



3AF

Association Aéronautique
et Astronautique de France

LES DOSSIERS

● 2015-2025 : L'ESSOR DES DRONES CIVILS

● 2015-2025: THE RISE OF CIVILIAN DRONES



**2015-2025 :
L'ESSOR DES DRONES CIVILS**

**2015-2025:
*THE RISE OF CIVILIAN
DRONES***

© Académie de l'air et de l'espace

Avril 2026. Tous droits réservés. / April 2026. All rights reserved.

Crédits photo couverture / Cover credits:

Delair-Schiebel-Visuel généré par l'IA – Delair-Schiebel-AI generated image

AAE

Ancien Observatoire de Jolimont – 1 avenue Camille Flammarion

31500 Toulouse – France

+33 (0)5 32 66 97 96 – contact@academieairespace.com

www.academieairespace.com

3AF

6 rue Galilée – Paris 75116 – France

+33 (0)1 56 64 12 30 – admin@3af.fr

www.3af.fr

Achevé d'imprimer mai 2026

Imprimerie Trèfle

Z.I. du Terroir – 2 impasse Gutenberg

31340 Saint-Alban – France

ISBN 978-2-487161-05-4

ISBN 979-10-92518-59-7

ISSN 1147-3657

Dépôt légal : juin 2026

SOMMAIRE / CONTENTS

2015-2025 : L'ESSOR DES DRONES CIVILS

Texte intégral français et annexes (texte de référence)5

2015-2025: THE RISE OF CIVILIAN DRONES

Full text and appendices (*English translation*)..... 75

2015-2025 : L'ESSOR DES DRONES CIVILS

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	9
SYNTHÈSE	11
Un paysage réglementaire en pleine mutation	11
Évolution du marché et des usages	12
L'accélération de l'usage dual	12
Avancées technologiques et défis.....	13
En conclusion	13
Recommandations	14
1. INTRODUCTION	15
1.1 Création d'un groupe de travail joint AAE-3AF sur la mise à jour du Dossier n°40	15
1.2 Principaux changements intervenus depuis dix ans.....	16
2. QUELLES ÉVOLUTIONS EN DIX ANS ?	19
2.1 Une population de drones en forte croissance.....	19
2.1.1 Les drones grand public	19
2.1.2 Les drones professionnels	20
2.2 Le renforcement de l'usage dual des drones	21
2.2.1 Les conflits récents au Moyen-Orient et en Ukraine	21
2.2.2 Les missions de service public et de sécurité	24
2.3 Les évolutions technologiques	27
2.3.1 Les liaisons de données	27
2.3.2 Intelligence artificielle	30
2.3.3 Miniaturisation	31
2.4 Réglementations française et européenne	33
2.4.1 La réglementation française	33
2.4.2 La réglementation européenne.....	34
2.4.3 La phase de transition.....	35

2.5	Insertion dans l'espace aérien	36
2.5.1	Dispositifs de signalement électronique et d'identification à distance	36
2.5.2	Le concept U-Space	37
2.5.3	Déploiement des systèmes de perceptibilité électronique	38
2.6	Paysage industriel et structuration de la filière en France et en Europe	39
2.6.1	Professionnalisation de la filière	39
2.6.2	Soutien financier de la filière	41
2.6.3	Centres d'essai en vol drones	43
2.7	Le développement de la lutte anti-drones	44
2.7.1	Principes et architecture d'une capacité anti-drone	46
2.7.2	Constats sur le dispositif mis en place lors des Jeux olympiques en 2024	47
3.	RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL	49
3.1	Bilan des recommandations de 2015	49
3.2	Nouvelles recommandations	49
3.2.1	Sur la réglementation	49
3.2.2	Sur les communications	51
3.2.3	Sur le soutien à la filière	52
3.2.4	Sur la souveraineté	53
ANNEXES		
	Annexe 1 : Acronymes	55
	Annexe 2 : Liste des participants	57
	Annexe 3 : Liste des personnes interviewées	58
	Annexe 4 : La réglementation européenne en résumé	59
	Annexe 5 : Les U-Space en résumé	63
	Annexe 6 : Bilan des recommandations de 2015	65
	Annexe 7 : Documents de référence	72

AVANT-PROPOS

Le domaine des drones est en pleine mutation et leurs applications civiles n'échappent pas à cette dynamique. Dans la dernière décennie :

- la réglementation européenne relative à la conception et la mise en œuvre des appareils civils a progressivement remplacé la réglementation nationale ;
- de nouveaux dispositifs U-Space se mettent en place pour gérer l'insertion des drones dans le trafic aérien ;
- le marché des drones et leurs usages ont connu une progression très importante dans les applications professionnelles et grand public ;
- les briques technologiques au cœur des systèmes de drones (liaisons de données, miniaturisation électronique, IA, ...) font l'objet d'innovations majeures ;
- les conflits militaires actuels mettent en exergue la porosité entre les mondes civil et militaire, dans lesquels la dimension de dualité n'a jamais été aussi prégnante ;
- la prolifération des drones grand public et les actions malveillantes avec ces drones ont justifié la mise en place de dispositifs de lutte anti-drones, en particulier lors des Jeux olympiques de Paris.

C'est dans ce contexte que l'Académie de l'air et de l'espace (AAE) et l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) ont décidé de rassembler à nouveau leurs expertises pour faire le point sur toutes ces évolutions et souligner les enjeux essentiels pour assurer un positionnement fort des filières de drones civils françaises et européennes dans la compétition mondiale.

Ce document fait un état le plus exhaustif possible de la situation en s'appuyant sur une douzaine d'interviews de parties prenantes, que nous remercions pour leur apport, et émet un certain nombre de recommandations pour lever certains points durs et améliorer la compétitivité des acteurs français et européens du domaine.

Nous tenons ici à remercier les experts de l'AAE et de la 3AF qui ont participé à ce travail. Cet engagement collectif pour répondre aux enjeux contribue à éclairer le futur de ce domaine en pleine évolution.

Bruno Berthet

*Président de l'Association aéronautique
et astronautique de France (3AF)*

Bruno Stoufflet

*Président de l'Académie de l'air et de
l'espace (AAE)*

SYNTHÈSE



Figure 1 :
Drone Delair
DT61
© Delair

À la suite d'un colloque fondateur en 2014, l'Académie de l'air et de l'espace (AAE) et l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) ont publié en 2015 le Dossier n° 40 (également référencé Cahier 14 par la 3AF¹), « Présent et futur des drones civils ». Face aux bouleversements technologiques et réglementaires de la dernière décennie, un groupe de travail rassemblant de nouveau ces deux entités a été mis en place en septembre 2024 pour actualiser ces travaux.

Des experts du domaine ont été consultés au cours d'une douzaine de sessions d'entretiens afin de réajuster l'analyse de 2015 et de formuler de nouvelles recommandations adaptées au contexte de 2025.

Un paysage réglementaire en pleine mutation

Le passage d'une réglementation nationale pionnière à un cadre européen harmonisé constitue le changement majeur de ces dix dernières années.

1 Ce document à double référence sera toujours cité par la suite en tant que Dossier n°40.

De la DGAC à l'EASA

- **Approche par le risque** : si la France (DGAC) a ouvert la voie dès 2012, avec une telle démarche, l'Europe (EASA) a adopté une approche basée sur le même principe mais segmentée en trois catégories d'opérations : Ouverte, Spécifique et Certifiée.
- **Élargissement du spectre** : contrairement à l'ancien seuil de 150 kg, la réglementation européenne s'applique désormais à tous les drones, quelle que soit leur masse.
- **Transition complexe** : la période de transition, achevée officiellement au 1^{er} janvier 2024, s'est poursuivie en France par dérogation jusqu'au 31 décembre 2025.

L'émergence de l'U-Space

Le concept de U-Space introduit des espaces aériens dédiés aux drones, gérés par des prestataires de services numériques (USSP), permettant une cohabitation sécurisée avec l'aviation habitée. Ce concept a été réglementé par l'Union européenne (UE), et sa mise en œuvre est en cours.

Évolution du marché et des usages

Le secteur a connu une explosion sans précédent, passant pour la France de 1 200 exploitants en 2014 à plus de 145 000 en 2025.

Les drones « grand public » : le fabricant chinois DJI domine le marché mondial avec environ 70 % de part de marché. En 2024 existent en France plus de 2,5 millions d'appareils, nombre en stabilisation après un pic en 2016.

Les drones professionnels : l'activité en Europe (2025) se répartit entre BTP et Inspection (28 %) – Énergie et Industrie (21 %) – Agriculture (16 %) – Audiovisuel (14 %) – en recul relatif par rapport à 2015) – Sécurité (12 %).

L'accélération de l'usage dual

L'un des faits majeurs de la décennie est l'effacement de la frontière entre applications civiles et militaires, exacerbé par les conflits récents (Ukraine, Moyen-Orient).

La leçon des conflits modernes

- Drones « consommables » : l'Ukraine utilise massivement des drones civils modifiés (type FPV, pilotage en immersion) pour des missions de surveillance ou d'attaque (munitions téléopérées). Leur faible coût permet un déploiement massif.
- Dépendance stratégique : l'usage de composants civils chinois pose des défis de souveraineté et de contrôle des exportations.
- Impact industriel : de nombreux constructeurs français ont basculé leur production : le ratio civil/militaire s'est inversé, le militaire représentant désormais souvent 80 % du chiffre d'affaires.

Missions de service public et sécurité

Les drones sont devenus indispensables pour les missions de service public et de sécurité (police, gendarmerie, pompiers) :

- gestion de crise : surveillance des incendies, recherche de personnes, évaluation de catastrophes naturelles, support aux opérations sur le terrain ;
- inspection : surveillance des infrastructures critiques et environnementales.

L'usage par les forces de l'ordre est strictement encadré en France (loi Drone de 2024, contrôle CNIL) pour garantir le respect des libertés individuelles.

Avancées technologiques et défis

Liaisons de données et connectivité

La communication entre le drone et sa station sol de mise en œuvre est utilisée pour le contrôle-commande (C2) et la transmission des données des capteurs embarqués. Elle peut s'effectuer de plusieurs manières :

- soit en utilisant des fréquences libres strictement limitées en puissance (portée 5 km max en vue directe) ;
- soit en utilisant des fréquences assignées par l'autorité nationale en charge des communications (ARCEP en France) permettant des portées plus importantes ;
- soit via les réseaux de télécommunication mobiles (4G/5G) : des expérimentations sont en cours. L'homologation pour un usage drone est attendue pour 2026. Cela permettra d'opérer plus facilement en BVLOS (vols hors vue directe) ;
- l'utilisation des Réseaux Maillés (MANet) permet le développement de réseaux robustes où chaque drone sert de relais. C'est un point fondamental pour le vol en essaim.

Menaces et résilience

La prolifération des drones civils a forcé l'État à s'équiper massivement en systèmes de détection et de lutte anti-drones malveillants notamment pour les Jeux Olympiques de Paris 2024.

En conclusion

En dix ans, le système de drones est passé d'un outil de niche pour passionnés à un pilier stratégique, industriel et sécuritaire.

La maturité technologique (IA, autonomie, miniaturisation) s'accompagne désormais d'exigences réglementaire fortes en Europe et d'une dualité d'usage qui redéfinissent les priorités de la filière française pour les années à venir.

► Recommandations

Sur la réglementation

- L'AESA devrait accepter que les anciens scénarios nationaux intégrant des études de sécurité prédéfinies (PDRA) soient équivalents aux nouveaux scénarios STS quand l'expérience passée a démontré un niveau de sécurité acceptable.
- Un scénario STS spécifique devrait être publié par l'AESA pour faciliter les vols hors vue de drones civils sur des sites étendus, à très faible densité de population.

Sur les communications

- L'ADS-L devrait équiper obligatoirement tous les aéronefs non équipés de l'ADS-B Out, alors que seuls les aéronefs pilotés volant en vol à vue sont envisagés par l'AESA, et seulement à titre volontaire, ce qui limiterait beaucoup l'intérêt de ce dispositif.

Sur le soutien à la filière

- Il faudrait que la part des programmes européens de R&D et SESAR consacrés aux drones civils reste significative. En outre, les financements nationaux devraient être mis en cohérence avec les financements européens, et se focaliser sur les points non couverts ainsi que sur ceux importants pour la souveraineté nationale.
- Des drones et des charges utiles adaptés à la surveillance en mer sont à développer quand les modèles de drones existants en Europe ne conviennent pas. Leur développement devrait être soutenu.

Sur la souveraineté

- Le rapport GICAT-ADIF recommande de disposer d'une feuille de route technologique pour le développement de drones de moins de 150 kg, et le lancement d'un appel à projets « souveraineté européenne » pour assurer de disposer de sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone. La priorité devrait être donnée au développement d'outils de production pour les technologies critiques comme les moteurs et les batteries.
- À l'instar de ce qui est envisagé en France un « label de confiance aux fabricants », devrait être mis en place en Europe pour qu'un drone puisse être acquis par un service exerçant des fonctions régaliennes ou de sécurité (défense, sécurité intérieure, sécurité civile, pompiers etc.).
- Pour les centres d'essai en vol drone, mobiliser un fonds national dédié (sur le modèle allemand) pour financer l'équipement et l'extension des centres d'essais drones en France et centraliser l'information et la planification pour les centres civils et étatiques afin de rationaliser et faciliter l'accès à ces ressources pour les industriels.

1. INTRODUCTION



Figure 2 :
Drone Delair
exploité par
Altametris
© Altametris

1.1 Création d'un groupe de travail joint AAE-3AF sur la mise à jour du Dossier n°40

Les 13 et 14 novembre 2014, l'Académie de l'air et de l'espace (AAE) et l'Association aéronautique et astronautique de France (3AF) ont organisé un colloque, « Présent et futur des drones civils ». L'intérêt suscité par ce colloque et la forte participation d'auditeurs passionnés ont confirmé l'importance des enjeux. À la suite du colloque, l'AAE a publié en 2015, en partenariat avec la 3AF, le Dossier n°40 [1], résumant les présentations du colloque et incluant des recommandations concernant le développement de cette nouvelle forme d'aviation caractérisée par l'absence de pilote à bord.

Depuis cette date, des évolutions majeures ont eu lieu et il est apparu nécessaire à l'AAE et la 3AF de réajuster l'analyse de 2014, revoir les perspectives de l'époque et mettre à jour les recommandations. Un groupe de travail joint des deux associations a été créé en septembre 2024. La liste des membres du groupe figure dans l'annexe 2. Le groupe de travail s'est réuni une douzaine de fois en distanciel, pour interviewer des experts du domaine dont la liste figure en annexe 3.

Chaque interview a duré une heure et, en général, deux invités ont été interviewés lors de chaque réunion. À l'issue de chaque réunion, un compte rendu a été rédigé et envoyé aux invités pour qu'ils le corrigent.

Le présent document décrit au chapitre 2 les principales évolutions constatées depuis 10 ans dans le domaine des drones civils légers en y intégrant les éléments fournis par les experts interviewés.

Le chapitre 3 fait le point sur les recommandations de 2014 et propose un certain nombre de nouvelles recommandations, au regard de la nouvelle situation.

1.2 Principaux changements intervenus depuis dix ans

La DGAC française a été pionnière dans le domaine de la sécurité des vols des petits drones, en publiant dès 2012 un premier jeu d'arrêtés pour réglementer cette activité. L'Europe s'est lancée ensuite dans la rédaction d'une série de règlements, dont la publication n'est pas totalement terminée.

La préparation des règlements européens a été confiée à l'Agence européenne de sécurité aérienne (EASA). Les deux réglementations sont basées sur une approche du risque sauf que l'européenne a été plus loin dans la segmentation et dans l'objectivation du risque, avec comme contrepartie un système d'exigences plus complexe tant dans l'analyse que dans la justification. La réglementation européenne distingue les opérations en trois catégories : « Open » (ouverte), « Specific » (spécifique), « Certified » (certifié, voir annexe 4). En outre, alors qu'avant 2015, les États membres de l'Union européenne avaient la responsabilité de réglementer les vols des drones de masse inférieure à 150 kg, la nouvelle réglementation européenne s'applique désormais à tous les drones aériens quelle que soit leur masse, de moins d'un kilo à plusieurs tonnes.

Les règlements européens ont été publiés en 2019, avec une période de transition de cinq ans (initialement prévue pour quatre ans) qui s'est terminée le 1^{er} janvier 2024. La France a demandé une extension de deux ans supplémentaires jusqu'à la fin de 2025 pour conserver certains scénarios nationaux standards. Pendant cette période, les règlements européens et nationaux ont cohabité.

La transition a posé et pose encore un certain nombre de problèmes aux exploitants et aux constructeurs. Ces problèmes seront abordés au §2.4.

En outre, la réglementation européenne a introduit le concept de U-Space, avec la mise en place d'espaces aériens dédiés aux vols des drones, et gérés par des fournisseurs de services U-Space (USSP). Ces nouveaux espaces aériens commencent à se déployer dans les États membres de l'Union européenne.

Le nombre d'exploitants de drones, privés ou professionnels, enregistrés par la DGAC, est supérieur à 145 000, et le nombre de drones enregistrés, supérieur à 300 000.

Ces chiffres n'ont plus rien à voir avec ceux de 2014 (1 200 exploitants enregistrés), et illustrent le développement extrêmement rapide de cette activité avec en parallèle une prolifération de drones légers privés.

Certains problèmes se posent, notamment de sécurité, comme les risques de collision avec les aéronefs habités, en particulier ceux qui sont en phase de décollage ou d'atterrissage.

La criticité des enjeux de sûreté, mis en évidence par exemple par des survols illicites de sites géographiques sensibles a conduit à la promulgation en France de la « loi Drone » [9], avec entre autres une obligation d'enregistrement et de signalement électronique et lumineux.

En parallèle, les services de l'État se sont dotés de systèmes de lutte anti-drones, avec une accélération depuis les Jeux olympiques de Paris, en 2024. Ces systèmes peuvent dans certain cas entrer en conflit avec le contrôle du trafic aérien, notamment lorsque brouillage et leurrage de la navigation par satellite (GNSS) sont activés.

Les services de l'État font un usage de plus en plus important de petits drones : police et gendarmerie, pompiers et sécurité civile, surveillance des frontières, surveillance des côtes, surveillance d'évènements, SAR, lutte contre les feux de forêt et les trafics illicites.... Le nouvel arrêté sur l'utilisation des drones de l'aéronautique d'État a été publié le 30 mars 2023 en s'inspirant de la réglementation de l'aviation civile. [3]

La guerre en cours en Ukraine fait un usage croissant des drones légers développés initialement pour des applications civiles et modifiés pour un usage militaire.

Cet aspect dual de l'activité des drones a un impact significatif sur les constructeurs des drones légers, dont les commandes sont en pleine croissance. Beaucoup de constructeurs français ont basculé leur production vers le domaine militaire pour atteindre typiquement 80% de leur chiffre d'affaires alors que le ratio civil / militaire était l'inverse il y a dix ans.

Les armées françaises se dotent de drones légers en tant que nouvelles armes, dont le prix unitaire et le cout de possession sont très inférieurs aux générations précédentes conçues spécifiquement pour les usages militaires.

Dans ce contexte de marché très dynamique, les évolutions technologiques sont nombreuses et rapides notamment dans les domaines des liaisons de données, de la miniaturisation des équipements bord (électronique, capteurs), du traitement des données et de l'autonomie grâce aux avancées de l'intelligence artificielle.



Figure 3 :
Drone Schiebel
de l'Agence
européenne de
sécurité
maritime, au
Cap Gris-Nez
© Schiebel

Figure 4 :
Drone DT46
Delair © Delair



Figure 5 :
Drone Delair
Altametrus
© Altametrus

2. QUELLES ÉVOLUTIONS EN DIX ANS ?

2.1 Une population de drones en forte croissance

Les drones civils, dont l'emploi a pris son essor il y a une quinzaine d'années, ont été classés historiquement en deux catégories suivant leur utilisation : drones de loisirs, drones professionnels. Plutôt que drones de loisirs il faut parler aujourd'hui de drones grand public.

2.1.1 Les drones grand public

Ce sont en général des mini-drones de petite taille et de faible masse. Certains sont considérés comme des jouets et non comme des drones. Les drones grand public de plus grande taille et de masse supérieure sont ceux utilisés en pratique surtout pour les usages professionnels, équipés d'une caméra vidéo, parfois de haute résolution, qui intéressent notamment les photographes et vidéastes amateurs ou professionnels.

Il existe aussi une catégorie de drones de loisirs équipés d'une caméra vidéo filmant vers l'avant du drone, et permettant aux télépilotes de les piloter à l'aide de lunettes spéciales sans fil : on les appelle les drones FPV ou drones avec pilote en immersion. Ces drones sont utilisés pour des compétitions dans des parcours dans un grand local ou en extérieur.

La fabrication de drones grand public est nettement dominée par le fabricant chinois DJI qui accapare environ 70% du marché mondial depuis plusieurs années.

