

ASSEMBLÉE — 41<sup>e</sup> SESSION

## COMMISSION TECHNIQUE

## Point 31 : Sécurité de l'aviation et normalisation de la navigation aérienne

## L'AUTOMATISATION ET L'ÉVOLUTION DU RÔLE DU PILOTE

(Note présentée par le Canada et le Japon)

## RÉSUMÉ ANALYTIQUE

L'automatisation croissante et l'introduction du vol autonome dans l'aviation transforment le rôle du pilote. Cette évolution s'observe dans l'ensemble du secteur, mais en particulier en ce qui concerne les systèmes d'aéronef télépilote (RPAS) et les aéronefs avec équipage. Elle est porteuse d'avantages économiques, et améliore la sécurité et l'accessibilité de l'aviation, mais elle a également des incidences sur les cadres de référence et définitions en vigueur dans l'aviation, ce qui n'est pas sans soulever de nouvelles questions sur les compétences des pilotes, la responsabilité (y compris civile en cas d'incident) et le pouvoir décisionnel. La présente note s'intéresse au pilote, mais il va sans dire que l'automatisation a aussi des incidences sur les autres membres de l'équipage de conduite et personnels aéronautiques, qu'il convient de prendre en compte.

Veillez noter qu'au Canada, en anglais, nous utilisons la terminologie sans mention de genre et nous parlons de drones au sens large au lieu de *Unmanned Aircraft Systems* (UAS) ou de *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV)<sup>1</sup>.

**Suite à donner :** Consciente des incidences possibles sur la *Convention relative à l'aviation civile internationale (1944)* et l'*Annexe 1 – Licences du personnel*, l'Assemblée est invitée à :

- demander à l'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) de réexaminer les définitions relatives au pilote et aux membres d'équipage de conduite en tenant compte de la progression de l'automatisation et de l'évolution de la nature des vols ;
- recommander à l'OACI de procéder à un examen complet des compétences et de la formation nécessaires aux personnes responsables de la sécurité des vols (pilotes, agents techniques d'exploitation, etc.).

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <i>Objectifs stratégiques :</i> | La présente note de travail se rapporte aux objectifs stratégiques Sécurité et Développement économique du transport aérien.  |
| <i>Incidences financières :</i> | Les activités mentionnées dans la présente note seront menées sous réserve des ressources disponibles dans le budget du Programme ordinaire et/ou de contributions extra-budgétaires. |

<sup>1</sup> [Note de la traduction] Cette distinction n'a pas lieu d'être en français, la traduction de ces termes n'ayant pas de marqueurs de genre.

|                     |  |
|---------------------|--|
| <i>Références :</i> | <i>Convention relative à l'aviation civile internationale (1944), et Annexe 1 – Licences du personnel</i><br><i>Doc 9868, Procédures pour les services de navigation aérienne — Formation (PANS-TRG)</i> |
|---------------------|--|

## 1. INTRODUCTION

1.1 On observe depuis quelques années une tendance générale dans la société vers une plus grande automatisation, favorisée par de nouvelles technologies de pointe comme l'intelligence artificielle (IA) et l'apprentissage automatique. Cette tendance est manifeste dans le secteur de l'aviation, où l'automatisation est intégrée aux aéronefs avec équipage comme aux systèmes d'aéronef télépilote (RPAS).

1.2 En ce qui concerne les vols avec équipage, le poste de pilotage est de plus en plus automatisé et une évolution se fait graduellement du pilotage fondé les aptitudes à manier les commandes à un pilotage fondé sur les systèmes<sup>2</sup>. Cette évolution a été clairement amorcé dans les années 1980 avec la suppression de la fonction de mécanicien navigant sur les avions de ligne et de nombreux aéronefs militaires modernes, conséquence des progrès de l'informatique qui ont rendu cette fonction superflue.

1.3 S'agissant des RPAS, de nouveaux cas pratiques et modèles d'aéronef intègrent de plus en plus de dispositifs automatisés et de capacités relatives aux vol autonome. Dans le secteur de l'aviation, le concept d'exploitation décrit un environnement où les pilotes ne sont plus aux commandes d'un RPAS unique, mais gère plutôt sans discontinuité une flotte de RPAS, télépilotes ou autonomes, tandis que les opérations de pilotage traditionnelles sont prises en charge par des systèmes automatisés.

