les systèmes autonomes permettent de déléguer tout ou partie de la réalisation de plusieurs fonctions d'une opération, y compris la prise de décision. Il convient de noter que différents degrés d'autonomie et niveaux d'interaction et d'implication homme-système (co)existent<sup>2</sup>. L'IA comme outil d'autonomisation peut être utilisée dans le (co)pilotage de l'aéronef, l'assistance de contrôleurs dans le service de contrôle de la circulation aérienne (ATC), etc.

### **L'IA et ses enjeux de sécurité**

Malgré les nombreux avantages de ces technologies, des défis se dressent. Il s'agit notamment d'améliorer leur acceptabilité sociétale et de démontrer la (cyber)sécurité des

---

<sup>1</sup> CALVERT B. (1985), "Aircrew and Automation", *The Journal of Navigation*, 38(1), pp. 1-18, doi:10.1017/S0373463300038121.

<sup>2</sup> En aéronautique, l'AESA classe les systèmes IA au regard de leur usage et de leur interaction avec les opérateurs humains. Sont distingués trois niveaux de délégation des pouvoirs décisionnels : niveau 1 (l'IA assiste l'humain), niveau 2 (l'IA coopère ou collabore avec l'humain) et niveau 3 (l'IA prend les décisions) (voir EASA (2023), "Artificial intelligence roadmap 2.0: human centric approach to AI in aviation", p. 18, <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137919/en>).

### **BASA : les accords bilatéraux sur la sécurité aérienne**

Parmi les règles de sécurité aérienne, celles qui concernent la navigabilité des aéronefs, c'est-à-dire leur aptitude à voler en toute sécurité constituent un enjeu majeur.

Très tôt dans l'histoire de l'aviation, les États « aéronautiques » ont, pour les besoins de leurs importations et exportations d'aéronefs, négocié des accords bilatéraux portant sur la navigabilité de ces produits. Ces accords étaient conclus en forme plus ou moins solennelle, simple échange de lettres diplomatiques ou traité en bonne et due forme.

Ainsi, dès 1938, les Gouvernements français et belge ont signé une convention bilatérale concernant la reconnaissance de la validité du contrôle technique d'aéronefs civils effectués de part et d'autre de la frontière afin de faciliter la délivrance du certificat de navigabilité français aux aéronefs civils construits en Belgique et destinés à être importés et immatriculés en France, et inversement. Cette convention reposait sur le constat, côté français, que le contrôle de la fabrication, des performances et de l'entretien des aéronefs belges s'exerçait de façon analogue dans les deux pays tant pour les prototypes que pour la série, permettant ainsi la reconnaissance mutuelle de la validité des opérations de surveillance.

Hormis un accord multilatéral signé en 1960 entre 17 États européens relatif aux certificats de navigabilité des aéronefs construits sur le territoire de l'un des États signataires et importés dans un autre, la question de la reconnaissance des certificats de navigabilité a été réglementée de façon bilatérale au moyen d'accords dits BASA (Bilateral aviation safety agreement) négociés entre États.

La France a négocié des BASA bilatéraux avec des États non européens, comme les États-Unis et le Canada, en matière de reconnaissance réciproque des certifications de navigabilité délivrées par chaque partie. S'agissant des États-Unis, cette reconnaissance a résulté d'abord d'un échange de lettres entre ambassadeurs en 1973, puis d'un accord formel intergouvernemental de 1996 et, s'agissant du Canada, celle-ci a été convenue par un accord intergouvernemental de 1987.

Toutefois, à l'avènement en 2003 de l'AEASA, les États membres lui ont transféré leur compétence en matière de certification initiale, renonçant à l'exercice de leur compétence sur la scène internationale en la matière. Cette compétence est devenue une compétence externe exclusive mise en œuvre par la Commission européenne, négociatrice mandatée par le Conseil. Aussi, lors de l'entrée en vigueur et la ratification de chaque BASA européen, les États membres ont été contraints de dénoncer les dispositions de leur propre BASA dès lors qu'elles relèvent du champ de compétence européen.

À ce jour, il existe cinq BASA conclus et signés par l'Union européenne avec le Canada, les États-Unis, le Brésil, la Chine et le Japon, entrés respectivement en vigueur en 2011 pour les deux premiers, 2013, 2020 et 2021 pour les autres.