En France, les ventes de drones grand public ont d'abord connu une forte progression, avec un pic de ventes à 200 000 appareils en 2016, avant de se replier : 103 000 drones ont ainsi été écoulés via les réseaux de distribution grand public en 2020. En 2024, on estime le parc de drones français à plus de 2,5 millions d'appareils.

Après une période d'équipement, le marché est aujourd'hui plus mature et les usages se diversifient. Des offres de location de drones pour une courte période sont également apparues, avec une utilisation très saisonnière.

Le marché reste toutefois très cyclique et environ la moitié des ventes sont réalisées lors de la période de Noël.

2.1.2 Les drones professionnels

Le Dossier n°40 de 2015 a donné une description assez détaillée des applications des drones civils professionnels en France. Les principaux points de ce dossier étaient :

- « *De multiples applications sont déjà répertoriées, de nouvelles ne cessent d'apparaître, et il est difficile d'anticiper avec précision l'évolution des drones dans le futur.* »
- « *... il existe une foison d'applications très diverses des drones avec de multiples combinaisons facilitées par leur polyvalence et leur versatilité intrinsèques.* »
- « *Le marché des drones civils est extrêmement morcelé en termes de besoins, fonctionnant plutôt comme un agglomérat de niches individuelles.* »

La situation en 2025 est voisine de celle de 2015, avec toutefois quelques changements : le site Dronyx donne une estimation pour l'Europe en 2025 :

- le BTP et l'inspection des ouvrages est l'application la plus développée : 28 % ;
- l'énergie et l'industrie est la deuxième : 21 % ;
- l'agriculture est la troisième : 16 % ;
- l'audiovisuel vient ensuite : 14 % ; ce n'est plus la première application des drones civils comme en 2015 ;
- la sécurité et la surveillance : 12 % ;
- l'environnement : 5 % ;
- autres (logistique, livraison, recherche ...) : 4 %.

Lors de son intervention devant le groupe de travail, en janvier 2025, le directeur de programme drones de la DGAC a donné un aperçu du paysage des opérateurs de drones en France, avec environ 145 000 opérateurs déclarés, la plupart en catégorie ouverte et 20 000 en catégorie spécifique.



Figure 6 :
Drone Delair Altametris
© Altametris

2.2 Le renforcement de l'usage dual des drones

2.2.1 Les conflits récents au Moyen-Orient et en Ukraine

Les forces armées ont employé des systèmes de drones en opération depuis plusieurs décennies pour mener des missions multiples, du niveau stratégique au niveau tactique. On peut citer notamment :

- l'appréciation globale de situation ;
- la surveillance du champ de bataille ISR (*Intelligence Surveillance Recognition*) ;
- la désignation de cibles pour mener des frappes ciblées depuis une autre plateforme ou le drone lui-même.

Ces missions ont été réalisées avec des drones conçus spécifiquement pour les missions militaires avec des MALE² et HALE³ pour les opérations à longue portée, des drones tactiques pour les opérations à moyenne élongation et des mini/micro/nano drones pour les opérations au contact.

Les conflits récents au Moyen-Orient et en Ukraine ont vu une rupture importante avec l'utilisation massive de drones à usage dual (« *dual use* ») :

- le terme « *dual-use* » désigne des technologies ou équipements qui peuvent servir à des fins civiles (agriculture, inspection, logistique, surveillance) ou à des fins militaires (reconnaissance, guidage d'armes, frappes directes) ;
- dans le cas des drones, de nombreux modèles conçus initialement pour un usage civil ou commercial (par exemple pour l'agriculture, la cartographie) ont été adaptés ou détournés en zones de conflit pour des usages de surveillance, bombardement (munitions « kamikaze ») ou soutien tactique ;
- cette dualité pose d'importantes questions de contrôle des exportations, de traçabilité, et de conformité au droit international.

Le détournement d'utilisation civile

La démocratisation et la commercialisation de drones de petite taille pour le grand public ont ouvert de nouvelles possibilités dans les conflits armés récents.

En Iraq et en Syrie où Daech commença à en employer dès 2012 « *pour filmer des documents de propagande, mener des missions d'observation, effectuer des tirs indirects, transporter et larguer de petites bombes et des engins explosifs improvisés* »⁴.

En 2019, au Haut-Karabagh, des drones peu coûteux de différentes tailles et charges utiles, utilisés en combinaison avec les menaces aériennes conventionnelles, visaient à saturer, démasquer les moyens de défense et à diriger les tirs pour les détruire.

2 *Medium Altitude Long Endurance* comme les MQ-1 Predator et MQ-9 Reaper armé, drones ISR ayant une endurance supérieure à 24 heures.

3 *High Altitude Long Endurance* comme le RQ-4 Global Hawk, drone de surveillance stratégique volant à 60 000 ft et capable de franchir plus de 20 000 km ou une endurance sur zone de 36 heures.

4 Extrait d'un rapport publié en 2018 par les Nations Unies : <https://docs.un.org/fr/S/2017/573>

L'Ukraine a été l'un des premiers pays à utiliser massivement de petits drones commerciaux, à partir de 2014 après l'annexion de la Crimée par la Russie et l'incursion dans le Donbass. La Russie a également commencé à utiliser des drones commerciaux en 2014.

Leur simplicité et leur prix abordable les ont rendus faciles à utiliser en grand nombre, ce qui rend acceptable qu'ils soient consommables étant détruits au cours de leur vol. C'est un élément clé dans le contexte de conflit de haute intensité et d'espace aérien contesté où les drones, malgré leur vulnérabilité, permettent de limiter l'exposition aux risques des aéronefs pilotés.

À titre d'exemple, on peut citer les drones DJI qui sont fabriqués en Chine. En 2023, l'Ukraine aurait acheté jusqu'à 30 % de la production mondiale de DJI/Mavic.

Ces drones de petites tailles et leurs composants, d'origine civile ou semi civile, échappent facilement aux restrictions internationales limitant l'exportation de matériel pour l'usage militaire.

La dépendance aux composants et aux drones chinois est toutefois devenue un handicap stratégique.

En 2024 et 2025, la Chine a imposé des restrictions à l'exportation de composants de drones vers l'Ukraine. Ainsi la Chine pose des contraintes à l'Ukraine dans sa capacité à soutenir la guerre. Ces restrictions ont gravement perturbé les chaînes d'approvisionnement en drones entraînant des pénuries sur les lignes de front et obligeant les unités militaires à chercher des alternatives.

Au Moyen-Orient, les milices soutenues par l'Iran ont mené des attaques de drones sur des infrastructures en mer Rouge ou contre Israël. On observe des frappes longues-distances, de drones « suicides » (*loitering munitions* et munitions téléopérées) et d'opérations transfrontalières ou maritimes (mer Rouge, Golfe).

Comme en Ukraine, l'élément *dual-use* est central : des composants civils, voire commerciaux, sont détournés par l'Iran pour des usages militaires en utilisant des réseaux d'achat à travers des pays intermédiaires.

Menaces à faible coût

Le coût de ces systèmes est bas entre autres grâce aux quantités produites et à l'absence de prise en compte d'aspects totalement secondaires dans ces contextes, comme la maintenance, la sécurité en entraînement, voire la fiabilité.

Au-delà des missions de surveillance conventionnelles, ces petits drones sont modifiés à coût minime pour transporter des charges explosives.

Ces drones kamikazes se transforment en roquette ou en missile du pauvre.

Cette solution permet de mener une stratégie de guérilla et de harcèlement de l'adversaire, et ce d'autant plus que ces drones peuvent être déployés en grand nombre.

Les coûts d'entrée étant plus faibles que pour des aéronefs pilotés, de nombreux acteurs peuvent déployer des forces aériennes à moindres frais, ce qui change la nature de la guerre.

Évolutivité

Les contre-mesures électroniques ont été l'une des principales causes de pertes de drones pendant le conflit en Ukraine, mais les deux belligérants ont développé des contre-mesures efficaces pour protéger leurs drones et les rendre plus résilients.

Les technologies développées vont irriguer les développements civils en rendant les drones civils plus résilients aux opérations dans des environnements électromagnétiques difficiles ou dans la lutte anti-drone pour protéger les événements ou les infrastructures sensibles.

Dans leur utilisation conventionnelle, ces petits drones ne sont utilisables qu'à de courtes distances : l'opérateur au sol est vulnérable.

Mais des dispositifs ingénieux basés sur des dispositifs civils de communication longue distance et des liaisons filaires par fibre optique ont permis aux forces ukrainiennes de contourner cette limitation.

Le 1^{er} juin 2025, l'Ukraine a lancé l'opération « Toile d'araignée », une attaque sans précédent sur le territoire russe. Des drones FPV (*First Person View*), dissimulés dans des conteneurs montés sur des camions, ont été infiltrés dans plusieurs sites à l'intérieur même de la Russie. Ces frappes ont visé simultanément cinq bases aériennes stratégiques, entraînant la destruction de plus de 40 bombardiers lourds russes selon les Ukrainiens.

Intensification de l'utilisation des petits drones

Les chiffres suivants permettent de mesurer l'ampleur de l'utilisation des drones en Ukraine :

- l'Ukraine fait face en 2025 à des menaces de 800 drones par soir ;
- en 2024, l'Ukraine visait à produire 1 million de drones, puis a relevé son objectif à 4 millions par an ;
- les rapports indiquent que les drones kamikazes FPV ont représenté 90 % des blessures traitées près des lignes de front et ont détruit plus de 800 chars russes, infligeant des dommages économiques substantiels pour une fraction du coût.



Figure 7 : Drone Oskar, munition téléopérée
© Delair

La tendance est à une banalisation des drones comme outils de guerre : plus accessibles, plus adaptables, plus nombreux et utilisant des composants civils.

Le concept « drone consommable » (munitions téléopérées ou MTO) va probablement se renforcer.

Le contrôle technologique devient central : qui produit, qui exporte, qui modifie ? Le rôle des composants, des logiciels, de l'IA dans les drones militaires va croître.

Dans le domaine du droit et de la gouvernance, il faudra renforcer les régimes d'exportation de biens à double usage, clarifier l'usage légal des drones (comme par exemple celui des drones autonomes létaux) et mieux définir la responsabilité en cas d'usage illégal.

Géopolitiquement, les États qui contrôlent les chaînes de production ou les composants-clés des drones ont un avantage stratégique dans ce domaine.

2.2.2 Les missions de service public et de sécurité

Les drones constituent désormais un outil central pour de nombreuses missions du secteur public. Leur polyvalence, associée à des technologies avancées de capture d'images (haute résolution, imagerie thermique, capteurs spécialisés), en fait un levier essentiel pour moderniser les services publics, améliorer l'efficacité opérationnelle et renforcer la sécurité. Leur adoption croissante s'explique par trois atouts majeurs : la capacité d'inspection à distance, l'amélioration des interventions d'urgence et leur utilité dans la gestion environnementale et l'aménagement du territoire.

Un outil d'inspection performant au service des infrastructures critiques

Les drones facilitent l'inspection des infrastructures critiques telles que ponts, réseaux d'utilité publique, bâtiments complexes ou installations industrielles. Grâce à leurs capteurs visuels et thermiques, ils permettent de repérer rapidement les anomalies, de surveiller l'évolution de l'état des structures et de constituer des archives aériennes complètes.



Figure 8 :
Drone Delair
DT26, inspection
dans les Pyrénées
© Delair

Cette approche modernise fortement les inspections traditionnelles : elle élimine la nécessité d'échafaudages, réduit les coûts et limite l'exposition des travailleurs à des environnements dangereux.

Les collectivités bénéficient directement de ces possibilités. Certaines municipalités ont pu réaliser en quelques semaines des campagnes de relevés ou de cartographie qui auraient demandé des mois, voire des années, en recourant à des méthodes classiques. Les économies générées sont significatives, notamment pour les relevés cadastraux, la détection de besoins d'entretien ou la mise à jour des bases foncières.

L'usage de drones suppose toutefois une gestion rigoureuse de la donnée. Les flux d'images, parfois sensibles, exigent des protocoles de communication sécurisés et cryptés. Les administrations doivent protéger les informations collectées, qu'il s'agisse de données personnelles, territoriales ou stratégiques, afin de préserver la confiance du public et de respecter les exigences réglementaires.

Un vecteur stratégique pour les interventions d'urgence

Les drones ont profondément transformé les missions de police, de sécurité civile et de secours. Leur capacité à fournir des images en temps réel, parfois dans des conditions difficiles, améliore la rapidité d'intervention et la sécurité des équipes.

En matière policière, ils sont utilisés pour la recherche de personnes disparues, la gestion de foules, le suivi d'événements sensibles et la documentation de scènes d'infraction. L'imagerie thermique offre une compréhension fine du terrain, notamment la nuit ou dans les zones difficiles d'accès.

En lutte contre l'incendie et les feux de forêt, les drones permettent de visualiser la propagation d'un feu, de détecter des points chauds et d'observer les zones enfumées sans exposer les pompiers à des risques inutiles. Cette vue d'ensemble améliore les stratégies d'attaque et la répartition des équipes.

En cas de catastrophe naturelle, ou plus généralement de gestion de crise, ils deviennent un outil indispensable. Lors d'inondations, de tremblements de terre ou de cyclones, d'accidents graves, les drones survolent des zones inaccessibles et fournissent des cartes actualisées, facilitant la localisation de survivants et l'évaluation des dommages. Leur apport accélère la coordination entre services d'urgence et autorités locales.

Un rôle croissant dans la protection de l'environnement et l'aménagement urbain

Au-delà de l'urgence, de nombreuses missions environnementales s'appuient sur les drones. Ils permettent de suivre l'érosion côtière, de détecter les décharges sauvages et de surveiller diverses formes de pollution. Ces opérations sont réalisées plus rapidement qu'auparavant et sans exposer les agents aux dangers de terrains instables ou pollués.

Les drones soutiennent également la maintenance des infrastructures et bâtiments, particulièrement dans le contexte de réglementations de sécurité renforcées. Leur capacité à inspecter façades, toitures ou pylônes à grande hauteur en fait un outil sûr et économique.



Figure 9 :
Drone Delair
DT61
© Delair

En urbanisme, la cartographie aérienne et la modélisation 3D deviennent des outils précieux pour le zonage, la planification des transports, l'analyse spatiale et la conception d'espaces publics. Les vues aériennes permettent aux collectivités d'anticiper des aménagements, de gérer l'expansion urbaine et de prendre des décisions éclairées.

Un cadre juridique strict encadrant l'usage public des drones en France

L'utilisation des drones à des fins de sécurité publique est strictement encadrée par la réglementation française, notamment le décret n° 2023-283 du 19 avril 2023 [2]. Seuls certains acteurs peuvent les employer :

- les services de police, gendarmerie et des armées pour des missions de prévention, de gestion de flux, de surveillance des frontières ou de secours aux personnes ;
- les douanes ;
- les sapeurs-pompiers, personnels de sécurité civile et associations agréées ;
- les agents de l'environnement pour la vérification d'installations et la prévention des risques naturels.

La collecte de données est limitée aux images, à la date, à la zone géographique et à l'identification de l'opérateur. Elle doit respecter plusieurs contraintes : non-permanence des enregistrements, nécessité strictement proportionnée à la mission et conformité aux législations du code de la sécurité intérieure ou de l'environnement.

La CNIL joue un rôle majeur dans cet encadrement en rappelant régulièrement les risques d'atteinte aux libertés individuelles et en insistant sur la nécessité d'un contrôle strict : autorisation préalable du préfet, délimitation géographique précise, limitation du nombre de caméras, durée maximale de conservation des images fixée à sept jours.

Enfin, l'arrêté du 24 mars 2023 [3] définit les catégories d'aéronefs sans équipage utilisés par l'État (ouverte, intermédiaire, certifiée) et les conditions techniques d'exploitation, comme la masse maximale, l'altitude, la visibilité directe ou encore les restrictions de survol.

2.3 Les évolutions technologiques

2.3.1 Les liaisons de données

Les communications radio sont très importantes pour le vol des drones, à la fois pour le contrôle commande (liaisons C2), la télémesure charge utile, le signalement et l'identification électroniques, et la localisation.

Les liaisons C2 et la télémesure charge utile utilisent des bandes de fréquences soit en accès libres, soit utilisables avec une licence d'autorisation délivrée par l'autorité nationale de régulation des communications électroniques.

Les bandes de fréquences en accès libre sont soit celles assignées à l'aéromodélisme, soit les bandes 2400-2483,5 MHz, 5170-5250 MHz et 5725-5875 MHz. En Europe, l'utilisation de ces bandes est libre mais les utilisateurs doivent respecter des limites de puissance émise : 100 mW à 2400 MHz, 200 mW à 5170 MHz et 25 mW à 5725 MHz. Ce qui en limite strictement la portée : ces fréquences sont essentiellement utilisées pour les vols en vue directe pour les opérations de la catégorie ouverte. Les utilisations sans licence ne sont pas protégées des brouillages. Lorsqu'un brouillage se produit, le drone doit pouvoir revenir de manière automatique à son point de décollage.

Il est possible d'augmenter la portée radio en utilisant au sol une antenne directive à grand gain. Mais dans ce cas la portée radio est limitée par la rotondité de la terre (environ 50 km lorsque le drone vole à 120 m de hauteur). On peut aussi améliorer la portée radio en utilisant un codage détecteur et correcteur d'erreur, ce qui augmente néanmoins le besoin de débit de données et nécessite une plus large bande passante.

Il est possible d'émettre des signaux de plus forte puissance et de plus large bande à condition d'utiliser une bande de fréquences assignée par l'autorité nationale de régulation des communications électroniques. Une telle autorisation est soumise à redevance et confère un droit à la protection des canaux réservés contre les brouillages. Toutes les bandes de fréquences attribuées au service mobile à titre primaire sont envisageables. Les conditions d'utilisation sont établies au cas par cas.

Pour assurer des liaisons au-delà de la portée radio, il est nécessaire d'utiliser une station relai qui peut être soit au sol sur un point haut, soit dans un satellite. Dans le premier cas, il est possible d'utiliser les bandes de communication sélectionnées pour la liaison directe avec la station sol. Dans le second cas, il est nécessaire d'embarquer à bord du drone un émetteur et une antenne supplémentaires pour assurer la liaison avec le satellite relai. Cette possibilité intéresse particulièrement les vols en BVLOS, et en particulier ceux qui sont effectués au-dessus des étendues maritimes. À titre d'exemple, les tests puis des vols opérationnels ont été effectués avec un drone de la société Boréal, avec le support du CNES, et en utilisant les satellites Iridium (en orbite basse) et Inmarsat (géostationnaires).

À noter également le développement de liaisons MANet (Mobile Ad-hoc Network) qui permettent de créer un réseau maillé entre stations au sol et drones. Elles permettent des liaisons de contrôle commande et d'échange de données robustes, sécurisées et



Figure 10 :
Drone Boréal
© Boréal

résilientes pour les systèmes de drones et particulièrement le fonctionnement en essaim. Chaque drone est un nœud du réseau et agit comme un récepteur/émetteur de communication, ce qui permet une reconfiguration en cas de perte d'un nœud, sans interruption de la mission.

Les liaisons de données sont sensibles au brouillage mais également aux attaques cyber. Des dispositifs de protection sont, de plus en plus, mis en place pour protéger les systèmes de drones contre de telles menaces, à l'instar des pratiques dans le domaine des systèmes de drones militaires.

Les liaisons de télémesure charge utile nécessitent des bandes passantes plus importantes en particulier lorsqu'elles servent à transmettre des images issues de caméras numériques haute résolution. Les bandes à 2400, 5170 et 5725 MHz sont en général compatibles avec des émissions large bande en utilisant des modulations appropriées (étalement de spectre) et aussi en réduisant la bande nécessaire par un processus de compression de données.

Pour les liaisons de données, il y a des solutions (Simpulse, Thales, ...) et une offre internationale variée (DTC UK, Silvus Technologies USA, Microhard Canada, ...).

Pour les liaisons C2 et télémesure charge utile, il va bientôt être possible d'utiliser les réseaux de télécommunication mobiles, 4G et 5G. Plusieurs expérimentations en ce sens ont déjà été réalisées, par Delair entre autres. Jusqu'ici, les cas d'emploi autorisés ne considéraient toutefois le réseau 4G/5G que comme une source secondaire de contrôle commande, le lien primaire restant le RLOS (*radio line of sight*) comme exigence de sécurité. Certaines opérations mettaient en œuvre un réseau dédié, permettant ainsi de s'assurer d'une certaine garantie de service, sans recours à un prestataire de service tiers.

La commission des communications électroniques de la CEPT (Conférence européenne des postes et télécommunications) a émis en 2022 la décision ECC (22)07 [4] qui définit les conditions de cette utilisation. Pour l'emploi des fréquences dans les bandes 880-915

MHz et 1920-1980 MHz, aucune condition particulière n'est imposée aux fournisseurs de services de communications mobiles. Par contre, pour les autres bandes allouées en Europe, des conditions importantes sont définies, avec des zones de non-transmission et des limites de densité spectrale de puissance, pour protéger les services adjacents comme la radioastronomie, la météorologie par satellite ou les radars primaires de surveillance du trafic aérien.