1.4 En écho à la progression de l'automatisation, plusieurs typologies ont été élaborées pour tenter de définir, catégoriser et/ou décrire avec exactitude un continuum d'automatisation. Les plus notables tentatives à cet égard sont celles de SAE International<sup>3</sup> pour le secteur de l'automobile (à noter que la typologie a ses limites et imperfections, surtout lorsqu'elle est appliquée à l'aviation) et d'ASTM International<sup>4</sup>. À partir de ces travaux, il convient de mentionner également une collaboration internationale entre les autorités de l'aviation civile et les parties prenantes du secteur, qui est en voie d'aboutir et vise à définir une vision standard de l'automatisation et de l'autonomie pour les RPAS. Bien qu'il existe certaines différences entre les typologies, toutes décrivent un continuum d'automatisation qui va du vol entièrement commander manuellement au vol entièrement autonome. Voir à l'Appendice A l'échelle d'automatisation établie dans le cadre de la collaboration internationale susmentionnée.

1.5 À l'échelle mondiale, les opérations de vol évoluent à un rythme soutenu sur le continuum. Les compagnies aériennes prévoient des vols comportant une automatisation poussée (avec certaines tâches ou fonctions exécutées de façon totalement autonome), et/ou entièrement autonomes (sans aucune intervention humaine). Par exemple, au Canada, il est possible de livrer du fret par RPAS autonome en utilisant un logiciel de gestion virtuelle des vols, à partir d'un organe central de contrôle des opérations. À l'extérieur du Canada, les entreprises utilisent des systèmes de plus en plus automatisés pour la livraison de biens, comme les fournitures médicales, les aliments et boissons, et d'autres produits de consommation.

1.6 Une évolution aussi marquée des vols modifie fondamentalement le rôle du pilote.

---

<sup>2</sup> University of North Dakota, Determining Appropriate Levels of Automation, FITS SRM Automation Management Research, Charles L. Robertson, 25 mai 2010, [https://www.faa.gov/training\\_testing/training/fits/research/media/Det\\_App\\_Lvl\\_Atm.pdf](https://www.faa.gov/training_testing/training/fits/research/media/Det_App_Lvl_Atm.pdf)

<sup>3</sup> SAE International, Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles, [https://www.sae.org/standards/content/j3016\\_202104/](https://www.sae.org/standards/content/j3016_202104/)

<sup>4</sup> ASTM International, TR1 - Autonomy Design and Operations in Aviation: Terminology and Requirements Framework, <https://standards.globalspec.com/std/14480544/TR1>

ASTM International, TR2 – Developmental Pillars of Increased Autonomy for Aircraft Systems, <https://standards.globalspec.com/std/14480549/TR2>

ASTM International, TR3: Regulatory Barriers to Autonomy in Aviation, <https://www.astm.org/tr3-eb.html>

## 2. ANALYSE

2.1 L'automatisation comporte de nombreux avantages pour l'aviation. Elle permet l'exécution de certaines tâches de façon plus précise, efficace, économique et sûre<sup>5</sup>, et peut réduire les risques pour le pilote, les passagers (le cas échéant) et toutes les personnes intervenant dans le vol.

2.2 L'automatisation rend aussi l'aviation plus accessible, en particulier si l'on prend en compte l'utilisation des technologies RPAS. Les éléments automatisés intégrés dans les RPAS font baisser sensiblement les coûts d'entrée et d'exploitation pour les usagers, dans une large mesure parce que le pilote n'a pas besoin de se trouver à bord de l'aéronef et que les risques associés sont réduits. L'automatisation réduit également certaines exigences et certains coûts relatifs à la formation des pilotes car elle permet d'intégrer certaines capacités dans le système au lieu de les attendre du pilote. Ces facteurs peuvent attirer une nouvelle génération de pilotes, qui pourraient comprendre des personnes pour lesquelles la mobilité est un obstacle ou un facteur déterminant (par exemple, personnes atteintes de handicap ou vivant dans des collectivités éloignées, ou personnes devant prendre soin d'un proche) et remédier à la pénurie anticipée de futurs pilotes dans l'aviation classique. Du fait que le développement des vols automatisés est associé à une diminution des profils de risque (par exemple, absence de passagers à bord), les exigences médicales pourraient aussi être adaptées de façon à élargir le bassin de pilotes potentiels.

2.3 Si l'automatisation croissante et les technologies RPAS offrent de formidables possibilités, elles mettent aussi à l'épreuve les structures actuelles et ont de vastes effets sur le système de l'aviation, qui est fondé sur la présence d'un pilote humain aux commandes d'un seul aéronef. Cette mutation nécessite une réflexion de fond sur les types d'aéronef, les opérations et les tâches qui seront menées à l'avenir, les modalités de leur intégration dans l'écosystème de l'aviation, et les moyens de maintenir la sécurité et la sûreté. Il faudra peut-être reconsidérer certains éléments et les adapter en fonction de l'évolution du système.