Le domaine de prédilection des BASA est la certification de navigabilité et environnementale et la maintenance. Toutefois, depuis l'extension du champ d'application du BASA initial entre l'UE et les États-Unis à d'autres thématiques telle celle des licences les BASA les plus récents prévoient un domaine élargi de coopération.

Si les BASA ressemblent à des accords de reconnaissance mutuelle, ils s'en distinguent car ils ne relèvent pas de la politique commerciale commune de l'Union européenne mais de sa politique extérieure dans le domaine de la sécurité aérienne. Ils définissent des modalités pratiques permettant l'acceptation réciproque des certificats et des divers agréments mais n'ont pour ambition ni l'acceptation, ni la reconnaissance des normes et règlements techniques propres à chacune des parties.

systèmes utilisant de l'IA. La réglementation horizontale et sectorielle des moyens de transport, l'un des principaux leviers pour assurer un niveau de sécurité satisfaisant, soulève certaines problématiques qu'ont commencé d'analyser les différentes autorités, dont l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (AESA) pour l'aviation, chargée d'élaborer des règles techniques dans le domaine de l'aviation et de délivrer des certifications et dont la compétence est allée croissante depuis 2003.

## Défis réglementaires

Les défis réglementaires concernent de nombreux domaines, parmi lesquels la certification. Là où les avions conventionnels et les systèmes embarqués sont certifiés sur la base de la démonstration de leur conformité à des normes, les systèmes intégrant l'IA devront être évalués suivant de nouvelles méthodes : si la logique actuelle de certification repose sur des systèmes programmés déterministes dont le fonctionnement est testé *a priori*, avec des systèmes autonomes dotés d'algorithmes d'apprentissage automatique ou statistique (*machine learning*) susceptibles d'évoluer de manière indépendante, un nouveau paradigme de certification est nécessaire. Parmi les pistes de réflexion, des exigences portant sur l'évaluation du modèle d'apprentissage machine et la fiabilité des données plutôt sur le système lui-même sont explorées. D'autres difficultés se feront jour : l'explicabilité des décisions de l'IA, l'incertaine interaction homme-machine et IA, la cybersécurité ou encore l'analyse des causes racine des incidents ou accidents, fondement de l'amélioration de la sécurité.

## Une évolution du droit en perspective

Les autorités européennes et nationales ont pris conscience de la nécessité d'évaluer et de faire évoluer les cadres réglementaires. Après la parution en 2023 d'une feuille de route sur l'intelligence artificielle dans l'aviation civile<sup>3</sup>, l'AESA a publié ses premières lignes directrices pour les IA « *apprentissage machine* » de niveaux 1 et 2 en aviation civile<sup>4</sup>. Ces documents posent les jalons des possibles évolutions de la réglementation aérienne.

À l'échelle européenne, le projet AI Act du Parlement européen et du Conseil a été agréé le 8 décembre 2023. Il pose les dispositions générales applicables aux systèmes d'IA à haut risque. Les activités aéronautiques pourraient être soumises à certaines de ses règles<sup>5</sup>. Au-delà, l'adoption d'instruments spécifiques à l'IA dans l'aviation civile et l'évolution du règlement de base<sup>6</sup> ainsi que des règlements d'exécution ou délégués sont étudiés. Un des défis de l'élaboration de ces textes consistera à dépasser les silos réglementaires et à assurer une cohérence juridique globale de l'ensemble du dispositif normatif pour assurer efficacement la sécurité des usagers et des tiers.

---

<sup>3</sup> AESA (2023), "EASA Concept Paper: guidance for Level 1 & 2 machine learning applications. A deliverable to the EASA roadmap", Issue 2, <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137919/en>

<sup>4</sup> EASA (2021), "EASA Concept Paper: first usable guidance for level 1 machine learning applications", <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/134357/en> ; EASA (2023), "EASA Concept Paper: first usable guidance for level 1 & 2 machine learning applications. A deliverable to the EASA roadmap", <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137631/en>

<sup>5</sup> Selon l'article 81 du projet, les futurs règlements aéronautiques qui concernent des systèmes IA devront prendre en compte les exigences mentionnées au titre III, chapitre 2 du projet de législation IA. Voir EASA (2023), "Artificial Intelligence Roadmap 2.0. Human centric approach to AI in aviation", version 2.0, p. 8, <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/137919/en>

<sup>6</sup> Règlement (EU) 2018/1139 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2018 concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R1139>



Figure 2 : Volocopter (Source : Richard METZGER / DGAC – STAC).