La Commission européenne serait en train de préparer une décision sur cette utilisation. Et l'ETSI (*European Telecommunications Standard Institute*) aurait été chargé de préparer une norme technique. Ces deux documents devraient être disponibles en 2026 et l'utilisation des réseaux de télécommunications mobiles devrait ensuite être possible. Il est probable qu'elle sera surtout employée par les opérations BVLOS, qui devront, pour pouvoir l'utiliser, s'assurer que tout l'itinéraire prévu de leur drone est bien couvert sans zone de transmission interdite. Cette contrainte risque d'être importante pour les exploitants de drones car l'information sur la répartition des fréquences sur les antennes relais n'est pas toujours disponible pour les utilisateurs. Et elle dépend des fournisseurs de service de télécommunications mobiles.

Le signalement et l'identification électroniques des drones nécessitent en général l'emploi d'émetteurs dédiés à bord. Les bandes de fréquences requises par la réglementation nationale sont définies dans l'arrêté du 27 décembre 2019 [5] définissant les caractéristiques techniques des dispositifs de signalement électronique et lumineux des aéronefs circulant sans personne à bord. La transmission doit être effectuée sur un canal wifi de la bande 2400 à 2483,5 Mhz. L'identification électronique doit utiliser un dispositif d'émission embarqué conforme à la norme européenne EN 4709-002.

Pour la localisation d'un drone, ce sont les signaux émis par les satellites GNSS comme les GPS américains et/ou les Galileo européens qui sont utilisés. Toutefois, en cas de présence à proximité du récepteur d'un brouilleur qui émet des signaux très puissants dans toute la bande de fréquence du récepteur, les fonctions d'extraction du signal GNSS implémentées (corrélateurs) ne peuvent plus fonctionner et le récepteur décroche. Ces brouilleurs sont hélas en vente libre sur Internet, alors que leur utilisation est interdite légalement.

Pour pouvoir continuer à voler en suivant un plan de vol précis, le drone a besoin d'un moyen de localisation de secours comme par exemple un système inertielle avec des recalages optiques sur amers, solution utilisée dans le domaine militaire. Sur un petit drone, ce type de dispositif est difficile à embarquer. Pour les vols en vue directe, le télépilote doit pouvoir contrôler son drone à vue et éventuellement le ramener au point de départ. Pour les vols hors vue, si le drone est brouillé, il faut qu'il puisse atterrir dans une zone libre d'obstacles et libre de personnes en utilisant par exemple un parachute. C'est d'ailleurs en utilisant le brouillage des signaux radio C2 ou de localisation que la lutte anti-drones oblige les drones qui effectuent des vols dans des zones interdites à interrompre leur mission.

2.3.2 Intelligence artificielle

Le lien entre l'intelligence artificielle (IA) et les drones présente un très fort potentiel avec, dès maintenant, des applications prometteuses car l'IA permet de rendre les drones plus autonomes et plus performants dans de nombreux domaines :

Le traitement des données mission à bord ou au sol

- Reconnaissance d'images et d'objets : détection et identification de personnes, véhicules, cultures, infrastructures, etc.
- Analyse de données : traitement des images ou des mesures collectées pour générer des rapports (ex. : cartographie 3D, suivi de cultures).

Ces capacités sont déjà des réalités opérationnelles.

Les drones équipés d'intelligence artificielle embarquée ont la capacité de collecter et d'analyser rapidement de grandes quantités de données, ce qui est essentiel dans des applications telles que la surveillance agricole pour la santé des cultures, la surveillance environnementale et l'inspection des infrastructures.

L'IA permet de décharger l'opérateur d'un certain nombre de procédures. Elle permet aussi d'éliminer une grande quantité d'informations non significatives. On parle par exemple dans le contexte de la surveillance de faux positifs. La combinaison drone/IA embarquée permet de réaliser ces traitements à bord, en cours d'opération, sans forcément nécessiter d'interaction avec le sol et sans intervention humaine.

Les informations qui sont transmises au sol sont alors plus pertinentes, moins nombreuses. La charge de travail des opérateurs et le besoin de bande passante pour les liaisons de données drones s'en trouvent diminués. Cette combinaison nécessite toutefois de maîtriser le niveau de détection de défaut de la chaîne IA à un niveau équivalent à celui d'un opérateur humain.

Le contrôle commande de l'appareil

Grâce à l'IA, et sous réserve d'acceptation par les autorités civiles, les drones seront capables de prendre des décisions complexes en temps réel en fonction de leur perception de l'environnement :

- navigation autonome : le drone définit sa route, évite les obstacles, et revient à sa base. L'IA contribue à faciliter la navigation en absence de signal GNSS en recalant la navigation optiquement sur des amers issus de photos satellite par exemple ;
- optimisation de vol : ajustement automatique de la vitesse, de la trajectoire et de la consommation d'énergie ;
- collaboration en essaim : plusieurs drones peuvent coordonner leurs actions mutuelles.

Quelques exemples d'application de l'IA

Les progrès dans l'IA et les modèles d'apprentissage automatique ont également permis aux drones d'adapter leur fonctionnement en fonction des données qu'ils collectent, améliorant ainsi leur efficacité dans diverses applications de drones.

Pour illustrer tout le potentiel de ce que peut apporter l'IA, quelques exemples d'utilisation figurent ci-dessous :

- **agriculture de précision** : les drones équipés d'IA analysent les cultures, détectent les maladies, optimisent l'irrigation et l'utilisation d'engrais ;
- **surveillance et sécurité** : les drones sont utilisés pour la surveillance des frontières, la détection d'intrusions, de comportements, ou la gestion des foules lors d'événements ;
- **logistique et livraison** : les drones effectuent la livraison de colis en zones difficiles d'accès ;
- **inspection d'infrastructures** : ponts, lignes électriques, pipelines... les drones inspectent et détectent les anomalies plus rapidement et efficacement ;
- **recherche et sauvetage** : en cas de catastrophe naturelle, l'IA du drone permet de localiser des survivants, cartographier les zones sinistrées, ou de repérer un naufragé parmi les moutons d'une mer agitée.

Les enjeux liés à l'utilisation de l'IA dans les drones sont majeurs. Ils soulèvent néanmoins des problématiques :

- l'explicabilité de l'IA : pour illustrer ce point, on peut prendre l'exemple de la surveillance du trafic routier, l'IA va pouvoir différencier des types de véhicules en les classant dans différentes catégories, mais la raison du classement d'une image dans une catégorie ou une autre n'est pas expliquée. La confiance qu'on peut lui accorder est donc un enjeu clé ;
- l'homme dans la boucle : l'approche qui consiste à garder un homme dans la boucle (« *man in the loop* ») reste fondamentale et c'est celle qui est retenue par la plupart des applications. Une décision, si elle est impactante, doit être celle de l'homme et pas celle de la machine. ;
- la problématique de l'apprentissage qui est la base de la qualité du système résultant est donc un sujet délicat. En effet, cet apprentissage s'appuie sur l'analyse d'une très grande quantité de jeux de données. Or, ces jeux de données de taille significative n'existent pas toujours, ou pas encore, dans le domaine du drone.

Les principaux défis dans la technologie des drones IA incluent également l'assurance de la sécurité dans un espace aérien encombré et du respect de la zone d'évolution autorisée et/ou acceptée (évitement de survol de foule, de densité de population incompatible du système de drone, etc.). Quelle confiance donner à l'IA ? Quels dispositifs ou contraintes sont-ils à mettre en place pour limiter les risques liés à la sécurité ? À cela s'ajoute la gestion des préoccupations liées à la confidentialité des données.

Les considérations éthiques s'appliquent au développement responsable de l'IA et à l'équilibre entre l'innovation et les droits individuels.

2.3.3 Miniaturisation

La miniaturisation des systèmes embarqués d'une part, mais aussi la densification énergétique qui est tirée par la téléphonie mobile d'autre part, ont permis le développement de drones de plus en plus légers et compacts.

Il y a maintenant davantage de puissance de calcul dans la plupart des smartphones que dans un drone militaire d'ancienne génération. Cette puissance de calcul va continuer à croître ainsi que la qualité de la chaîne vidéo disponible sur les drones. Un particulier peut désormais avoir accès à une caméra volante gyro-stabilisée de très haute résolution (4K) et même à des caméras thermiques de type micro-bolomètres non refroidis qui sont utilisées sur les téléphones mobiles haut de gamme.

Moteurs et batteries

L'amélioration continue des moteurs « *brushless* » combinée avec leur souplesse d'utilisation et leur fiabilité, ont conduit au fort développement de la propulsion électrique, y compris jusqu'à des aéronefs de l'ordre de 100 kg.

Les meilleures batteries actuelles au lithium permettent d'atteindre des densités énergétiques de l'ordre de 250 Wh/kg (soit 40 fois moins que l'essence). Les projections pour de nouvelles batteries solides de type lithium-air laissent augurer des densités énergétiques en croissance et vont se rapprocher peu à peu de celles de l'essence selon les chercheurs.

En outre, les piles à combustible à hydrogène actuellement commercialisées permettent déjà d'accéder à des densités énergétiques comprises entre 1 000 et 1500 Wh/kg, avec des progrès considérables accomplis dans la miniaturisation des modules de production d'électricité à bord mais dont l'intégration à bord soulève des problèmes.

Les fournisseurs de ces composants de la chaîne propulsive sont très majoritairement étrangers (et essentiellement chinois). Incitée par des considérations de souveraineté, l'industrie française et européenne cherche à relocaliser progressivement le développement et la production de ces éléments.

Capteurs

Les capteurs ont également été fortement miniaturisés :

Capteurs inertiels (*Inertial Measurement Unit*)

Des accéléromètres, gyroscopes et magnétomètres en technologie MEMS qui permettent de réaliser des IMU légères, compactes et à faible consommation, avec des performances en hausse et des coûts en baisse.

Capteurs de position, de distance et d'observation

- GNSS miniaturisés (GPS, Galileo, GLONASS)
- Lidars compacts (solid-state lidar, ToF)
- Capteurs ultrasons ou infra-rouges miniaturisés pour évitement d'obstacles
- Caméras mini CMOS ou caméras global shutter ultra-légères
- Caméras hyper-spectrales miniaturisées
- Caméras thermiques compactes
- Radars SAR de quelques kilos

Électronique

- Transmission des données sans fil avec faible consommation
- Calculateurs dont la puissance de calcul continue à croître

Grace à ces avancées, on réalise des nano drones hélicoptère de 30 grammes, équipé de caméras vidéo et infrarouge, et capable de voler 25 minutes avec une portée maximum de 2 km.

2.4 Réglementations française et européenne

2.4.1 La réglementation française

Il s'agit essentiellement de l'arrêté du 11 avril 2012 [6] « *relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans aucune personne à bord, aux conditions de leur emploi et sur les capacités requises des personnes qui les utilisent* ». Cet arrêté a été complété par l'arrêté du 17 décembre 2015 [7] « *relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord* ».

Dans l'arrêté de 2012, les drones étaient classés en sept catégories notées A à G en fonction de leur masse. Pour les drones de la catégorie G, de masse supérieure à 150 kg, l'arrêté renvoyait à des exigences à définir par l'Agence européenne de la sécurité aérienne (AESA).

L'arrêté de 2012 traitait séparément les opérations des drones de loisir et compétition de celles des drones professionnels (sous le nom d'Activités particulières). Pour ces dernières, quatre scénarios opérationnels étaient définis, baptisés S1, S2, S3 et S4 :

- S1 : Vol en vue du pilote à une distance inférieure à 100 m, hors zone peuplée ;
- S2 : Vol éventuellement hors vue, à une distance inférieure à 1 km, à une hauteur sol inférieure à 50 m, et sans aucune personne au sol dans la zone d'évolution ;
- S3 : Vol en vue du télépilote, à moins de 100 m, en agglomération ou zone peuplée ;
- S4 : Vol hors vue, ne respectant pas les critères du cas S2, masse inférieure à 2 kg.

Les scénarios S2, S3 et S4 font l'objet d'une autorisation particulière. Pour les scénarios S2, S3 l'exploitant ou le constructeur doivent effectuer les essais ou analyses nécessaires pour démontrer la conformité aux conditions de sécurité applicables. Pour le cas du scénario S4 ou pour des missions spécifiques (hors scénarios), l'exploitant ou le constructeur doivent de plus rédiger un dossier technique comprenant notamment une analyse de sécurité.

Tous les télépilotes doivent être titulaires d'un brevet théorique de pilote, afin de garantir la connaissance de base des règles et de l'environnement aéronautique. Dans le cas du scénario S4, ils doivent être titulaires d'un brevet complet et avoir effectué 100 heures de vol en tant que commandant de bord, afin de garantir une connaissance vécue de l'espace aérien. Un arrêté complémentaire a été publié le 18 mai 2018 [8] relatif aux exigences applicables aux télépilotes de drones professionnels.

L'arrêté de 2015 précisait les conditions d'accès à l'espace aérien, et notamment la limitation à une hauteur au-dessus du sol de 150 m, et l'interdiction des vols de nuit (sauf pour les drones captifs). Les arrêtés précédents ont été complétés par une loi du 24 octobre 2016 [9] relative au « *renforcement de la sécurité de l'usage des drones civils* ». Cette loi stipule en particulier que tous les drones de masse supérieure à 800 g sont équipés d'un dispositif de signalement lumineux et d'un dispositif de signalement électronique ou numérique. Le décret et l'arrêté portant sur l'obligation d'emport de dispositifs de signalement électronique ou numérique et de dispositifs de signalement lumineux par les aéronefs sans équipage à bord, ont été publiés fin 2019.

2.4.2 La réglementation européenne

La Commission européenne a publié en 2019 deux règlements :

- le règlement délégué (UE) 2019/945 de la Commission du 12 mars 2019 [10] relatif aux « *systèmes d'aéronefs sans équipage à bord et aux exploitants, issus de pays tiers, de systèmes d'aéronefs sans équipage à bord* » ;
- le règlement d'exécution (UE) 2019/947 de la Commission du 24 mai 2019 [11] « *concernant les règles et procédures applicables à l'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord* ».

Ces deux règlements font suite au règlement (UE) 2018/1139 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2018 [12] concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile et modifiant le rôle de l'AESA, et en particulier à la section VII « *Aéronefs sans équipage à bord* ».

Les deux règlements ont défini un cadre pour assurer la sécurité des vols de drones civils dans le ciel européen. Ils ont adopté **une approche basée sur le niveau de risque** et ainsi, ne distinguent plus l'usage de drones de loisir ou professionnel, et s'appliquent à tous les drones civils quelles que soient leur masse.

Les règlements européens sont d'application directe dans les États membres et se substituent donc à la réglementation nationale dès leur entrée en application. Cependant, plusieurs considérations rendent nécessaires le maintien de textes réglementaires au niveau national et l'évolution des textes existants :

- certaines exigences nationales de la réglementation portent sur des considérations d'espace aérien ou de sûreté publique, dont la compétence demeure nationale, tandis que la réglementation européenne porte exclusivement sur des questions de sécurité aérienne ;
- la réglementation européenne a une application progressive et comporte des dispositions transitoires permettant d'assurer une transition progressive entre réglementation nationale et réglementation européenne.

Le règlement européen 2019/947 définit trois catégories d'opération de drones : Ouverte, Spécifique et Certifiée :

- la catégorie Ouverte pour les opérations à faible risque (vol en vue directe dans des zones géographiques qui représentent un faible risque pour la circulation aérienne et pour les personnes) ;

- la catégorie Spécifique pour les opérations à risque modéré (vol en vue directe dans des conditions différentes de la catégorie Ouverte ou vol hors vue) ;
- la catégorie Certifiée pour les opérations à haut risque nécessitant un niveau élevé de fiabilité de l'aéronef et des opérations (par exemple, transports de personnes, de marchandise dangereuse, etc.).

Pour évoluer en catégorie ouverte, les drones utilisés, sauf dans quelques cas particuliers, notamment la construction amateur et l'aéromodélisme, doivent faire l'objet d'un marquage de classe C1 à C4, attestant de la conformité à des normes produits, ce qui est la transposition dans le monde des drones du marquage « CE ». Toutefois ce marquage induit des processus supplémentaires d'homologation avec des coûts associés. Plus de détails figurent en annexe 4.

Pour les associations d'aéromodélisme et les télépilotes qui opèrent au sein de ces associations, la réglementation européenne laisse la possibilité aux États membres de définir des règles nationales et d'associer ces activités à la délivrance d'une autorisation d'exploitation. C'est le choix fait par la France. Pour les télépilotes de loisir n'entrant pas dans le cadre précédent, la catégorie Ouverte permet de voler en respectant un ensemble réduit d'exigences.

Les drones utilisés pour le compte de l'État dans le cadre d'activités de douanes, de police, de recherche et sauvetage, de lutte contre l'incendie, de contrôle aux frontières et de surveillance côtière, n'entrent pas dans le champ de la réglementation européenne et n'appliquent donc pas cette dernière.

2.4.3 La phase de transition

Les règlements européens ont été publiés en 2019 avec une période de transition de cinq ans (initialement prévue pour quatre ans) qui s'est terminée le 1^{er} janvier 2024. La France a demandé une extension de deux ans supplémentaires pour conserver certains scénarios nationaux standards, ce qui a placé le pays dans une phase de transition jusqu'à la fin de l'année 2025. Pendant cette phase, les règlements européens et nationaux ont cohabité. Cette période s'est terminée le 1^{er} janvier 2026. Pendant cette période de transition, les scénarios nationaux S1, S2 et S3 étaient utilisables pour les exploitants déjà déclarés selon ces scénarios, sans obligation de marquage de classe. Pour la catégorie ouverte, l'utilisation de drones sans marquage de classe mis en service avant le 1^{er} janvier 2024, ont pu être utilisés selon certaines modalités restrictives en sous-catégorie A1 et A3.

La fin de cette transition oblige tous les exploitants à revoir la formation de leurs télépilotes pour les mettre en conformité avec les nouvelles exigences applicables, et surtout à ne plus pouvoir utiliser leurs anciens matériels ne disposant pas d'un marquage de classe C1 à C4 en catégorie ouverte, imposant soit l'obtention d'une autorisation d'exploitation en catégorie spécifique soit de remplacer leurs drones pour des drones de classe C1 à C4 appropriée. Il s'agit d'un changement significatif pour de toutes petites entreprises, et probablement beaucoup pourraient ne pas continuer leur activité, alors que la France avait été un des tous premiers pays européens à lancer l'exploitation des

drones. Certains États membres qui n'avaient pas commencé avant la publication des règlements européens n'ont pas eu ce souci de reconversion de leurs entreprises.

Beaucoup de petites structures se déclarent démunies face aux prix induits par les obligations d'homologation nécessaire au marquage de classe et à la complexité de la nouvelle réglementation, estimant en outre ne pas être en mesure de répondre aux exigences de la catégorie spécifique. Elles craignent une augmentation d'opérations « pirates » menées par des opérateurs peu scrupuleux qui ne respectent pas les règles et la concurrence déloyale que cela pourrait générer.

En première approche et même s'il y a des nuances significatives, l'ancien scénario national S1 trouve sa transposition dans la catégorie Ouverte, tandis que les anciens scénarios S2 et S3 se voient respectivement remplacés par les scénarios standards en catégorie spécifique STS-02 et STS-01. Toutefois, ces nouveaux scénarios demandent eux aussi des drones faisant l'objet d'un marquage respectivement C6 et C5, attestant là aussi la conformité à une norme produit européenne. Nombre de petites structures déplorent également qu'il n'y ait pas une reconnaissance des opérations des anciens scénarios nationaux S1, S2, S3 vers ces nouveaux scénarios standards européens STS 01 et STS 02 avec la prise en compte des acquis et de l'expérience démontrée sans accident dans le traitement des dossiers (loi du grand-père).

2.5 Insertion dans l'espace aérien

2.5.1 Dispositifs de signalement électronique et d'identification à distance

Le dispositif de signalement électronique est un dispositif embarqué à bord de l'aéronef qui émet un signalement wifi. Ce signalement est diffusé à tout instant du vol, et contient un identifiant unique et des informations relatives au vol : position de l'aéronef, position du point de décollage, vitesse sol et route suivie.

Le signalement électronique est une disposition française de sûreté publique, à seule fin de prévention des actes malveillants par les forces de l'ordre. L'objectif est de pouvoir déterminer à distance si le vol d'un aéronef est licite. Tous les drones de masse supérieure à 800 g doivent en être équipés.

En complément de ce dispositif de signalement électronique relevant d'une exigence nationale, certains drones doivent être équipés d'un système d'identification directe à distance au regard de la réglementation européenne et notamment des exigences relatives aux classes de drone. Ce dispositif doit être conforme à la norme européenne EN 4907-002.