2.4 La modification fondamentale du rôle, des responsabilités et des tâches que les pilotes devront assumer, influera sur les exigences actuelles auxquelles ceux-ci doivent répondre pour obtenir leur licence (actuellement décrites dans l'*Annexe 1* et les *Procédures pour les services de navigation aérienne — Formation* (PANS-TRG, Doc 9868). En prévision de l'utilisation de systèmes automatisés complexes, de l'association humain-machine et de l'exploitation de flottes d'aéronefs, les futurs pilotes devront posséder des compétences et une formation poussées dans divers domaines -- gestion système et conduite des opérations (y compris les mesures d'urgence, par exemple en cas de panne), conscience de la situation, prise de décision, et facteurs humains. Ces compétences vont devenir plus importantes que certaines compétences traditionnelles du pilote, comme la coordination oculo-manuelle. Cependant, il demeurera essentiel de préserver les connaissances traditionnelles de l'aviation pour assurer la sécurité en cas de problème et pour favoriser une plus large acceptation des technologies dans la société.

2.5 Une question importante que soulève l'évolution de la nature des vols et des tâches des pilotes est de savoir où situer la responsabilité (y compris civile) et le pouvoir de décision. Si l'aéronef est géré par des systèmes autonomes et si le pilote n'est plus associé à certaines fonctions, voire à aucune (aucun humain dans la boucle), est-ce qu'il conviendrait de modifier le concept établi dans l'aviation au sujet de la responsabilité de la sécurité de l'aéronef (sécurité du fret et des passagers à bord, le cas échéant, et sécurité des personnes et des biens au sol), l'octroi de l'autorité, et la responsabilité en cas de panne? Par exemple, s'agissant d'un RPAS évoluant de façon autonome sans supervision humaine directe, y aura-t-il encore un pilote considéré comme étant « aux commandes » et responsable de la sécurité de l'aéronef? Est-ce que le contrôle de la circulation aérienne (ATC) communiquerait avec un pilote ou avec le système, et

---

<sup>5</sup> National Research Council of the National Academies, *Autonomy Research for Civil Aviation: Towards a New Era of Flight*, <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18815/autonomy-research-for-civil-aviation-toward-a-new-era-of>

qui serait responsable? Sur le plan juridique se posent également de nouvelles questions de compétence, notamment celle de savoir où adresser les demandes de dédommagement et à l'encontre de qui, et si l'assurance responsabilité civile est suffisante. Autant de questions qui nécessitent une réflexion sérieuse.

2.6 L'OACI définit un aéronef autonome comme un aéronef non habité qui ne permet pas d'intervention d'un pilote dans la gestion du vol<sup>6</sup>. Cependant, si l'on applique cette définition aux vols futurs, cela pourrait vouloir dire que les exigences relatives à la responsabilité ne peuvent pas être respectées. La responsabilité de la sécurité du vol s'appuie sur l'utilisation d'un équipement sûr, les connaissances et compétences des pilotes et le contrôle de la circulation aérienne. Telle est l'optique du cadre juridique et des définitions établis par la *Convention relative à l'aviation civile internationale (1944)* et l'*Annexe 1 – Licences du personnel*, où il est pris pour acquis que les pilotes sont des humains (pas des machines) et qu'il leur est attribué des responsabilités de vol en conséquence<sup>7</sup>. Voir les définitions applicables à l'appendice B. Cependant, à mesure que l'aviation évolue sur le continuum de l'automatisation et envisage des vols sans intervention humaine, les États membres de l'OACI devront réfléchir à l'interprétation de cette évolution et à la question de savoir si cette remise en cause du cadre défini par la *Convention* et l'*Annexe 1* peut être pris en charge par le concept actuel de gestion de la sécurité et de la sûreté.

2.7 Le Canada est d'avis que la responsabilité de la sécurité du vol, même si celui-ci est fortement automatisé et/ou autonome, doit continuer d'incomber à une personne, en conformité avec les principes reconnus du système de gestion de la sécurité (SGS). Dans la mesure où l'aviation évolue vers l'autonomie totale, le terme « pilote » devrait toutefois faire l'objet d'une réflexion, tout comme d'autres termes, comme « agent technique d'exploitation », pour déterminer s'ils conviennent toujours pour désigner la personne responsable de la sécurité d'un vol.