La Direction générale de l'aviation civile (DGAC) et le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) vont travailler en 2026 sur un projet de convergence des dispositifs de signalement électronique (exigence française) et d'identification directe à distance (exigence UE). Les travaux vont être pilotés par le SGDSN et devrait, si possible, aboutir vers une suppression de l'obligation de signalement électronique à la

condition que les performances du dispositif d'identification à distance répondent aux besoins des forces de l'ordre, en particulier en termes de portée.

Par ailleurs, il faudra s'assurer auprès du ministère de l'intérieur que les équipements des forces de l'ordre ont bien la capacité d'exploiter les signaux d'identification directe à distance.

Il est probable que ces travaux aboutissent en 2026, mais il est regrettable de constater la superposition des contraintes réglementaires françaises et européennes qui ont ici été appliquées à la filière drones.

2.5.2 Le concept U-Space

Ce concept, développé en Europe sous la direction de l'AESA, vise à intégrer les drones dans l'espace aérien de manière sûre et efficace.

Le U-Space est un cadre réglementaire et technologique destiné à assurer une gestion harmonisée et automatisée des drones dans l'espace aérien à basse altitude, en complément des services traditionnels de gestion du trafic aérien (ATM – *Air Traffic Management*), en particulier en permettant de créer des espaces dédiés à des opérations de drones.

Le sujet a été présenté au groupe de travail par A. Martin, de la DGAC. Il est en particulier chargé de coordonner la mise en œuvre de la réglementation européenne sur l'U-Space publiée en 2021 et en vigueur depuis 2023.

L'idée initiale de traiter les drones comme des aéronefs classiques s'est avérée inadaptée, car les drones ne sont pas tous télépilotés et peuvent être automatisés ou supervisés. De plus, la densité potentielle du trafic de drones (jusqu'à 100 fois plus que les avions traditionnels) rend le modèle de contrôle aérien classique basé sur la coopération entre les pilotes humains et les contrôleurs aériens inadéquat. Ces changements ont conduit la NASA américaine à la création du concept d'UTM (UAS Traffic Management) pour gérer efficacement ce nouveau type de trafic aérien, basé sur la coopération entre machines en vol et au sol.

À la différence des aéronefs avec pilote à bord, les drones sont des aéronefs connectés par nature puisqu'ils sont pilotés à partir du sol, d'où la nécessité de créer un écosystème de services de données numériques partagés par les opérateurs, de drones, les services de la circulation aérienne et tous les acteurs concernés.

L'UTM offre l'opportunité de numériser les règles de vol, de faciliter l'accès aux espaces aériens et le respect des nuisances pour aider les exploitants de drones.

L'Union européenne a été la première à publier un cadre réglementaire pour l'UTM et les drones non certifiés, l'U-Space dans sa version initiale. Le concept U-Space introduit des espaces aériens dédiés aux drones, dans lesquels les aéronefs pilotés pourront pénétrer s'ils sont équipés d'un moyen de perceptibilité électronique permettant de les identifier et de les localiser. Ces espaces seront gérés par des prestataires de services numériques qui devront assurer l'accès libre à ces espaces aux aéronefs pilotés, sans risque de collision avec un drone. Pour plus d'informations sur le U-Space, voir l'annexe 5.

L'émergence des prestataires de service U-Space présente plusieurs avantages pour l'industrie des drones et la gestion de l'espace aérien :

- sécurité accrue : réduction des risques de collision et amélioration de la surveillance du trafic ;
- efficacité opérationnelle : accès rapide aux autorisations de vol et meilleure gestion des opérations ;
- facilitation de l'innovation : permet l'essor de nouveaux usages des drones comme le transport d'échantillons médicaux, la livraison de colis, l'inspection d'infrastructures ou la surveillance environnementale.

En mars 2025, la société Innov'ATM est devenue le premier acteur en France et la première entreprise privée d'Europe à obtenir la certification USSP (U-Space Service Provider), délivrée par la Direction de la sécurité de l'aviation civile (DSAC).

Le marché des services récurrents et de grandes élongations par drones (logistique, surveillance d'infrastructures) est encore limité en Europe, contrastant avec des projets massifs comme Zipline au Rwanda (investissements de l'ordre de 50 millions d'euros). Les espaces aériens U-Space, bien adaptés à des besoins de missions drones à forte récurrence ou urgentes, devraient donc faciliter l'essor des services en Europe.

Le déploiement opérationnel n'est attendu qu'entre 2030 et 2035, via divers projets SESAR.

A. Martin mentionne que le coût des services U-Space pourrait être élevé au début, nécessitant des financements alternatifs pour les fournisseurs.

En conclusion, les USSP sont un maillon essentiel du développement des drones dans l'espace aérien. Leur rôle grandissant va transformer les opérations aériennes à basse altitude et ouvrir la voie à de nouvelles applications industrielles et commerciales, comme par exemple, la livraison médicale par drone.

L'évolution de l'aviation repose en partie sur cette transition vers un espace aérien plus automatisé et interconnecté. Toutefois cela supposera l'acceptation d'une coopération accrue par nombre d'utilisateurs d'avions légers ou ultralégers de l'espace.

2.5.3 Déploiement des systèmes de perceptibilité électronique

P. Plantin de Hughes a présenté au groupe de travail le système ADS-L, développé par l'Agence européenne de sécurité aérienne (AESA) pour, dans un premier temps, prévenir les collisions entre aéronefs d'aviation générale, ensuite, entre aéronefs et drones dans les espaces U-Space. Pour pouvoir pénétrer dans un espace U-Space actif, les aéronefs pilotés devront pouvoir être détectés et localisés par les opérateurs de drones qui volent dans cet espace. Cette exigence figure dans le règlement SERA (Règles de l'air standardisées européennes) version 2.2 du 6 avril 2025 [13] au point 6005(c) :

« Les aéronefs avec équipage à bord évoluant dans un espace aérien que l'autorité compétente a désigné comme étant un espace aérien U-Space auxquels les Prestataires de services de navigation aérienne (PSNA) ne fournissent pas de service de contrôle de

la circulation aérienne se rendent en permanence perceptibles électroniquement aux prestataires de services U-Space. »

Les moyens de perceptibilité électronique (en anglais on parle de « *e-conspicuity* ») autorisés sont soit un système ADS-B Out certifié, soit un système utilisant la bande de fréquence SRD860 (*Short Range Devices* 860 MHz) soit une liaison téléphonique mobile 4G ou 5G assurant une connexion permanente avec le site internet d'un fournisseur de service U-Space. Le système SRD860 a été spécifié par l'AESA sous le nom de ADS/L [14].

L'intégration de l'ADS-L dans les drones et les aéronefs de l'aviation générale pose un certain nombre de problèmes :

- l'ADS-L utilise des fréquences non attribuées internationalement à l'aviation, donc non protégées contre les brouillages, ce qui soulève des inquiétudes sur la fiabilité des liaisons radio surtout du fait du très faible niveau de puissance d'émission des signaux ;
- il n'y aura probablement pas de réglementation s'imposant pour l'aviation légère, il faudra donc encourager son adoption volontaire ;
- les fournisseurs de service U-Space devront déployer au sol des antennes de réception des signaux ADS-B et ADS-L et émis par les aéronefs pilotés volant dans les espaces dans lesquels ils fournissent leurs services aux exploitants de drones.

Le système n'est pas normalisé par l'OACI et son utilisation n'est possible que pour les drones volant dans l'espace aérien d'un État membre de l'UE.

2.6 Paysage industriel et structuration de la filière en France et en Europe

2.6.1 Professionnalisation de la filière

La filière drone civile professionnelle en France est en forte professionnalisation et structuration. Cette professionnalisation est poussée par plusieurs facteurs :

Réglementation et certification

La réglementation européenne des drones impose des exigences croissantes (examen théorique, parfois formation pratique, sécurité en vol des drones, insertion dans l'espace aérien, scénarios de vol, etc.).

Formation et qualification

- Les centres de formation se multiplient, avec des parcours spécialisés (topographie, thermographie, audiovisuel, BTP, agriculture, etc.).
- Des titres professionnels ou diplômes sont aussi proposés (ex : technicien supérieur drones, expert drones) dans certains établissements.
- Cette structuration permet d'augmenter la compétence des télépilotes, mieux répondre aux attentes des clients.

Usages professionnels et spécialisation

Le simple pilotage ne suffit souvent plus : il faut une spécialisation métier (inspection d'éoliennes, photogrammétrie, bâtiment, audiovisuel, agriculture, logistique, etc.). La valeur ajoutée des drones se situe dans le traitement des données acquises et dans l'aide au diagnostic fournie au client final.

Pour répondre aux défis posés, la filière se structure :

Un cadre institutionnel actif

- Le Conseil pour les drones civils (CDC), a été créé en 2015 sous l'égide de la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) : il rassemble constructeurs, exploitants, organismes de recherche, pouvoirs publics... et vise à structurer la filière, lever les verrous technologiques et réglementaires. Cette initiative semble néanmoins s'effacer au profit du Pacte Drones lancé par le ministère des Armées en 2024. Ce pacte est destiné à fédérer les acteurs du domaine pour structurer la filière drones et apporter une réponse adaptée et souveraine aux besoins des forces armées et particulièrement l'émergence d'une filière en mesure de développer et produire des drones de contact de moins de 150 kg. Compte tenu du rapprochement des filières militaires et civiles dans cette gamme de drone, les travaux du Pacte Drones sont également structurants pour les applications civiles.
- La Fédération professionnelle du drone civil (FPDC) fédère depuis 2013 les acteurs français (constructeurs, opérateurs, centres de formation) et vise à structurer la filière. D'autres syndicats professionnels existent tels l'UNEPAT, etc.
- L'Association du drone de l'industrie française (ADIF) a été créée pour rassembler les acteurs industriels français et porter une feuille de route industrielle commune.
- Au niveau européen, le *Joint European Drone Association (JEDA)*, créée en 2022, regroupe maintenant 22 pays (trois à quatre supplémentaires sont à venir) et vise à être l'interlocuteur unique de la filière drone au niveau européen.
- L'implication de pôles de compétitivité territoriaux ou de clusters dédiés aux drones.
- L'Europe a la volonté politique de créer une filière souveraine face à la domination asiatique et américaine (initiatives SESAR, *EU Drone Strategy 2.0* [15]).
- La France soutient la consolidation via des programmes comme France 2030, l'Agence de l'innovation de défense, et Bpifrance (aides à la R&D, capital-risque, clusters).

Un secteur en transition, avec des rachats notables

- Le secteur était très atomisé : par exemple, mi-2016 on estimait que 90 % des entreprises de la filière en France avaient moins de 10 salariés.
- L'étude de l'ADIF note que seulement quelques entreprises françaises dépassent 5 M€ de chiffre d'affaires et que la plupart restent de petite taille.
- L'analyse parlementaire mentionne qu'il y a « *un mouvement de consolidation chez les constructeurs* », mais « *pas encore chez les opérateurs* ».

La filière drones (civils et professionnels) est passée d'une phase d'émergence à une phase de structuration :

- émergence (2010–2020) : explosion du nombre de start-ups, innovation technologique rapide, foisonnement d'usages (audiovisuel, agriculture, inspection, sécurité, cartographie...);
- structuration (depuis 2020) : montée en puissance des exigences réglementaires, pression concurrentielle accrue, recherche de rentabilité, et concentration autour d'acteurs solides.

Depuis 2020, les consolidations se multiplient. On peut citer par exemple les rapprochements suivants :

- Delair & Squadrone System en 2024 ;
- Drone Volt & Lorenz Technology ApS en 2023 ;
- DCI group & Atechsys en 2021 ;
- Thales & Aeromapper en 2024.

Pour la période 2025–2030, on s'attend à l'émergence d'un petit nombre d'acteurs intégrés couvrant toute la chaîne de valeur (drone + logiciel + data + services).

2.6.2 Soutien financier de la filière

Les financements européens

Dans le document « *Une stratégie Drone 2.0 pour favoriser un écosystème intelligent et durable d'aéronefs sans équipage à bord en Europe* » publié en 2022 [15], la Commission européenne indique qu'elle soutient depuis de nombreuses années la recherche et l'innovation dans le domaine des drones. Depuis 2003, l'Union européenne a investi près de 980 millions d'euros dans 320 projets liés aux drones, couvrant aussi bien leur développement technologique que leurs applications innovantes dans de nombreux secteurs.

Cet engagement se poursuit aujourd'hui dans le cadre du programme-cadre Horizon Europe, qui finance la recherche et l'innovation sur les technologies des drones, leurs capacités anti-drones et leurs usages civils, notamment en matière de sécurité (police, gestion des frontières et protection civile). Un élément central de ce programme est l'entreprise commune SESAR 3, cofinancée par l'Union et l'industrie, dont l'objectif est de créer un écosystème de recherche et d'innovation pour la gestion du trafic aérien et l'U-Space. Cet écosystème vise à assurer une coopération étroite entre les prestataires de services de navigation aérienne et les utilisateurs de l'espace aérien, afin de parvenir à un système de gestion du trafic aérien harmonisé, intégrant à la fois les aéronefs avec et sans équipage. Par ailleurs, Horizon Europe soutient le développement d'applications spécifiques de drones dans divers domaines, tels que l'agriculture durable, la sylviculture, la surveillance environnementale ou les zones rurales.

En parallèle, le Fonds européen de la défense (FED) joue un rôle clé dans le soutien aux activités de recherche et de développement collaboratives et transfrontières dans le secteur de la défense. Les programmes précurseurs du FED ont déjà financé neuf projets liés aux drones pour un montant total d'environ 200 millions d'euros. Pour la

période 2021-2027, le FED dispose d'un budget de près de 8 milliards d'euros, réparti entre la recherche collaborative en matière de défense et le développement conjoint de capacités, en complément des efforts nationaux. Les projets soutenus incluent notamment des prototypes de drones MALE, RPAS (drone tactique) et HAPS, ainsi que des technologies de détection et d'évitement favorisant leur intégration avancée dans les plateformes existantes.

La Banque européenne d'investissement (BEI) complète ces dispositifs en proposant des prêts, des dettes à risque et des services de conseil pour financer la recherche, la fabrication et l'exploitation de drones. Des initiatives spécifiques, comme la *European Drone Investment – Advisory Platform*, InvestEU ou l'initiative de sécurité stratégique européenne lancée en 2022, visent à mobiliser davantage d'investissements en faveur des technologies de sécurité et de défense à double usage.

Malgré l'ampleur des financements disponibles, ceux-ci restent parfois fragmentés, ciblant des phases spécifiques de la chaîne de valeur ou séparant strictement les usages civils et militaires. Pour remédier à ces limites, la Commission envisage de lancer un nouveau projet phare sur les technologies relatives aux drones, fondé sur des appels coordonnés entre les instruments européens et les financements de la BEI. Ce projet aurait pour objectif de démontrer des synergies continues, de la recherche et du développement jusqu'au déploiement opérationnel, notamment par le recours à la commande publique.

Les financements en France

Les aides à l'export en France sont nombreuses et couvrent toutes les étapes d'un projet export, de l'information à l'implantation à l'étranger. Elles prennent la forme de prêts, garanties, subventions ou mesures fiscales. Ces dispositifs s'adressent principalement aux PME, souvent limitées en ressources pour l'export. Trois organismes nationaux jouent un rôle central dans ce soutien.

- **Bpifrance** accompagne les entreprises de la création à l'internationalisation. Elle soutient les premiers investissements et la croissance. Bpifrance favorise également le développement à l'export et le rayonnement des grandes entreprises.
- **Business France** est un établissement public sous tutelle de plusieurs ministères. Il aide les entreprises à réussir leurs projets internationaux. Son accompagnement repose sur des expertises variées et adaptées aux besoins des entreprises.
- **La Coface** est spécialisée dans l'assurance-crédit à l'export. Elle protège les entreprises contre les risques commerciaux à l'international. Elle gère aussi les garanties publiques à l'export pour l'État.
- Les **FASEP** (Fonds d'études et d'aide au secteur privé) : destiné à tous types d'entreprises, et prioritairement les PME, le FASEP est une subvention (ou une avance remboursable) pour des études de faisabilité ou des projets démonstrateurs de technologies vertes et innovantes. C'est un dispositif de soutien à l'internationalisation des entreprises françaises. Un FASEP de 700 000 EUR déployé sur deux ans (2022-2024) a permis à l'entreprise Innov'ATM de soutenir l'aviation civile rwandaise, dépendant du ministère des Infrastructures, en fournissant un système de gestion des opérations de drones basé sur le concept U-Space européen.

Enfin, pôles de compétitivité, clusters et fédérations professionnelles complètent ce dispositif par l'accompagnement et le partage de compétences.

2.6.3 Centres d'essai en vol drones

L'expansion de l'utilisation des drones civils s'accompagne d'une demande accrue pour des infrastructures et des réglementations adaptées, afin de soutenir le développement, les essais et la certification et/ou homologation des plateformes de drones.

Le rapport [16] établi par la 3AF fait la synthèse des besoins industriels, de l'offre de centres d'essai en vol drones en France et à l'international et émet des recommandations pour améliorer la situation en France.

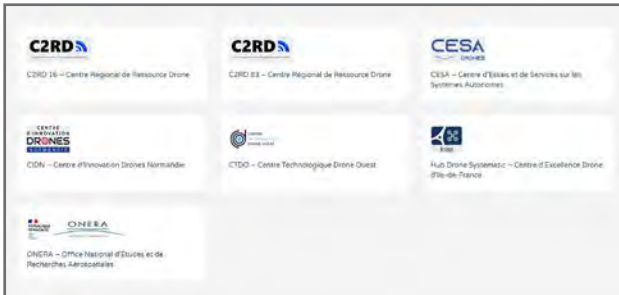


Figure 11 :
En France, un certain nombre de centres d'essais drones civils se sont regroupés en alliance et travaillent avec la direction Programme Drone de la DGAC-DSAC (www.centre-essais-drones.fr).

Les centres d'essais sont de nature publique, privée ou publique-privée, et n'ont bénéficié à ce jour que d'investissements relativement faibles au niveau des régions par exemple.

En Europe, l'« *European UAS Test Centre Alliance* » a été initiée en mars 2023, à la suite du réseau Eurocontrol des parties prenantes U-Space⁵. L'alliance a identifié un besoin spécifique pour les centres d'essais d'échanger des idées et des expériences, ainsi que de favoriser une collaboration plus forte et des projets communs entre centres d'essais et autres acteurs. Ses activités soutiennent l'action *Flagship n° 14* de la stratégie européenne « *EU Drone Strategy 2.0* [15] », concernant « *un réseau de centres européens d'essais de drones civils-défense afin de faciliter les échanges entre les secteurs civil et défense* ».

Actuellement, l'alliance regroupe des parties intéressées, qui fournissent et financent leurs propres ressources respectives.

Certains pays européens ont investi massivement en soutien public sur certains centres d'essais.

On peut citer à titre d'exemple :

- **l'Allemagne** qui a investi sur le centre de Cochstedt avec financement direct du Land de Saxe-Anhalt (**15,8 millions d'euros** pour permettre l'achat et l'aménage-

5 <https://shorturl.at/y1i4G>

ment de l'aéroport de Cochstedt par le DLR) et le soutien institutionnel fédéral (avec le support à l'investissement à hauteur de 10 millions du DLR) ;

- **la Pologne**, sous une impulsion Défense forte, est aussi à noter avec un investissement qui atteint **55 millions de dollars** dédiés à ses programmes pour l'année, ciblant le déploiement opérationnel des drones dans tous les domaines : air, terre et mer⁶ ;
- des démarches d'investissement sont également initiées au Danemark, Pays-Bas, Finlande, Norvège, Lettonie, Royaume-Uni.

Le marché des drones, en pleine expansion, représente un levier majeur d'innovation, de souveraineté technologique et de compétitivité économique.

Pourtant, la France, malgré un écosystème industriel et une expertise reconnue, voit ses capacités d'essais et d'expérimentation limitées par des infrastructures insuffisantes, une réglementation complexe et un manque de coordination entre les acteurs publics et privés.

Alors que les Européens et concurrents internationaux investissent massivement dans des centres d'essais modernes et adaptés, la France doit urgemment renforcer ses infrastructures et ses dispositifs d'accompagnement pour ne pas perdre son avance technologique et industrielle.

Les attentes des industriels sont claires : des zones d'essais étendues et diversifiées, des procédures simplifiées, des coûts maîtrisés, et une réglementation adaptée aux enjeux de demain.

Dans ce contexte, le développement des capacités françaises et leur coordination en matière d'essais drones n'est plus une option, mais une nécessité stratégique.

Les recommandations qui ont été émises par la commission technique Drone de la 3AF portent sur les points suivants :

- (1) Investissements publics et structuration des infrastructures
- (2) Simplification et harmonisation réglementaire
- (3) Mutualisation et optimisation des ressources
- (4) Renforcement des capacités techniques et humaines
- (5) Soutien à l'innovation et à la souveraineté industrielle
- (6) Communication et coordination internationale

Une feuille de route est proposée dans le document [16].

2.7 Le développement de la lutte anti-drones

Les drones de loisirs ou utilisés pour des usages civils ont rapidement été détournés pour des missions malveillantes voir offensives. Ci-après quelques exemples.

En octobre 2014, sept sites nucléaires EDF étaient survolés par des drones.

6 <https://shorturl.at/gi553>



Figure 12 :
Lutte anti-drone
© Sirpa-
Gendarmerie

En août 2018, plusieurs drones venaient exploser près du président vénézuélien Nicolás Maduro, blessant plusieurs personnes.

On se souvient enfin de la fermeture stupéfiante de l'aéroport de Gatwick en décembre 2018, après l'observation de drones à proximité des pistes.

En 2025, de nombreux aéroports européens ont été victimes de survols de drones destinés à bloquer le trafic. Selon le site RDN (Revue de la défense nationale) : « *Début octobre, plusieurs aéronefs sans équipage à bord ont été repérés dans le ciel bavarois, ce qui a entraîné le déroutement d'une quinzaine de vols de Munich vers les aéroports de Stuttgart, Nuremberg, Francfort et Vienne. En Belgique à la mi-novembre, dix-sept incidents de drones suspects ont été signalés aux abords de bases militaires, aéroports civils et autres sites stratégiques. Le parquet fédéral belge a ouvert huit dossiers au sujet de dix-sept incidents impliquant des survols d'infrastructures stratégiques comme des aéroports, des bases militaires et des centrales nucléaires par des drones non identifiés. Le 22 novembre aux Pays-Bas, le trafic aérien de l'aéroport d'Eindhoven a été interrompu.* »

Au Mexique et en Colombie, les narco-cartels ont intégré l'usage des drones d'attaque dans leurs opérations contre la police et contre les gangs rivaux.

Les usages malveillants des drones aériens sont multiples.

La menace drones est polymorphe, facile d'accès (achat de drones sur Internet), peu onéreuse, avec une vitesse de prolifération élevée et des appareils qui offrent une capacité d'emport de charge létale pouvant atteindre 30% du poids de l'appareil.

On constate une grande prolifération des drones civils : trois millions de drones de loisir sont dénombrés en France.

Le développement de la lutte anti-drones (LAD) s'inscrit donc désormais comme une priorité de sécurité nationale dans un contexte d'éternel combat entre le glaive et le bouclier.

2.7.1 Principes et architecture d'une capacité anti-drone

Une réponse efficace combine quatre couches :

1. Détection du drone menaçant dans un espace aérien donné
2. Identification & classification (ami/ennemi, type)
3. Le suivi dynamique continu du drone dans l'espace aérien
4. La capture ou la destruction du drone considéré en vol illégal.

Chaque couche doit être redondante et multispectrale.

Technologies de détection

- Radar : il détecte la signature radar du drone et permet de caractériser la distance, la vitesse, l'azimut et l'élévation du drone menaçant.
- Radio / RF : elle détecte les émissions radio et décode les protocoles de la liaison contrôle/commande, ce qui permet d'identifier le type/marque du drone.
- Électro-optique / infrarouge (EO/IR) : elle s'effectue avec des caméras haute résolution et des algorithmes de vision pour une classification visuelle de jour comme de nuit.
- Acoustique : elle consiste en des réseaux de capteurs sonores permettant de détecter le bruit émis par le drone, notamment celui des pales d'hélices.
- Capteurs hybrides & fusion de données : ils réalisent le croisement radar/RF/EO pour discriminer les faux positifs.

Méthodes de neutralisation

Il s'agit de la dernière étape du processus « détection – identification – suivi – neutralisation ».

La neutralisation des drones doit être effectuée en fonction de l'environnement d'utilisation et en conformité avec la législation en vigueur. Il est ainsi nécessaire de prendre en compte l'intégralité des conséquences post-neutralisation :

- perte du drone (préjudice matériel) ;
- si le drone neutralisé s'écrase au sol, il peut blesser des personnes ou provoquer des dommages vis à vis à des tiers ;
- si le drone neutralisé est porteur d'une charge explosive, sa neutralisation peut provoquer l'explosion de cette charge en vol ou au sol.

Face à cela, les dispositifs de neutralisation de drones reposent sur les technologies suivantes :

- brouillage RF / GNSS : cette solution permet de brouiller les liaisons de contrôle – commande-télémetrie ou le positionnement GNSS du drone ;
- leurrage GNSS : cette technologie permet de tromper le système de positionnement du drone pour le diriger dans une zone sans risque ou le faire atterrir.

Ces deux dernières technologies « *soft-kill* » peuvent générer des effets collatéraux en perturbant le trafic aérien, la téléphonie mobile et plus généralement tous les systèmes qui utilisent le GNSS pour se positionner ou comme référence de temps.

- *hard-kill* cinétique : on peut citer des solutions de filets projetés (lance-filet), de projectiles intercepteurs, des canons à projectiles non létaux ;
- capture par drone intercepteur / filets : c'est une solution mobile et contrôlée pour récupérer le drone menaçant ;
- dispositifs à énergie dirigée (laser, micro-ondes) : elle vise à atteindre des composants électroniques ou structurels du drone. Elle nécessite puissance, visée et sécurité ;
- mesures physiques barrières : on peut citer les filets, cages pour interdire le passage de drones, les filets anti-drones sur des infrastructures critiques ;
- contre-mesures cyber : il s'agit de mettre hors-service le logiciel de contrôle du vol.

Les techniques de lutte anti-drones doivent évoluer à la même vitesse que les progrès réalisés chez les constructeurs de drones. Une veille exhaustive, permanente, est indispensable pour mesurer et contrer une menace en constante évolution.

La lutte anti-drones efficace n'est pas une technologie unique mais un système fixe ou mobile avec des enjeux sur les capteurs, les traitements, les règles juridiques et la formation.

Il faut prioriser la fusion de données, la réduction des faux positifs et des solutions non-destructives pour l'usage civil.

La tenue de ces impératifs est non seulement importante pour la sécurité privée et publique, mais également pour le développement de la filière des drones civils, qui est, indirectement mais significativement, impactée par la menace drones.

Exemples de sites ou de situations à protéger

- Aéroports : protection périmétrique et corridor d'approche
- Événements publics : couverture mobile avec des règles d'engagement claires
- Sites critiques (centrales, ports, prisons, militaires) : ils nécessitent une détection permanente
- Domaine militaire : systèmes mobiles permettant la protection des troupes et des matériels et de neutraliser les essaims de drones en cas d'attaque saturante
- Secteur privé : solutions commerciales pour entreprises sensibles, en particulier pour les Opérateurs d'importance vitale.

2.7.2 Constats sur le dispositif mis en place lors des Jeux olympiques en 2024

Les acteurs étatiques de la lutte anti-drones en France sont nombreux.

Ils comprennent les forces de sécurité intérieure, le SGDSN, l'armée de l'air et de l'espace, la Marine nationale et l'Armée de terre, la Gendarmerie nationale, la Police nationale, la Préfecture de police de Paris, l'ANFR, l'administration pénitentiaire ainsi que l'autorité de surveillance de l'aviation civile (DGAC).

L'organisation interministérielle déployée pendant les Jeux olympiques (JO) de Paris en 2024 a permis l'intégration de différents capteurs et la structuration des opérations.

Les moyens mis en œuvre comprenaient le développement d'un dispositif d'autorisation des drones et l'utilisation de la Situation aérienne partagée (SAP) mettant en relation tous les services pour la détection et le suivi.

Durant toute la durée des JO plus de 400 drones illicites ont été détectés et plus de 125 ont été brouillés et leurs télépilotes interpellés.

La totalité des drones interceptés, essentiellement des drones DJI (90%), étaient non agressifs.

En raison de la méconnaissance de la réglementation drone par les télépilotes, de nombreux vols sont en infraction en raison de survols de zones interdites ou dépassement de la hauteur de vol autorisée. Dans la majorité des cas, il n'y a pas eu de volonté de commettre une infraction.

Le déploiement de capteurs des signaux collaboratifs des drones permettait l'interpellation des télépilotes plutôt que le brouillage des drones.

Le signalement électronique, permettait de détecter la position du drone et du télépilote.

3. RECOMMANDATIONS DU GROUPE DE TRAVAIL

3.1 Bilan des recommandations de 2015

Dans le Dossier n°40 « Présent et futur des drones civils » figuraient 20 recommandations. Le groupe de travail conjoint AAE-3AF les a toutes examinées et le résultat de cet examen est présenté en annexe 6 : les recommandations sont soit conservées, soit révisées, soit clôturées. La référence numérique de chaque recommandation correspond au numéro qui figure dans le Dossier n°40.

3.2 Nouvelles recommandations

Des nouvelles recommandations sont proposées, dont certaines reprennent en partie les recommandations du Dossier n°40. Elles sont explicitées ci-après avec les arguments qui les justifient.

3.2.1 Sur la réglementation

R 1.1 Les scénarios opérationnels nationaux de la catégorie spécifique ont disparu à la fin 2025 (le cas de l'ancien scénario S4 semblant devoir être traité par les espaces U-Space). Cette situation met dans l'embarras bon nombre d'opérateurs qui disposent de matériels qui ne répondent pas aux nouvelles normes européennes (homologation de classe) et ne peuvent donc pas être conformes aux standards européens STS existant. Il y a un besoin de mettre de la souplesse et de la flexibilité dans les processus pour ne pas fragiliser l'éco-système existant. **Pour les exploitants de drones opérant avec des machines antérieurement homologuées, l'AESA devrait accepter que les anciens scénarios nationaux intégrant des études de sécurité prédéfinies (PDRA) soient équivalents aux nouveaux scénarios STS quand l'expérience passée a démontré un niveau de sécurité acceptable.**

R1.2 L'homologation de classe représente un coût significatif (voir annexe 4). Des coûts supplémentaires sont à prévoir en cas de modification ou de variante du système, ce qui inquiète les petits constructeurs.

Les modifications mineures d'homologation de classe devraient bénéficier d'un cadre réglementaire allégé (par exemple changement de batterie).

R1.3 (Recommandation 2015/3.2 révisée)

La mise en place de la nouvelle réglementation européenne oblige les opérateurs de drones à effectuer des analyses de risques (SORA, PDRA) avec l'identification de mesures de réduction de risques techniques et opérationnelles. Pour pouvoir effectuer certaines opérations, ces mesures sont obligatoires et les constructeurs désirant proposer des drones pouvant effectuer ces opérations ont l'obligation d'inclure ces mesures de réduction des risques dans la conception de leurs drones. Les travaux lancés par la DGAC ces dernières années sur des composants en lien avec la sécurité en vol (programme Avocettes) n'ont pas abouti à des solutions satisfaisantes à ce stade.

Dans le même temps, il faut veiller que les constructeurs français soient présents dans la conception et la production de drones et/ou modules complémentaires (add-ons) des classes C5 et C6, ces matériels devant à terme représenter une partie très significative des moyens nécessaires aux opérations du bas de la catégorie spécifique du marché professionnel.

La conception de drones aptes aux missions de risque modéré, correspondant à des opérations SAIL III voire IV de la catégorie spécifique, requiert des développements et des expérimentations complémentaires par les constructeurs qui devraient être soutenues en particulier par des financements européens.

R1.4 Les vols hors vue sur des sites étendus (comme les vols au-dessus de la mer), posent des problèmes de sécurité plus complexes et requièrent des analyses de sécurité SORA difficiles à produire. Le besoin concerne surtout les services gouvernementaux comme la surveillance des frontières, la douane, la surveillance de la pêche, zones qui ne sont pas à proximité des habitations.

Un scénario STS spécifique devrait être publié par l'AESA pour faciliter les vols hors vue de drones civils sur des sites étendus, à très faible densité de population.

R1.5 Les opérations de drones pour le compte d'administrations de l'État opérés par des entreprises privées, qui aujourd'hui sont exclues du périmètre de la réglementation européenne, devraient pouvoir obtenir les autorisations ad hoc, et rapidement en cas d'urgence.

R1.6 (Recommandation 2015/4.1 révisée)

Pour assurer la protection de la vie privée, il faudrait imposer le floutage automatique des visages des personnes filmées à leur insu et non concernées par le vol du drone.

3.2.2 Sur les communications

R2.1 Les dispositifs de signalement électronique obligatoires pour satisfaire la réglementation française et les dispositifs d'identification à distance obligatoires pour satisfaire la réglementation européenne, sont très semblables et d'ailleurs des travaux sont en cours pour essayer de les fusionner et de rendre le dispositif national inutile. Ce chantier doit être traité rapidement et une solution acceptable pour les autorités nationales de sécurité trouvée.

Les forces de sécurité chargées de la lutte anti-drones devraient être équipées rapidement de récepteurs adaptés au nouveau dispositif d'identification à distance européen (RID : *Remote Identification*).

R2.2 (Recommandation 2015/3.3 révisée)

Afin d'assurer les communications entre le sol et le bord ainsi que l'identification et la localisation des drones, l'utilisation des réseaux de télécommunications mobiles (GSM, 3G, 4G, 5G) est prometteuse ; elle est d'ailleurs en cours d'expérimentation et de normalisation en Europe.

Pour les liaisons de contrôle-commande, il faudrait autoriser l'utilisation des réseaux de télécommunication mobiles ce qui devrait permettre d'éviter l'utilisation de bandes de fréquences libres sans aucune protection possible contre les interférences dues à d'autres utilisateurs.

R2.3 Le risque existe de traverser une zone interdite ou les liaisons C2 et télémessure charge utile seront indisponibles.

L'AESA devrait faire développer un outil d'aide aux opérateurs souhaitant utiliser les réseaux de télécommunications mobiles, pour s'assurer avant le vol que la couverture radio sera bien assurée par les antennes relais de l'opérateur de leur choix le long de l'itinéraire prévu pour le drone.

R2.4 (Recommandation 2015/3.4 révisée)

Le programme de R/D européen a permis de financer les travaux visant à développer et expérimenter un moyen simple, léger et peu cher de réduction du risque de collision avec les autres aéronefs évoluant dans le même espace aérien. Il s'agit du système ADS-L dont l'AESA a publié une spécification.

L'ADS-L devrait équiper obligatoirement tous les aéronefs non équipés de l'ADS-B Out, alors que seuls les aéronefs pilotés volant en vol à vue sont envisagés par l'AESA, et seulement à titre volontaire, ce qui limiterait beaucoup l'intérêt de ce dispositif.

R2.5 Système de perceptibilité électronique ADS-L : il faudrait que ce système soit normalisé par l'OACI comme le système équivalent américain l'UAT (*Universal Access Transceiver*) et puisse être utilisé par l'aviation générale à la place de l'ADS-B-1090 MHz afin de réserver cette bande de fréquence aux aéronefs commerciaux. Cela signifie qu'il faudra choisir une bande de fréquence située

dans les bandes attribuées à l'aéronautique par l'Union internationale des télécommunications (UIT) afin de garantir l'absence de brouillage.

Une étude devrait être demandée à l'AESA en liaison avec Eurocontrol et la CEPT sur les bandes de fréquence attribuables à l'ADS-L, par exemple dans le bas de la bande 960-1215 MHz.

3.2.3 Sur le soutien à la filière

R3.1 Les drones effectuant des opérations de surveillance maritime et des frontières, qu'ils appartiennent à l'État ou à une entreprise sous contrat avec l'État, doivent pouvoir disposer d'équipements adaptés à ces missions, qui malheureusement sont fabriqués et commercialisés par des sociétés non européennes : par exemple les Lidars ou les Radars.

Des financements devraient être mis en place au niveau national ou européen, pour accélérer le développement de capteurs de surveillance compacts, à faible consommation, compatibles des capacités d'emport des petits drones, soit en France, soit en Europe.

R3.2 Les administrations des territoires et départements d'outre-mer ont des étendues maritimes souvent considérables à surveiller, et l'usage de drones serait très utile. Cela nécessite néanmoins des crédits soit pour équiper les administrations soit pour sous-traiter ces opérations à des opérateurs de drones civils locaux.

Pour la surveillance en mer, des drones et des charges utiles adaptés sont à développer quand les modèles de drones existants en Europe ne conviennent pas. Leur développement devrait être soutenu.

R3.3 (Recommandation 2015/2.1 révisée)

Il est souhaitable que la Commission européenne et les États membres continuent à apporter un solide soutien à l'ensemble de la filière (projets de R&T et R&D, développements technologiques de composants-clé, aide à l'exportation, encouragement d'acquisitions communes d'États membres pour la défense etc.) pour les applications défense et sécurité.

La part des programmes européens de R&D et SESAR consacrés aux drones civils devrait rester significative.

Les financements nationaux devraient être mis en cohérence avec les financements européens, et se focaliser sur les points non couverts ainsi que sur ceux importants pour la souveraineté nationale.

Il est nécessaire d'aider les entreprises industrielles de petite taille à connaître et utiliser ces dispositifs (notamment européens) car elles n'ont pas forcément les ressources pour les connaître et les maîtriser.

R3.4 (Recommandation 2015/2.4 révisée)

Le Conseil pour les drones civils (CDC) devait avoir la charge d'élaborer les feuilles de route des technologies nécessaires et aider à obtenir des fonds

publics pour développer la filière. Le CDC a été mis en sommeil par la DGAC avec en parallèle, la création d'un Comité de concertation drone militaire France (Pacte Drone).

Un représentant de la DGAC devrait être invité à participer aux réunions du Comité de concertation drone militaire France afin qu'il puisse émettre des avis sur les développements technologiques pouvant aussi être utilisés sur les drones civils.

R3.5 (Recommandation 2015/3.1 révisée)

La Commission européenne a financé entre 2015 et 2025 des projets européens dédiés aux petits drones civils. Un bilan de ces projets devrait être réalisé.

Le U-Space, dont la mise en place va être progressive, est une réponse au besoin BVLOS avec la création de corridors de grande élévation et de zones étendues à très faible densité de population et au-dessus de la mer.

Les financements européens devraient être maintenus sur les scénarios BVLOS car ces derniers représentent un enjeu majeur pour de nombreuses applications dans le domaine médical (transport de médicament, vaccin, prélèvements sanguins) et de l'inspection d'infrastructures linéaires étendues (voies ferrées) par exemple.

3.2.4 Sur la souveraineté

R4.1 (Recommandation 2015/2.3 révisée)

L'actualité internationale montre qu'il est important de ne pas dépendre de composants ou systèmes étrangers soumis au contrôle à l'exportation pour les applications sensibles (défense et sécurité en priorité).

Il est recommandé de soutenir la recommandation N°2 du rapport GICAT-ADIF, pour le développement d'une feuille de route technologique pour le développement de drones de moins de 150 kg, et lancer un appel à projets « souveraineté européenne » pour assurer à la France de disposer de sources souveraines nécessaires à l'industrie du drone, en cohérence avec les actions de la Commission européenne (*Flagship action 12 de la Drone Strategy européenne 2.0 [15]*).

Il est illusoire de vouloir produire des équipements de drones moins chers que ceux produits en Chine, et les équipements produits en Europe auront probablement un prix supérieur, prix qui doit pouvoir être accepté par les donneurs d'ordre publics ou privés du fait des enjeux de souveraineté.

La priorité devrait être donnée au développement d'outils de production pour les technologies critiques comme les moteurs et les batteries.

Le groupe de travail soutient les démarches de labellisation/certification des drones engagées en France pour garantir la cybersécurité des systèmes de drones utilisées pour les applications gouvernementales en s'appuyant sur l'ANSSI.

Une telle démarche pourrait s'étendre aux applications professionnelles sensibles et pourrait s'élargir également à d'autres paramètres de souveraineté nationale ou européenne.

Néanmoins, Il faudra s'assurer que les développements technologiques subventionnés ne freinent pas le développement de drones pour les usages civils avancés requérant des solutions sécurisées conformes aux exigences de sécurité pour les catégories spécifique et certifiée.

R4.2 À l'instar de ce qui est envisagé par la France un « label de confiance aux fabricants », devrait être mis en place en Europe pour qu'un drone puisse être acquis par un service exerçant des fonctions régaliennes ou de sécurité (défense, sécurité intérieure, sécurité civile, pompiers etc.).

R4.3 La France accuse un certain retard dans la mise en place et le fonctionnement des centres d'essai en vol pour drones.

Il convient en priorité de :

- **mobiliser un fonds national dédié** (sur le modèle allemand) pour financer l'équipement et l'extension des centres d'essais drones en France, l'instrumentation et la qualification des sites ;
- **centraliser l'information et la planification :**
 - pour les centres civils : mettre en place une plateforme pour visualiser en temps réel la disponibilité des sites, les modèles économiques, et les procédures d'accès, les infrastructure et espaces de vols disponibles, ... ;
 - pour les centres étatiques : instaurer un point de contact unique pour les centres étatiques, avec des clauses contractuelles harmonisées.