### 3. CONCLUSION

3.1 Le Canada et le co-auteur de la présente note sont conscients de l'évolution du rôle et des responsabilités du pilote, des compétences et de la formation nécessaires, ainsi que de la nécessité qui demeure de désigner une personne chargée d'assurer la sécurité du vol, ce qui peut également favoriser l'acceptation de l'utilisation des technologies d'automatisation dans la société et la confiance à leur égard. Tout en prenant acte de l'évolution technologique engagée et de la modification des rôles, il est toutefois nécessaire que l'Assemblée de l'OACI se prononce en faveur d'un réexamen des définitions relatives aux pilotes et au personnel de conduite, et envisage dans quelle mesure les définitions ou termes devraient être modifiés en fonction de l'évolution des technologies. Cette démarche pourrait inclure des amendements à la *Convention*, aux *Annexes* et aux *documents connexes sur les procédures*, ainsi que des éléments indicatifs prenant en compte l'évolution de la situation juridique et des opérations aériennes.

---

<sup>6</sup> OACI, Cir 328, AN/190, Systèmes d'aéronefs sans pilote (UAS), [www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328\\_en.pdf](http://www.icao.int/meetings/uas/documents/circular%20328_en.pdf)

<sup>7</sup> OACI, Normes et pratiques recommandées internationales, Annexe 1 – Licences du personnel, Section 1.1. Définitions.



## APPENDIX A

### PROPOSED CLASSIFICATION FOR AIRCRAFT AUTOMATION

- **Level 0 – Manual Operation:** The crew is responsible for all functions including controlling the aircraft, evaluating and responding to the aircraft and airspace environments, communicating with external systems, and managing the aircraft when failures present themselves.
- **Level 1 – Assisted Operation:** Systems which have been automated up to this level are used to support the crew in performing the specified function.
- **Level 2 – Task Reduction:** As technology and confidence in performing tasks within a specific Operational Design Domain (ODD) are gained, automation increases to the level where a system may take over a specific task or function to help the crew focus on more mission-critical tasks.
- **Level 3 – Supervised Automation:** By expanding the capability of the automated systems to handle not only aircraft functions, but monitoring and responding to changes in the environment, the crew moves from actively managing the function to monitoring the safety and effectivity of the operational outcomes.
- **Level 4 – High Automation:** Once the technology has demonstrated the ability to perform entire tasks or functions effectively and have a robust capability to respond to their environment, the crew may trust one or more flight systems to perform their function autonomously (i.e., without human supervision).
- **Level 5 – Full Autonomy:** At the far end of the spectrum is a fully autonomous function. At this level of automation there is not only no human involvement in the function, and likely no human awareness of dynamic operational parameters affecting the functions ODD.
  
- **Trusted Autonomy:** As autonomy increases, the human needs to build trust in the machine and the machine needs to build trust in the human. The deployment of trusted autonomous systems results from the optimized balance of human and machine tasks with a focus on integrity metrics defined to support safe and efficient airspace operations. Trusted autonomy can be considered a pathway to progressively remove the inherent limitations of full autonomy as known today.



## APPENDIX B

### APPLICABLE ICAO DEFINITIONS

#### **Annex 1: Personnel Licensing**

***Pilot (to).*** To manipulate the flight controls of an aircraft during flight time.

***Pilot flying (PF).*** The pilot whose primary task is to control and manage the flight path. The secondary tasks of the PF are to perform non-flight path related actions (radio communications, aircraft systems, other operational activities, etc.) and to monitor other crew members.

***Pilot-in-command.*** The pilot designated by the operator, or in the case of general aviation, the owner, as being in command and charged with the safe conduct of a flight.

***Pilot-in-command under supervision.*** Co-pilot performing, under the supervision of the pilot-in-command, the duties and functions of a pilot-in-command, in accordance with a method of supervision acceptable to the Licensing Authority.

***Pilot monitoring (PM).*** The pilot whose primary task is to monitor the flight path and its management by the PF. The secondary tasks of the PM are to perform non-flight path related actions (radio communications, aircraft systems, other operational activities, etc.) and to monitor other crew members.

#### **Annex 6: Operation of Aircraft, Part 1**

***Flight Operations Officer/Flight Dispatcher.*** A person designated by the operator to engage in the control and supervision of flight operations, whether licensed or not, suitably qualified in accordance with Annex 1, who supports, briefs and/or assists the pilot-in-command in the safe conduct of the flight.

#### **ICAO Cir 328, AN/190, Unmanned Aircraft Systems (UAS)**

***Autonomous aircraft.*** An unmanned aircraft that does not allow pilot intervention in the management of the flight.