ANNEXE 1 : ACRONYMES

3AF	Association aéronautique et astronautique de France
AAE	Académie de l'air et de l'espace
ADIF	Association du drone de l'industrie française
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
ADS-L	Automatic Dependent Surveillance-Light
AESA	Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne. EASA en anglais
ANFR	Agence nationale des fréquences
ANSSI	Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information
ARCEP	Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse
ATM	Air Traffic Management
BEA	Bureau d'enquêtes et d'analyses pour la sécurité de l'aviation civile
BEI	Banque européenne d'investissement
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight
CDC	Conseil pour les drones civils
CEPT	Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications
CISP	Common Information Service Provider – Fournisseur de service U-Space
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés
CT	Commission technique ou certificat de type
DGAC	Direction générale de l'aviation civile
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique
DSAC	Direction de la sécurité de l'aviation civile
DSNA	Direction des services de la navigation aérienne
EO/IR	Électro optique / infra rouge
ETSI	Institut européen des normes de télécommunications
FASEP	Fonds d'études et d'aide au secteur privé
FED	Fonds européen de défense
FPDC	Fédération professionnelle du drone civil
FPV	First Person View
GICAT	Groupement des industries françaises de défense et de sécurité terrestres et aéroterrestres
GNSS / GPS	Global Navigation Satellite System / Global Positioning System
GT	Groupe de travail
GTA	Gendarmerie des transports aériens
HALE	Haute altitude longue endurance

HAPS	High Altitude Permanent System
IMU	Inertial Measurement Unit
ISR	Intelligence Surveillance Recognition
IUT	International Telecommunications Union
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
JEDA	Joint European Drone Associations
LAD	Lutte anti-drones
Liaison C2	Liaison Command and Control
LUC	Certificat allégé d'exploitant (Light UAS operator Certificate)
MALE	Moyenne altitude longue endurance
MOC	Means Of Compliance
MTO	Munition télé-opérée
NAA	National Aviation Authority (USA)
OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
ONERA	Office national d'études et de recherches aérospatiales
PDRA	Pre Defined Risk Assessment
PSNA	Prestataire de services de navigation aérienne
REX	Retour d'expérience
R&D	Recherche et développement
R&I	Recherche et innovation
R&T	Recherche et technologie
RF	Radio fréquence
RID	Remote IDentification
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SAIL	Specific Assurance and Integrity Level
SAP	Situation aérienne partagée
SAR	Search and Rescue
SERA	Standardized European Rules of the Air
SESAR	Single European Sky Air traffic management Research
SGDSN	Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale
SORA	Specific Operations Risk Assessment
STS	Standard Scenario
UAS	Unmanned Aircraft System
UNEPAT	Union nationale des exploitants et des professionnels d'aéronautique télépilotée
UTM	UAS Traffic Management
U-Space	Gestion numérique du trafic aérien des drones
USSP	U-Space Service Provider
VFR	Visual Flight Rules
VLOS	Visual Line Of Sight

ANNEXE 2 : LISTE DES PARTICIPANTS

Présidence : R. Rosso (AAE) et P. Durieux (3AF)

Membres AAE : D. Colin de Verdière, L. Deneufchâtel, P. Plantin de Hugues,
T. Prunier, R. Rosso

Entretiens de Toulouse, responsables du domaine Drones : J-E. Chevillot, S. Morelli

Membres de la 3AF : P. Durieux, C. Le Tallec

ANNEXE 3 : LISTE DES PERSONNES INTERVIEWÉES

- 16 octobre 2024 : interviews de Pascal Baran (Altamétris : filiale de SNCF, opérateur de drones) et Claude Chenuil (GICAT : Groupement des industries de défense et de sécurité terrestre et aéro-terrestres)
- 20 novembre : interviews de Bastien Mancini (Delair : constructeur de drones) et Pascal Zunino (Novadem, constructeur de drones civils et défense)
- 18 décembre : interviews de Philippe Boyadjis (FPDC : Fédération professionnelle des drones civils) et Antoine Level (ADIF : Association du drone de l'industrie française)
- 14 janvier 2025 : interviews de David Comby (DGAC : directeur du programme Drones) et de Eric Le Moulec (Extensee : opérateur de drones)
- 4 février : interviews de Lubos Sramek (Schiebel : constructeur de drones pour la surveillance maritime) et de Amine Karray (Innov'ATM : fournisseur de service U Space)
- 10 mars : interviews d'Antoine Martin (DGAC/DSAC : chargé de mission réglementation U-Space) et de Fabrice Cuzieux (ONERA : directeur du programme Drones)
- 3 avril : interviews de Philippe Plantin de Hughes (BEA, président du GT AAE-DLR sur l'e-conspicuity = perceptibilité électronique) et Arnaud Gérard (Gendarmerie nationale, expert de la lutte anti-drones malveillants)
- 6 mai : interview d'Andréa Mora (ANFr) sur les bandes de fréquences utilisables pour les drones civils
- 16 juin : interviews de Natale di Rubbo (EASA) sur les futures évolutions réglementaires et de Maître Baudelin (avocat au Barreau de Paris) sur la protection de la vie privée
- 7 novembre : interview de C. Mazel (expert standardisation des drones)

ANNEXE 4 : LA RÉGLEMENTATION EUROPÉENNE EN RÉSUMÉ

Le règlement européen 2019/947 [11] définit trois catégories d'opération de drones : Ouverte, Spécifique et Certifiée.

Pour la catégorie Ouverte, trois sous-catégories d'opérations ont été créées (A1, A2 et A3) précisant les modalités d'utilisation et les exigences associées : plus l'aéronef est lourd et plus les distances de sécurité avec les tiers (personnes non impliquées) doivent être importantes. Le niveau de formation exigé pour le télépilote est lui aussi proportionnel au niveau de risque de l'opération.

Pour la catégorie Spécifique, la réglementation européenne a, à ce jour, définit deux scénarios standard européens (aussi nommés STS « *Standard scenarios* ») :

- le scénario standard 1 (STS-01) couvre les exploitations en vue directe (VLOS) effectuées à une hauteur maximale de 120 m au-dessus d'une zone contrôlée au sol dans un environnement peuplé. Ce scénario présente de fortes similarités avec le scénario national S3 ;
- le scénario standard 2 (STS-02) couvre les exploitations pouvant être effectuées hors vue (BVLOS), l'aéronef sans équipage à bord se trouvant à une distance maximale de 1 km du télépilote. Cette distance peut être augmentée à 2 km si des observateurs de l'espace aérien sont présents. Les évolutions ont lieu à une hauteur maximale de 120 m au-dessus d'une zone contrôlée au sol dans un environnement à faible densité de population. Ce scénario présente de fortes similarités avec le scénario national S2.

Un nouvel arrêté du 23/12/2025 modifie les règles françaises d'utilisation de l'espace aérien par les drones. Il permet l'ouverture du survol de l'espace public en agglomération en "catégorie ouverte" pour les professionnels. Par contre, le préavis pour la déclaration préfectorale de vol en "zone peuplée" passe à 10 jours ouvrables.

Tout vol en catégorie Spécifique en dehors des scénarios standards européens ou en déviation aux règles applicables à ces scénarios, ne peut être envisagé que dans le cadre d'une autorisation d'exploitation, après étude au cas par cas d'une évaluation des risques, incluant les mesures d'atténuation appropriées. Cette évaluation des risques est réalisée selon la méthode SORA (« *Specific Operations Risk Assessment* »). La SORA classe les opérations de drones en six niveaux de risque distincts (de I à VI), appelés SAIL (*Specific Assurance and Integrity Level*). Ces classifications tiennent compte de divers facteurs, tels que les risques aériens et terrestres, ainsi que des mesures d'atténuation comme les parachutes et la structure de l'espace aérien. Pour SAIL I et II, le taux de défaillance est peu exigeant avec peu d'exigences portées sur le volet technique du matériel, et ce sont essentiellement les procédures opérationnelles qui compensent le

taux de défaillance. Les moyens de conformité (MOC : *Means of Compliance*) pour les drones classés SAIL III viennent d'être publiés par l'EASA. Les drones SAIL V et VI devront avoir un CT (certificat de type). Compte tenu des coûts associés, les configurations SAIL III, IV, V et VI vont mettre du temps à être déployées.

La SORA est une méthode d'analyse de risque complexe à appréhender à la fois lors de l'élaboration d'une étude par un exploitant et lors de son instruction par l'autorité compétente. Pour faciliter l'élaboration, par les exploitants, et l'instruction par les autorités compétentes, des études de sécurité produites dans le cadre des demandes d'autorisation d'exploitation, l'AESA a produit des études de sécurité prédéfinies (PDRA – *Pre-Defined Risk Assessment*) pour les opérations les plus courantes, dont le risque est connu et bien appréhendé. Au jour de la rédaction de ce rapport, cinq PDRA ont été adoptés. L'étude de sécurité ayant déjà été réalisée par l'AESA lors de la rédaction d'un PDRA, l'exploitant qui entre dans ce cadre n'a pas besoin d'en produire une : il lui suffit de se conformer aux conditions associées au PDRA et d'en faire la démonstration à l'autorité compétente.

L'exploitant n'est pas non plus tenu d'obtenir une autorisation d'exploitation s'il détient un certificat allégé d'exploitant (LUC). Dans ce cas, l'exploitant, qui est forcément une personne morale, approuve ses propres opérations, sur la base d'une évaluation des risques. Ce privilège d'auto-approbation est conditionné à la mise en place par l'exploitant d'un système de gestion de la sécurité. Le LUC est donc principalement destiné à des exploitants d'UAS de taille et de complexité importantes opérant en dehors du cadre des scénarios standard.

Pour garantir la sécurité des opérations, chaque drone opéré en catégorie ouverte ou en scénario standard de la catégorie spécifique doit être accompagné d'un marquage CE indiquant sa classe. Sept classes de drones ont été créées, permettant de répondre aux différents usages de la catégorie Ouverte et les plus simples de la catégorie Spécifique : les drones des classes C0 à C4 relèvent de la catégorie ouverte, les drones de classes C5 et C6 sont destinés aux opérations en catégorie spécifique selon les scénarios standards STS-01 et -02 respectivement. Les exigences techniques relatives aux drones de classe sont exprimées dans le règlement délégué (UE) 2019/945 et le règlement d'exécution (UE) 2019/947.

Les exigences relatives à la vérification de la conformité sont détaillées dans des normes techniques éditées par l'organisation ASD STAN (série EN 4907). Elles portent sur les parties sol et bord du système de drones. Il est à noter que les normes définies pour les systèmes de terminaison du vol (FTS – *Flight Termination System*) et pour la géovigilance (*geofencing*) en C6 ont une portée qui dépasse largement ces seuls scénarios standards car pouvant être considéré comme un moyen acceptable de conformité pour d'autres usages en spécifique.

Depuis l'année dernière, la France dispose d'un organisme notifié Emitech pour les vérifications de conformité de marquage de classe, ce qui permet aux constructeurs français de faire évaluer leurs machines. Les coûts de marquage sont importants et se situent généralement entre 50 000 et 100 000 euros, avec des variations selon l'exigence du produit et le nombre d'essais nécessaires.

Des coûts supplémentaires sont à prévoir en cas de modification ou de variante du système, ce qui inquiète les petits constructeurs. Les modifications mineures devraient bénéficier d'un cadre réglementaire allégé (par exemple changement de batterie).

Classe	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Masse max.	250 g	900 g	4 kg	25 kg	25 kg	25 kg	25 kg
Catégorie d'opérations	Ouverte A1	Ouverte A1	Ouverte A2 ou A3	Ouverte A3	Ouverte A3 pilotage manuel	Spécifique STS-01	STS-02
Formation télépilotes	Formation en ligne	Formation et examen en ligne	Brevet d'aptitude de pilote à distance	Formation et examen en ligne	Formation et examen en ligne	Certif. aptitude théorique et formation pratique	Certif. aptitude théorique et formation pratique
Applications	Loisirs	Grand public	Professionnels	Professionnels	Aéro. modélisme	Professionnels	Professionnels

Figure 13 : Tableau récapitulatif sur les classes de drones

Pour la catégorie Certifiée, il n'y a pas d'étude de sécurité. Il y a un Certificat de Type (CT). L'AESA a temporairement suspendu le développement de nouvelles réglementations pour la catégorie certifiée des drones, préférant se concentrer sur l'expérimentation via le projet SESAR. Des efforts sont menés pour harmoniser les normes de navigabilité civile et militaire dans cette catégorie, notamment en reconnaissant les normes STANAG (*Standardization Agreement*) de l'OTAN. Cependant, il n'y a pas beaucoup de similitudes entre les opérations civiles et militaires.

L'AESA dénombre en Europe au 31 décembre 2024

- 2 millions d'opérateurs enregistrés ;
- 1.8 millions de certificats de pilote à distance ;
- 3600 opérations spécifiques autorisées après SORA ;
- 500 opérations après PDRA (Évaluation des risques prédéfinis) ;
- 35 SAIL III (Niveau d'intégrité d'assurance spécifique) ;
- 33 LUC (Certificat UAS léger) ;
- 3900 déclarations de scénarios standards STS.

En réponse aux difficultés rencontrées par les exploitants avec la mise en œuvre de la nouvelle réglementation, l'AESA étudie actuellement un certain nombre de simplifications réglementaires sur la base des retours qui lui ont été faits :

- 1) Catégorie ouverte (principalement loisirs et petites entreprises) : le concept est correct, mais l'AESA devrait élaborer des propositions pour le rendre plus flexible et ajouter des opérations : des discussions avec la NAA et l'industrie pour une amélioration sont en cours, une consultation publique est prévue pour l'année 2026. Des propositions sont attendues en 2026 et une mise à jour du règlement pourrait être adoptée en 2028.

- 2) Scénarios standards : il y a la nécessité de lever les limitations et de développer des STS supplémentaires pour couvrir la majorité des opérations SAIL II. Une simple déclaration est requise sans l'intervention de l'Autorité, l'Autorité effectue uniquement la surveillance.
- 3) Pour la catégorie spécifique, non couverte par les scénarios standards, une simplification est nécessaire. Pour répondre à cela, la SORA 2.5 a été publiée fin 2025 avec l'objectif d'apporter plus d'orientation et une meilleure compréhension. Un nouveau format de PDRA plus flexible est en préparation par JARUS et devrait être publié. Pour l'AESA, l'approche normale pour des opérations de catégories spécifiques devrait être STS ou PDRA, et SORA devrait faire exception. Un nouvel outil e-SORA sera disponible avant la fin de l'année sur le site Drones & Air Mobility | EASA. Les demandes de LUC au sein des États membres seront harmonisées. Un LUC devrait être créé pour les centres d'essai de drones.

Pour avoir plus d'informations sur la réglementation européenne, il est conseillé de télécharger deux documents de la DGAC/DSAC :

- Guide des usages de loisirs et professionnels des aéronefs sans équipage à bord [19],
- Guide des usages des aéronefs dans équipage à bord – catégorie Spécifique [20].

ANNEXE 5 : LES U-SPACE EN RÉSUMÉ

Le cadre réglementaire U-Space repose sur trois règlements de l'Union européenne et un ensemble de moyens acceptables de conformité et guides de l'AESA :

- Règlement d'exécution (UE) 2021/664 de la Commission du 22 avril 2021 relatif à un cadre réglementaire pour l'U-Space [21].
- Règlement d'exécution (UE) 2021/665 de la Commission du 22 avril 2021 modifiant le règlement d'exécution (UE) 2017/373 en ce qui concerne les exigences applicables aux prestataires de services de gestion du trafic aérien/de services de navigation aérienne [22].
- Règlement d'exécution (UE) 2021/666 de la Commission du 22 avril 2021 modifiant le règlement (UE) no 923/2012 en ce qui concerne les exigences applicables aux vols avec équipage à bord effectués dans l'espace aérien U-Space [13].

Les quatre éléments clés de la réglementation U-Space sont :

- Des portions de l'espace aérien doivent être désignées en tant que espaces aériens U-Space, par les États : ces espaces sont pénétrables par les vols habités sous certaines conditions.
- Des fournisseurs de services U-Space (USSP : *U-Space Service Provider*) doivent être certifiés par les autorités de la sécurité aérienne nationales, ou dans certains cas par l'Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne (AESA) : ce certificat est valable dans tous les États membres de l'UE.
- Quatre services obligatoires doivent être offerts dans un espace aérien U-Space aux exploitants de drones : service d'identification du réseau, service de géo vigilance, service d'autorisation de vol UAS, service d'informations sur la circulation aérienne dans l'espace. Deux services sont optionnels : service d'information météorologique et service de contrôle de la conformité.
 - Le service d'identification du réseau permet l'identification à distance des drones et l'enregistrement et la diffusion d'informations sur les opérations en cours, notamment sur les positions des drones et des télépilotes.
 - Le service de géovigilance informe les exploitants de drones des conditions applicables dans l'espace aérien U-Space et en particulier des contraintes liées à l'espace aérien, y compris les éventuelles modifications de l'espace dans lequel ils sont autorisés à voler (reconfiguration dynamique de l'espace aérien).
 - Le service d'autorisation de vol qui octroie aux exploitants de drones les autorisations de vol en fonction des contraintes liées à l'espace aérien et d'autres activités aéronautiques dans cet espace.
 - Le service d'informations sur la circulation qui informe chaque exploitant sur toute autre circulation aérienne y compris avec équipage à bord, pouvant s'effectuer de la position ou de l'itinéraire prévu pour éviter tout risque de collision.

- Des services d'informations communes (*CIS Common Information Services*) formant une infrastructure numérique de base pour chaque espace aérien U-Space, permettant une automatisation et une interconnexion des services. Dans un espace aérien U-Space, plusieurs prestataires de service certifiés (USSP) et un prestataire unique des services communs (CISP) désigné par l'État pourront ainsi offrir leurs services. Parmi les technologies clés utilisées, on retrouve :
 - les systèmes de communication en temps réel qui assurent l'échange d'informations entre drones, pilotes, PSNA (Prestataires de service de navigation aérienne) et autorités ;
 - la gestion algorithmique des trajectoires qui optimise l'espace aérien en fonction des besoins des utilisateurs ;
 - les bases de données collaboratives qui donnent un accès à des informations cruciales comme les conditions météorologiques ou les restrictions de vol.

Lorsqu'un vol avec pilote à bord est non contrôlé, par exemple vol VFR en espace aérien de classe G, et qu'il souhaite traverser un espace aérien U-Space actif, il lui faudra être équipé d'un système de report automatique de position conforme aux spécifications de l'UE. Les prestataires de services U-Space ont l'obligation de déployer une infrastructure terrestre de réception des messages de position. La réglementation U-Space ouvre aussi la possibilité d'utiliser à terme les réseaux mobiles 4G/5G pour la transmission des messages de position des aéronefs.

ANNEXE 6 : BILAN DES RECOMMANDATIONS DE 2015

Dans le Dossier n°40 « Présent et futur des drones civils » figuraient 20 recommandations. Le groupe de travail conjoint AAE-3AF les a examinées toutes et les résultats de cet examen est présenté ci-dessous : les recommandations sont soit conservées, soit révisées, soit clôturées. La référence numérique de chaque recommandation correspond au numéro qui figure dans le Dossier n°40.

Recommandation essentielle 2.1 :

Rappel : « La Commission européenne et les États membres devraient apporter un solide soutien à l'ensemble de la filière (projets de R&D, développement de technologies, start-up, exportation, etc.). La part des programmes européens de R&D H2020 et SESAR consacrés aux drones devrait être augmentée à 100 M€ minimum sur 5 ans. Priorité devrait être donnée au secteur des drones légers volant à très faible hauteur au-delà de la visibilité du télépilote qui vont réaliser la plupart des missions potentielles. »

Avis du groupe de travail : Depuis 2003, l'Union européenne a investi un budget total de près de 980 millions d'euros dans le développement ou l'utilisation de drones pour des applications innovantes. Elle a financé 320 projets liés au secteur des drones dans le cadre du R&I. Se pose néanmoins la question de la cohérence des démarches nationales par rapport aux initiatives européennes et de la difficulté pour les petites structures d'accéder aux financements européens. Le groupe de travail considère que la recommandation est toujours valable mais qu'elle devrait être reformulée.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation essentielle 2.2 :

Rappel : « Afin d'aboutir à une réglementation européenne harmonisée répondant aux besoins des utilisateurs, la communauté des drones devrait participer activement aux travaux de l'AESA, du groupe JARUS et des organismes de standardisation, en préparant rapidement des documents contributifs. »

Avis du groupe de travail : La nouvelle réglementation drones est en cours de mise en place, un grand nombre de textes réglementaires ayant été publiés. En ce qui concerne la participation de la communauté des drones aux activités de l'AESA, c'est bien sûr le cas pour la DSAC, mais ce n'est pas clair pour les exploitants et les constructeurs. L'AESA publie des appels à commentaires sur Internet pour chaque nouveau texte réglementaire et les exploitants français peuvent répondre soit à titre individuel, soit via leurs associations, FPDC et ADIF.

Il est proposé de clôturer cette recommandation.

Recommandation 2.3 :

Rappel : « Les constructeurs européens devraient intégrer des équipements peu chers dans les drones (capteurs, auto-pilotes, liaisons de données, moteurs, batteries) et s'affranchir des acquisitions de produits étrangers sous contrôle à l'exportation. Des équipements provenant des industries automobiles et des télécommunications devraient être pris en considération. »

Avis du groupe de travail : Le sujet de la fourniture des équipements des drones légers a été évoqué au cours de plusieurs réunions et notamment lors de l'entretien avec les représentants du GICAT et de l'ADIF pour qui ce sujet est important du point de vue de la souveraineté industrielle nationale et a fait l'objet de la recommandation N°2 du rapport GICAT-ADIF annexe [17].

Le groupe de travail soutient cette recommandation, mais en soulignant qu'il faut s'assurer que les développements financés par le MinArm au travers du Pacte Drone avec une production de masse à bas coûts afin de répondre à des urgences opérationnelles ne tirent pas les technologies vers le bas. Et aussi qu'il est illusoire de vouloir produire des équipements de drones moins chers que ceux produits en Chine.

Recommandation essentielle 2.4 :

Rappel : « Le Conseil pour les drones civils devrait être en charge d'élaborer les feuilles de route des technologies nécessaires et aider à obtenir des fonds publics pour développer la filière des drones. »

Avis du groupe de travail : Au cours des entretiens, plusieurs experts nous ont dit que le Conseil pour les drones civils ne fonctionnait plus. Le groupe de travail propose de réviser cette recommandation en s'appuyant sur la recommandation du rapport GICAT-ADIF et aussi de la feuille de route européenne figurant dans le document Drone Strategy [15] de 2022.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation 2.5 :

Rappel : « Les trois pôles de compétitivité du domaine aéronautique devraient faciliter la constitution de consortiums, réunissant les PME, les laboratoires/centres d'essais, les académies et les grands groupes du secteur, afin de répondre aux appels à projets. »

Avis du groupe de travail : Les pôles de compétitivité Astech de l'Île de France et NAE de Normandie, d'Aerospace Valley des régions Occitanie et Nouvelle Aquitaine, et SAFE des régions PACA et Auvergne-Rhône-Alpes, ont bien mis en place des coopérations entre les divers acteurs du domaine drones de leur région.

Cette recommandation peut être clôturée.

Recommandation essentielle 3.1 :

Rappel : « Dans les programmes de R&D la priorité devrait être donnée au secteur des petits drones volant à très basse hauteur et qui réalisent la plupart des missions. En particulier, il faut traiter le cas des drones qui volent au-delà de la visibilité du télépilote

(BVLOS). De plus, il faut que les industriels participants à SESAR, qui sont essentiellement les grands industriels du domaine aéronautique, prennent en considération la place et les besoins des PME. »

Avis du groupe de travail : Les discussions au sein du GT ont porté essentiellement sur les drones légers (moins de 150 kg), voire très légers (moins de 25 kg). Ces drones semblent avoir été bien pris en compte dans le programme SESAR. Il reste à faire un bilan détaillé des activités financées par SESAR dans le domaine des drones. Quant au sujet des opérations BVLOS, celui-ci a bien été évoqué par plusieurs intervenants, et a fait l'objet d'une démonstration en vol lors de la journée Démo Day (22 mai 2025) à Brétigny sur Orge. Le groupe de travail propose de réviser cette recommandation.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation 3.2 :

Rappel : « Les constructeurs de drone devraient examiner quels dispositifs légers et simples ou redondances permettraient d'augmenter la sécurité des drones sans que ceux-ci soient plus chers. »

Avis du groupe de travail : Le sujet de l'amélioration de la sécurité des drones a été évoqué avec le représentant de l'ONERA et celui de l'AESA au sujet des drones SAIL de niveau III. Le groupe de travail propose de réviser cette recommandation.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation 3.3 :

Rappel : « Afin d'assurer les communications entre le sol et le bord ainsi que l'identification et la localisation des drones, l'utilisation des réseaux de télécommunications mobiles (GSM, 3G, 4G) devrait être expérimentée et complétée par des analyses de performances et de sécurité et des mesures de sûreté. »

Avis du groupe de travail : Ce sujet a été discuté avec la représentante de l'ANFr. Elle a précisé que sur ce point, une nouvelle réglementation est en préparation au sein de l'UE ainsi qu'un standard technique par l'ETSI. Ces deux textes devraient être disponibles d'ici 2026. Le point n'est pas clos, plusieurs expérimentations sont en cours. Des financements européens vont aussi se poursuivre sur la question. Le groupe de travail propose de reformuler cette recommandation.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation essentielle 3.4 :

Rappel : « Le programme de R/D européen H2020 devrait financer les travaux visant à développer et expérimenter des moyens simples, légers et peu chers de réduction du risque de collision, embarqués et/ou basés au sol, surtout pour les vols de drones à très faible hauteur. »

Avis du groupe de travail : Le sujet des risques de collision a été débattu avec plusieurs intervenants. La solution proposée par l'AESA est le système embarqué ADS-L qui permettra aux fournisseurs de service U-Space de localiser tous les aéronefs équipés

volant dans les espaces U-Space et dans lesquels ils fournissent ce service aux exploitants de drones, en s'appuyant sur une infrastructure de stations de réception couvrant cet espace. Le groupe de travail propose de réviser cette recommandation.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation essentielle 3.5 :

Rappel : « Les autorités de l'aviation civile devraient formaliser les exigences en matière de formation des télépilotes et les moyens alternatifs ou complémentaires de contrôler l'efficacité de cette formation (agrément des formations, épreuves théoriques et pratiques). »

Avis du groupe de travail : Ce sujet semble avoir été bien couvert par la nouvelle réglementation européenne concernant la formation des télépilotes pour effectuer des opérations de catégorie ouverte et spécifique, comme nous l'a expliqué D. Comby de la DGAC. Il reste à couvrir la formation des télépilotes de drones de la catégorie certifiée, mais le règlement ad-hoc n'a pas encore été publié.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 3.6 :

Rappel : « Pour les opérations à risques, le télépilote devrait détenir une licence délivrée soit par les autorités de sécurité de l'aviation civile, soit par un organisme habilité par une autorité. Pour les drones dont les opérations sont à risque très faible, une attestation de formation suffirait. »

Avis du groupe de travail : La licence de télépilote est bien prévue pour les drones de la catégorie certifiée, mais les exigences réglementaires OACI et européenne n'ont pas encore été publiées. Le sujet semble pris en compte par l'OACI ainsi que par la future réglementation européenne et la recommandation devrait pouvoir être close.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 3.7 :

Rappel : « Il est nécessaire que les télépilotes de drones effectuant des activités professionnelles soient formés. Il est recommandé que la formation préalable à la délivrance d'une attestation se fasse au sein d'écoles de formation agréées, dont l'agrément devrait être délivré par les autorités de sécurité de l'aviation civile, ou par un organisme habilité, sur la base d'un référentiel qui devrait si possible être harmonisé entre les États membres de l'Union européenne, ce qui permettrait d'assurer la reconnaissance mutuelle entre les États membres. »

Avis du groupe de travail : La réglementation européenne des drones ne fait pas de distinction entre les exploitants privés et les professionnels, comme le faisait la réglementation française de 2012. Les exigences de formation des télépilotes concernent l'ensemble des télépilotes. Le sujet de l'agrément des organismes de formation n'a pas été discuté au cours des entretiens avec les différents intervenants. Cette recommanda-

tion est jugée redondante avec la précédente et devrait aussi être clôturée pour les opérations des catégories ouvertes et spécifiques.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 4.1 :

Rappel : « Les bases de données géographiques des drones devraient inclure les informations sur les zones d'exclusion correspondant aux zones interdites ('geofencing'), et le traitement des données recueillies devrait inclure des processus de protection de la vie privée (conception 'privacy by design'). »

Avis du groupe de travail : Le représentant de l'AESA a fait référence à un site Internet, Air Mobility Hub, regroupant toutes les informations nécessaires à la préparation des vols. Il a aussi signalé que tous les États membres de l'UE doivent publier des cartes identifiant les zones géographiques (baptisées GéoZones) où tous les vols de drones sont interdits, et celles où les exploitants doivent obtenir une autorisation avant d'y effectuer un vol : en France il s'agit du site de l'IGN Géoportail. Le groupe de travail estime que la 1ère partie de la recommandation 4.1 peut être clôturée.

La recommandation est révisée au chapitre 3.2.

Recommandation 4.2 :

Rappel : « Les drones devraient être équipés d'un moyen d'identification et de localisation compatible au niveau européen. Ce moyen pourrait être une puce active. »

Avis du groupe de travail : La réglementation nationale exige que tous les drones de masse supérieure à 800 g soient équipés d'un dispositif de signalement électronique. La réglementation européenne exige quant à elle que les drones de classe C1, effectuant des opérations de catégorie A1, de classe C2 en catégories A2 et A3 et de classe C3 en catégorie A3 soient dotés d'un dispositif électronique d'identification directe à distance. Tous les drones volant en catégorie spécifique doivent être équipés d'un système d'identification à distance. Même si l'on peut regretter que les dispositifs français et européen n'aient pas été harmonisés dès le départ, la grande majorité des drones civils est donc couverte par cette exigence.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 4.3 :

Rappel : « Chaque opérateur devrait renseigner (sur un site Internet ou en « open data ») les missions des drones avec leur identifiant et leurs trajectoires ce qui permettrait d'identifier les mouvements aériens réalisés et aux plaignants de faire valoir leurs droits. »

Avis du groupe de travail : C'est le cas pour les vols de drones dans les espaces U-Space, l'accès à ces sites étant néanmoins limité aux exploitants de drones. Pour l'ensemble les vols de drones, effectués en dehors de ces espaces, les particuliers peuvent télécharger sur leur téléphone mobile une application qui permet en principe de décoder les émissions d'identification directe à distance des drones et d'avoir toutes les informations relatives à un drone précis volant à proximité. Sous réserve que ce drone

soit équipé (tous les drones de Classe C1 à C6 doivent être équipés sauf les drones de classe C0, de masse inférieure à 250 g).

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation essentielle 4.4 :

Rappel : « L'Union européenne devrait imposer aux assureurs de chaque État membre de mettre en place un fonds de compensation pour indemniser les conséquences d'accidents causés par des drones non assurés. »

Avis du groupe de travail : Les règles de l'AESA en matière de drones exigent la souscription d'une assurance si votre drone pèse plus de 20 kg. S'il pèse moins de 20 kg, il n'existe aucune exigence spécifique en matière d'assurance. Toutefois, la plupart des États membres de l'AESA exigent une assurance responsabilité civile, même si vous utilisez un drone plus léger. En France une assurance est obligatoire pour les vols sous autorisation d'exploitation de la catégorie spécifique. En revanche, la souscription à une assurance responsabilité civile pour les autres types d'opération est à la diligence de l'opérateur responsable en fonction de la nature de son activité. Le besoin d'un fonds de compensation n'est plus nécessaire aujourd'hui. Les exploitants de drones peuvent s'assurer sans problème auprès de la plupart des compagnies d'assurance.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 4.5 :

Rappel : « Avant chaque mission, chaque opérateur devrait déclarer ses intentions de vol (espace utilisé, horaire, plan de vol, etc.). Un site Internet dédié aux opérateurs recueillerait ces informations et serait accessible à tous en consultation. »

Avis du groupe de travail : Cette recommandation est redondante avec la 4.3. Les remarques écrites sur cette dernière sont aussi valables pour celle-ci. On devrait pouvoir aussi la clôturer.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation 4.6 :

Rappel : « Au travers d'un réseau, les responsables de la sûreté et les particuliers pourraient contacter l'opérateur du drone. En cas de non-réponse, une sanction pourrait être appliquée. Comme cela existe pour les aéronefs classiques, et selon la situation, une décision de poursuite et d'interception des responsables et/ou de neutralisation du drone pourrait être prise.

Ces moyens sont à créer. Il faut remarquer que le Secrétariat général de la défense et de la sécurité nationale (SGDSN) a déjà démarré l'action en question en recensant un ensemble de tels systèmes ; un appel d'offres est en cours pour leur développement. »

Avis du groupe de travail : ce sujet a été débattu par le GT en particulier lors de l'entretien avec le représentant de la Gendarmerie des transports aériens (GTA), le chef d'escadron A. Gérard.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation essentielle 5.1 :

Rappel : « Afin d'aboutir à une réglementation européenne harmonisée, la communauté des drones devrait participer activement aux travaux de l'AESA, du groupe JARUS et des organismes de standardisation, en préparant rapidement des documents contributifs. »

Avis du groupe de travail : Cette recommandation est redondante avec la Recommandation 2.2.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

Recommandation essentielle 5.2 :

Rappel : « Un besoin fort existe pour le travail aérien sur des infrastructures linéaires (jusqu'à plusieurs centaines de kilomètres) ou des sites très étendus. En s'appuyant sur les expérimentations en cours, la priorité devrait être donnée à l'établissement de réglementations européennes harmonisées permettant l'emploi de drones de manière routinière sur un domaine d'altitude et d'éloignement du télépilote qui soit compatible avec le besoin. »

Avis du groupe de travail : Ce sujet a été discuté avec plusieurs intervenants et semble bien en cours de traitement au niveau européen. La création d'espaces U-Space de grandes dimensions linéaires (corridors) devrait permettre d'effectuer ces opérations sur des infrastructures linéaires.

Le groupe de travail considère que cette recommandation pour les vols au-dessus des infrastructures linéaires peut être clôturée dans la mesure où les espaces U-Space sont progressivement mis en place.

Recommandation 6.1 :

Rappel : « La Fédération professionnelle du drone civil (FPDC) devrait mettre en place un site de retour d'expérience (REX) accessible à tous les utilisateurs professionnels, équivalent à ce qui existe dans les fédérations aéronautiques et sportives (FFA, FFAM, ...), et devrait diffuser une information régulière de sécurité. »

Avis du groupe de travail : L'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord (ou drones) est soumise au règlement européen 376/2014 concernant les comptes rendus, l'analyse et le suivi d'événements dans l'aviation civile [18]. Les événements soumis à notification obligatoire sont cependant rares (accident mortel, événement impliquant un drone certifié ou un aéronef habité). Pour contribuer à l'amélioration de la sécurité, il est capital que les exploitants (privés comme professionnels) puissent partager leurs expériences et leurs événements, afin que chacun puisse en tirer des enseignements de sécurité. La DSAC a créé un site pour collecter ces informations, et elle encourage les exploitants à notifier leurs événements significatifs sur une base volontaire. La DSAC publiera des comptes-rendus anonymisés d'événements et proposera des enseignements de sécurité dans sa publication dédiée aux UAS.

Le groupe de travail propose de clôturer cette recommandation.

ANNEXE 7 : DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

- [1] AAE Dossier #40, 2015 « Présent et futur des Drones Civils », co-édité avec la 3AF (Cahier N°14) – <https://shorturl.at/Nhlab>
- [2] Décret no 2023-283 du 19 avril 2023 relatif à la mise en œuvre de traitements d'images au moyen de dispositifs de captation installés sur des aéronefs pour des missions de police administrative.
- [3] Arrêté du 24 mars 2023 fixant les conditions d'utilisation des aéronefs militaires et des aéronefs appartenant à l'État et utilisés par les services de douanes, de sécurité publique et de sécurité civile qui circulent sans équipage à bord.
- [4] CEPT/ECC – ECC Decision (22)07 – Harmonised technical conditions for the usage of aerial UE for communications based on LTE and 5G NR in the bands 703-733 MHz, 832-862 MHz, 880-915 MHz, 1710 – 1785 MHz, 1920-1980 MHz, 2500-2570 MHz and 2570-2620 MHz harmonised for MFCN – approved 18 November 2022 – corrected 7 March 2025.
- [5] Arrêté du 27 décembre 2019 définissant les caractéristiques techniques des dispositifs de signalement électronique et lumineux des aéronefs circulant sans personne à bord.
- [6] Arrêté du 12 avril 2012 relatif à la conception des aéronefs civils qui circulent sans aucune personne à bord, aux conditions de leur emploi et sur les capacités requises des personnes qui les utilisent.
- [7] Arrêté du 17 décembre 2015 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord.
- [8] Arrêté du 18 mai 2018 relatif aux exigences applicables aux télépilotes de drones professionnels.
- [9] Loi N°2016-1428 du 24 octobre 2016 relative au renforcement de la sécurité des drones civils.
- [10] Règlement délégué (UE) 2019/945 de la Commission du 12 mars 2019 relatif aux systèmes d'aéronefs sans équipage à bord et aux exploitants, issus de pays tiers, de systèmes d'aéronefs sans équipage à bord.
- [11] Règlement d'exécution (UE) 2019/947 de la Commission du 24 mai 2019 concernant les règles et procédures applicables à l'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord.
- [12] Règlement (UE) 2018/1139 du Parlement européen et du Conseil du 4 juillet 2018 concernant des règles communes dans le domaine de l'aviation civile et instituant une Agence de l'Union européenne pour la sécurité aérienne, et modifiant les règlements (CE) n°2111/2005, (CE) n°1008/2008, (UE) n°996/2010, (UE) n°376/2014 et les directives 2014/30/UE et 2014/53/UE du Parlement européen et

- du Conseil, et abrogeant les règlements (CE) n°552/2004 et (CE) n°216/2008 du Parlement européen et du Conseil ainsi que le règlement (CEE) n°3922/91 du Conseil.
- [13] Règlement d'exécution (UE) n° 923/2012 de la Commission du 26 septembre 2012 établissant les règles de l'air communes et des dispositions opérationnelles relatives aux services et procédures de navigation aérienne et modifiant le règlement d'exécution (UE) n°1035/2011, ainsi que les règlements (CE) n°1265/2007, (CE) n°1794/2006, (CE) n°730/2006, (CE) n°1033/2006 et (UE) n°255/2010, modifié.
- [14] EASA – Technical Specification for transmissions using SRD-860 frequency band <https://www.easa.europa.eu/en/newsroom-and-events/news/be-seen-and-be-aware-publication-new-technical-specification-ads-l-4>
- [15] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe' SWD(2022) 366 final}.
- [16] Synthèse des attendus industriels pour les centres d'essai en vol drones – Document 3AF décembre 2025 www.3af.fr
- [17] Rapport drones GICAT-ADIF – Propositions GICAT-ADIF pour une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire pour les drones aériens et munitions téléopérées de moins de 150 kg destinés à l'armée de Terre.
- [18] Règlement (UE) No 376/2014 du Parlement européen et du Conseil du 3 avril 2014 concernant les comptes rendus, l'analyse et le suivi d'événements dans l'aviation civile, modifiant le règlement (UE) no 996/2010 du Parlement européen et du Conseil et abrogeant la directive 2003/42/CE du Parlement européen et du Conseil et les règlements de la Commission (CE) no 1321/2007 et (CE) no 1330/2007.
- [19] DGAC/DSAC – Guide des usages de loisir et professionnels des aéronefs sans équipage à bord – catégorie Ouverte – Édition 1 – Version 1.5 – 1^{er} février 2023 <https://shorturl.at/hNM64>.
- [20] DGAC/DSAC – Guide des usages de loisir et professionnels des aéronefs sans équipage à bord – catégorie Spécifique – Édition 1 – Version 1.7 – 2 mars 2023 <https://shorturl.at/BuvZ2>
- [21] Règlement d'exécution (UE) 2021/664 de la Commission du 22 avril 2021 relatif à un cadre réglementaire pour l'U-Space.
- [22] Règlement d'exécution (UE) 2021/666 de la Commission du 22 avril 2021 modifiant le règlement (UE) no 923/2012 en ce qui concerne les exigences applicables aux vols avec équipage à bord effectués dans l'espace aérien U-Space.

Autres références

<https://www.eurocontrol.int/unmanned-aircraft-systems>

<https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones>

<https://fpdc.fr/>

2015-2025 : THE RISE OF CIVILIAN DRONES

TABLE OF CONTENTS

- FOREWORD** 79
- SUMMARY** 81
 - A changing regulatory landscape..... 82
 - Changes in the market and uses**..... 82
 - The acceleration of dual use..... 82
 - Technological advances and challenges 83
 - Conclusion 83
 - Recommendations**..... 84
- 1. INTRODUCTION** 85
 - 1.1 **Creation of a joint AAE-3AF working group to update Dossier No. 40** 85
 - 1.2 **Main changes in the last ten years** 86
- 2. WHAT DEVELOPMENTS OVER TEN YEARS?** 89
 - 2.1 **A fast-growing drone population**..... 89
 - 2.1.1 **Consumer drones** 89
 - 2.1.2 **Professional drones** 90
 - 2.2 **The increasing dual use of drones** 91
 - 2.2.1 **Recent conflicts in the Middle East and Ukraine** 91
 - 2.2.2 **Public service and security missions** 94
 - 2.3 **Technological developments** 96
 - 2.3.1 **Data links** 96
 - 2.3.2 **Artificial intelligence (AI)** 99
 - 2.3.3 **Miniaturisation**..... 101
 - 2.4 **French and European regulations** 102
 - 2.4.1 **French regulations** 102
 - 2.4.2 **European regulations** 103
 - 2.4.3 **The transition phase**..... 104
 - 2.5 **Integration into the airspace** 105
 - 2.5.1 **Electronic reporting and remote identification devices**..... 105
 - 2.5.2 **The U-Space concept**..... 106
 - 2.5.3 **Deployment of electronic conspicuity systems** 107

2.6	Industrial landscape and structure in France and Europe.....	108
2.6.1	Professionalisation of the industry	108
2.6.2	Financial support for the industry.....	110
2.6.3	Flight test centres drones.....	111
2.7	Developing the fight against drones.....	113
2.7.1	Principles and architecture of an anti-UAV capability	114
2.7.2	Observations on the system put in place for the 2024 Olympic Games	116
3.	RECOMMENDATIONS OF THE WORKING GROUP	117
3.1	Review of the 2015 recommendations	117
3.2	New recommendations	117
3.2.1	Regulations	117
3.2.2	Communications.....	119
3.2.3	Support for the industry	120
3.2.4	Sovereignty	121

APPENDICES

Appendix 1 :	Acronyms	123
Appendix 2 :	List of participants	125
Appendix 3 :	Liste of persons interviewed.....	126
Appendix 4 :	European regulations in brief.....	127
Appendix 5 :	U-Space in brief	131
Appendix 6 :	Review of 2015 recommendations.....	133
Appendix 7 :	Reference documents	140

FOREWORD

The drone sector is undergoing rapid transformation, and its civilian applications are no exception. Over the past decade:

- European regulations governing the design and operation of civilian aircraft have gradually replaced national regulations;
- new U-Space systems are being implemented to manage the integration of drones into air traffic;
- the drone market and its applications have experienced significant growth in both professional and consumer applications;
- the technological building blocks at the core of drone systems, such as data links, electronic miniaturisation and artificial intelligence, have been the subject of major innovations;
- current military conflicts, in which the dual-use dimension has never been more prominent, highlight the growing overlap between civilian and military domains;
- the proliferation of consumer drones and malicious activities involving them has led to the deployment of counter-drone measures, particularly during the Paris Olympic Games.

Against this backdrop, the Air and Space Academy (AAE) and the French Aeronautics and Astronautics Association (3AF) decided to once again combine their expertise to review these developments and highlight the key challenges that must be met to ensure a strong positioning of the French and European civilian drone sectors in global competition.

This document provides the most comprehensive overview possible of the situation, drawing on around a dozen stakeholder interviews, whom we thank for their contributions. It also offers a number of recommendations to address certain critical issues and improve the competitiveness of French and European players in the field.

We would like to express our gratitude to the AAE and 3AF experts who contributed to this work. Their collective commitment to addressing these challenges helps shed light on the future of this rapidly evolving field.

Bruno Berthet

*President of the Association aéronautique
et astronautique de France (3AF)*

Bruno Stoufflet

*President of the
Air and Space Academy (AAE)*

SUMMARY



Figure 1:
Delair Drone
DT61 ©
Delair

Following a conference in 2014, the Air and Space Academy (AAE) and the French Aeronautical and Astronautical Association (3AF) published Dossier No. 40 (also referenced as Cahier 14 by 3AF¹), "Present and future of civilian drones", in 2015. In view of the technological and regulatory developments over the last decade, these two bodies once again set up a working group in September 2024 to update this work.

Experts in the field were consulted in the course of a dozen interview sessions in order to update the 2015 analysis and formulate new recommendations adapted to the 2025 context.

1 This document, which has two references, will hereinafter be referred to as Dossier No. 40

A changing regulatory landscape

Over the last ten years, the major change has been the transition from pioneering national regulations to a harmonised European framework.

From the DGAC to EASA

- **Risk-based approach:** while France (DGAC) pioneered this approach in 2012, Europe (EASA) has adopted an approach based on the same principle, but segmented into three categories of operations: Open, Specific and Certified.
- **Broader spectrum:** unlike the previous 150 kg threshold, European regulations now apply to all drones, regardless of weight.
- **Complex transition:** the transition period officially ended on 1 January 2024, but was extended in France by derogation until 31 December 2025.

The emergence of U-Space

The U-Space concept involves creating airspace dedicated to drones and managed by digital service providers (USSPs), enabling safe cohabitation with manned aviation. Regulated by the European Union (EU), the concept is currently being implemented.

Changes in the market and uses

The sector has experienced explosive growth, increasing in France from 1,200 operators in 2014 to over 145,000 by 2025.

- **Consumer drones:** the Chinese manufacturer DJI dominates the global market with a share of around 70%. By 2024, there were over 2.5 million drones, also known as UAVs (Unmanned Aerial Vehicles), in France, a figure which stabilised following a peak in 2016.
- **Professional drones:** activity in Europe in 2025 was split between construction and inspection (28%) – energy and industry (21%) – agriculture (16%) – audiovisual (14% – down relatively from 2015) – safety (12%).

The acceleration of dual use

One of the major developments of the past decade has been the blurring of the boundaries between civilian and military applications, a trend exacerbated by recent conflicts in Ukraine and the Middle East.

The lesson of modern conflicts

- “Consumable” drones: Ukraine is making massive use of modified civilian UAVs (FPV type – First-Person View) for surveillance or attack missions (remotely piloted munitions). Their low cost means they can be deployed on a huge scale.
- Strategic dependence: the use of Chinese civilian components poses challenges in terms of sovereignty and export controls.

- Industrial impact: many French manufacturers have reversed the civil/military ratio in their production, with the military now often accounting for 80% of sales.

Public service and security missions

Drones have become indispensable for the police, gendarmerie and fire brigade in carrying out public service and security missions:

- crisis management: monitoring fires, searching for people, assessing natural disasters and supporting operations in the field;
- inspection: surveillance of critical and environmental infrastructures.

Their use by law enforcement agencies is strictly regulated in France (Drone Act 2024, overseen by the CNIL) to ensure respect for individual freedoms.

Technological advances and challenges

Data links and connectivity

Communication between the drone and its ground station is used for command and control (C2) as well as for transmitting data from onboard sensors. This can be achieved in the following ways:

- free frequencies with power output strictly limited (range of up to 5 km in direct view);
- frequencies assigned by the national communications authority (ARCEP in France), enabling greater ranges to be reached;
- mobile telecommunications networks (4G/5G), for which trials are currently underway. Approval for UAV use is expected in 2026. This will facilitate BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight) operations;
- Mobile ad hoc networks (MANet), to create robust networks in which each drone acts as a relay. This is a fundamental requirement for swarm flying.

Threats and resilience

The increasing use of civilian UAVs prompted the state to invest heavily in systems for detecting and countering malicious drones, particularly in view of the Paris 2024 Olympics.

Conclusion

Over the past ten years, drones have evolved from a niche tool for enthusiasts to a strategic, industrial and security pillar.

Technological maturity (AI, autonomy and miniaturisation) is now accompanied by robust regulatory requirements in Europe as well as dual-use capabilities that will reshape the priorities of the French industry in the years to come.

► Recommendations

Regulation

- EASA should recognise that old national scenarios incorporating Predefined Risk Assessment studies (PDRA) are equivalent to the new standard scenarios (STS) provided that past experience has demonstrated an acceptable level of safety.
- A specific STS scenario should be published by EASA to facilitate out-of-sight civil drone flights over large, very sparsely populated areas.

Communications

- ADS-L should be compulsory for all aircraft not equipped with ADS-B Out. However, EASA only envisages this for piloted aircraft flying in visual flight, and on a voluntary basis, which would greatly limit the value of this system.

Support for the industry

- The proportion of European R&D and SESAR programmes devoted to civil UAVs should remain significant. Additionally, national funding should align with European funding and focus on areas not covered by the latter as well as those important for national sovereignty.
- Drones and payloads adapted to surveillance at sea need to be developed when existing European UAV models are unsuitable. Their development should be supported.

Sovereignty

- The GICAT-ADIF report recommends a technological roadmap for the development of drones weighing less than 150 kg, and the launch of a call for “European sovereignty” projects, to ensure the availability of the necessary sovereign resources for the UAV industry. Priority should be given to developing production tools for critical technologies such as engines and batteries.
- Following France’s lead, Europe should introduce a “trusted manufacturer” label so that drones can be acquired by organisations exercising regalian or security functions (e.g. defence, internal security, civil security, fire services, etc.).
- For drone flight test centres, a dedicated national fund based on the German model should be established to finance the equipping and expansion of drone test centres in France, as well as centralising information and planning for civil and state centres. This would rationalise and facilitate access to these resources for manufacturers.

1. INTRODUCTION



Figure 2:
Delair Drone
operated by
Altametris
© Altametris

1.1 Creation of a joint AAE-3AF working group to update Dossier No. 40

On 13 and 14 November 2014, the Air and Space Academy (AAE) and the French Aeronautical and Astronautical Association (3AF) organised a conference entitled “Present and Future of Civilian Drones”. The interest aroused by this conference and the large number of enthusiastic participants confirmed the importance of the issues at stake. Following the conference, AAE published Dossier No. 40/Cahier No.16 [1] in partnership with 3AF in 2015. This document summarised the conference presentations and included recommendations concerning the development of this new form of aviation characterised by the absence of a pilot on board.

Since then, however, major developments have taken place prompting AAE and 3AF to readjust their 2014 analysis, review their perspectives of the time and update their recommendations. A joint working group comprising members of both associations was set up in September 2024. A list of the group’s members can be found in Appendix 2. The working group met remotely a dozen times to interview experts in the field, a list of whom can be found in Appendix 3.

Each interview lasted one hour, with two guests typically interviewed per meeting. At the end of each meeting, minutes were drawn up and sent to interviewees for correction.

Chapter 2 of this document summarises the key developments in the field of light civilian drones over the past decade, incorporating insights from the interviewed experts.

Chapter 3 reviews the 2014 recommendations and proposes new ones in light of the new situation.

1.2 Main changes in the last ten years

The French civil aviation authority, DGAC, was a pioneer in the field of flight safety for small unmanned aerial vehicles (UAVs), publishing a first set of decrees to regulate this activity back in 2012. Europe then began drafting a series of regulations, which have not yet been fully published.

Preparation of the European regulations was entrusted to the European Aviation Safety Agency (EASA). Both sets of regulations are based on a risk-based approach; however, the European regulations go further in segmenting and quantifying risk, resulting in a more complex system of requirements in terms of both analysis and justification. European regulations divide transactions into three categories: "Open", "Specific" and "Certified" (see Appendix 4). Whereas prior to 2015, the Member States of the European Union were responsible for regulating the flights of drones weighing less than 150 kg, the new European regulations now apply to all aerial drones regardless of their weight, from those weighing less than one kilo to those weighing several tonnes.

The European regulations were published in 2019, with an initial planned transition period of four years, later extended to five years, ending on 1 January 2024. France requested a further two-year extension to the end of 2025 in order to retain certain standard national scenarios. During this period, European and national regulations coexisted.

The transition has posed, and continues to pose, a number of problems for operators and manufacturers. These problems will be discussed in Section 2.4.

Additionally, European regulations have introduced the concept of U-Space, which involves creating airspaces dedicated to drone flights and managed by U-Space Service Providers (USSPs). These new airspaces are beginning to be deployed in EU Member States.

There are now over 145,000 private and professional drone operators registered with the DGAC, and over 300,000 registered drones.

These figures are very different from those of 2014, when only 1,200 operators were registered, illustrating the extremely rapid development of this activity, alongside the proliferation of light private drones.

This has given rise to certain problems, particularly in terms of safety, such as the risk of collision with manned aircraft, especially during take-off and landing.

The critical nature of these safety issues, for example, was highlighted by illegal overflights of sensitive geographical sites, leading to the enactment in France of the “Drone law” [9], which includes an obligation to register drones and ensure they emit electronic and light signals.

At the same time, the French government equipped itself with anti-drone systems, which were stepped up ahead of the Paris Olympics in 2024. In certain cases, these systems may interfere with air traffic control, particularly when jamming and spoofing of satellite navigation (GNSS) are activated.

Government services such as the police, gendarmerie, fire brigade, coastguard, border surveillance, event surveillance, civil security, search and rescue (SAR), as well as the fight against forest fires and illegal trafficking, are increasingly using small drones. The new decree on the use of drones in state aeronautics, which draws on civil aviation regulations, was published on 30 March 2023. [3]

The ongoing war in Ukraine has seen an increase in the use of light drones that were initially developed for civilian applications and modified for military use.

This dual-use aspect of the drone industry is having a significant impact on manufacturers of light UAVs, who are receiving an increasing number of orders. Many French manufacturers have shifted their production to the military sector, which now typically accounts for 80% of their sales; 10 years ago, the civil/military ratio was the opposite.

The French armed forces are equipping themselves with light UAVs as new weapons, whose unit price and cost of ownership are much lower than that of previous generations designed specifically for military use.

Against the backdrop of this very dynamic market, there have been numerous and rapid technological developments, particularly in the areas of data links, the miniaturisation of onboard equipment (electronics and sensors), data processing and autonomy, thanks to advances in artificial intelligence.



Figure 3:
Schiebel drone
from the
European
Maritime Safety
Agency, at Cap
Gris-Nez
© Schiebel

Figure 4:
Delair DT46
drone © Delair



Figure 5:
Delair Altametris
drone ©
Altametris

2. WHAT DEVELOPMENTS OVER TEN YEARS?

2.1 A fast-growing drone population

Civilian drones, which started becoming popular fifteen years ago, have traditionally been divided into two categories based on their intended use: leisure and professional. Today, however, it is more accurate to speak of consumer drones rather than leisure drones.

2.1.1 Consumer drones

Consumer drones are generally small, lightweight mini-drones. Some are considered to be toys rather than UAVs. Larger, heavier consumer drones are mainly used for professional purposes and come equipped with a video camera, sometimes of high resolution. These are of particular interest to amateur or professional photographers and videographers.

Another category of leisure drones is equipped with a video camera facing forward, enabling remote pilots to control them using special wireless goggles. Known as FPV (first-person view) drones, they are used for competitions in large indoor or outdoor spaces.

Manufacture of consumer drones is clearly dominated by Chinese manufacturer DJI, which has held around 70% of the global market for several years.

In France, sales of consumer drones initially rose sharply, peaking at 200,000 units in 2016, before falling back: 103,000 drones were sold through consumer distribution networks in 2020. It is estimated that there were more than 2.5 million drones in France by 2024.

Following a period of expansion, the market is now more mature and applications are diversifying. Short-term drone rental services have also emerged, experiencing very seasonal usage.

However, the market remains highly cyclical, with around half of all sales typically occurring over the Christmas period.

2.1.2 Professional drones

Dossier No. 40 of 2015 provided a fairly detailed overview of professional civil drone applications in France. The main points of the dossier were as follows:

- *"A host of applications have already been catalogued, new ones are constantly emerging and it is difficult to predict with any precision how the sector will evolve in the future."*
- *"... there are an abundance of highly varied applications for drones, with multiple combinations, facilitated by their intrinsic flexibility and versatility."*
- *"The market for civilian RPAS is highly fragmented in terms of needs, functioning rather as an agglomeration of individual niches."*

The situation in 2025 is similar to that in 2015, albeit with a few changes. The Dronyx website gives an estimate for Europe in 2025:

- construction and civil engineering is the most developed sector, accounting for 28% of applications;
- energy and industry is second with 21%;
- agriculture comes third with 16%;
- audiovisual comes next with 14%. This is no longer the leading application for civilian drones, as it was in 2015;
- security and surveillance account for 12%;
- environment: 5%;
- other applications, such as logistics, delivery and research, account for 4%.

During his presentation to the working group in January 2025, the UAV director of the DGAC gave an overview of the drone operator landscape in France. There are around 145,000 declared operators, most of whom are in the Open category and 20,000 in the Specific category.



Figure 6:
Delair Altametriz Drone © Altametriz

2.2 The increasing dual use of drones

2.2.1 Recent conflicts in the Middle East and Ukraine

Armed forces have been using UAV systems in operations for several decades to carry out a wide range of missions, from the strategic to the tactical level. These include:

- global situation awareness;
- ISR (intelligence, surveillance and reconnaissance);
- target designation for targeted strikes from another platform or the drone itself.

These missions have been carried out using UAVs designed specifically for military operations: MALE² and HALE³ for long-range operations, tactical UAVs for medium-range operations and mini, micro and nano UAVs for contact operations.

Recent conflicts in the Middle East and Ukraine have seen a major shift towards the widespread use of dual-use UAVs :

- the term “dual-use” refers to technologies or equipment that can be used for civilian purposes, such as agriculture, inspection, logistics and surveillance, or for military purposes like reconnaissance, weapons guidance and direct strikes;
- in the case of drones, many models that were initially designed for civil or commercial use (e.g. agriculture, mapping) have been adapted or diverted to conflict zones for surveillance, bombing (“kamikaze” munitions) or tactical support;
- this duality raises important issues of export control, traceability and compliance with international law.

Diversion from civilian use

The democratisation and commercialisation of small drones for the general public has opened up new possibilities in recent armed conflicts.

In Iraq and Syria, for example, Islamic State began using drones as early as 2012 “for filming propaganda material, observation, targeting indirect fire and carrying and dropping small bombs and improvised explosive devices”⁴.

In Nagorno-Karabakh in 2019, inexpensive drones of various sizes and payloads were used in combination with conventional air threats to saturate defences, unmask them and direct fire to destroy them.

Ukraine was one of the first countries to extensively use small commercial drones, beginning in 2014 following Russia’s annexation of Crimea and incursion into the Donbass region. Russia also began using commercial drones in 2014.

2 Medium Altitude Long Endurance, such as the armed MQ-1 Predator and MQ-9 Reaper, ISR UAVs with an endurance of over 24 hours.

3 High Altitude Long Endurance, such as the RQ-4 Global Hawk, a strategic surveillance drone flying at 60,000 ft and capable of covering more than 20,000 km or an endurance of 36 hours in a given area.

4 Extract of a report published by the UN in 2018: <https://docs.un.org/en/S/2017/573>

Their simplicity and affordability mean that they are easy to use in large numbers and acceptable as expendable assets, i.e. they can be destroyed during flight. This is a key factor in the context of high-intensity conflict and contested airspace where, despite their vulnerability, drones make it possible to limit the risk to manned aircraft.

To name an example, in 2023, up to 30% of the world's DJI/Mavic drone production, manufactured in China, had been bought up by Ukraine.

These small drones and their civilian or semi-civilian origin components easily evade international restrictions on the export of equipment for military use.

However, dependence on Chinese components and drones has become a strategic handicap.

Since 2024, China has imposed restrictions on the export of drone components to Ukraine, thus constraining Ukraine's ability to support the war. These restrictions have seriously disrupted drone supply chains, leading to shortages on the front lines and forcing military units to seek alternatives.

In the Middle East, Iranian-backed militias have carried out drone attacks on infrastructure in the Red Sea and against Israel. We are seeing long-distance strikes, "suicide" drones (loitering munitions and remotely operated munitions) and cross-border or maritime operations in the Red Sea and the Gulf.

As in Ukraine, the dual-use element is central: civilian, and even commercial, components are being diverted by Iran for military use via procurement networks through intermediary countries.

Low-cost threats

These systems are inexpensive, largely due to the quantities produced and the fact that aspects that are secondary in these contexts, such as maintenance, training safety and even reliability, are not considered.

In addition to performing conventional surveillance missions, these small drones can be easily modified to carry explosive charges at minimal cost.

Such kamikaze drones can be transformed into rockets or "poor man's missiles".

This enables guerrilla warfare and harassment of the enemy, especially as these drones can be deployed in large numbers.

As the entry costs are lower than for manned aircraft, many more players can deploy air forces at a lower cost, thereby changing the nature of warfare.

Evolutivity

During the conflict in Ukraine, electronic countermeasures have been one of the main causes of drone losses, but both belligerents have now developed effective counter-countermeasures to protect their drones and enhance their resilience.

These technologies feed into the development of civilian drones, making them more resilient for operations in difficult electromagnetic environments and for anti-drone operations to protect events and sensitive infrastructure.

In their conventional application, these small drones can only be used at close ranges, leaving the operator vulnerable.

But ingenious devices based on civilian long-range communication systems and fibre-optic cable links have enabled the Ukrainian forces to overcome this limitation.

On 1 June 2025, Ukraine launched Operation Spider's Web, an unprecedented attack on Russian territory. FPV drones, concealed in containers mounted on trucks, infiltrated several sites inside Russia. According to the Ukrainians, these strikes simultaneously targeted five strategic air bases, resulting in the destruction of more than 40 Russian heavy bombers.

Intensified use of small drones

The following figures illustrate the scale of drone use in Ukraine:

- in 2025, Ukraine faced threats from 800 drones per night;
- in 2024, Ukraine aimed to produce one million drones, before raising its target to four million per year;
- reports indicate that FPV kamikaze drones accounted for 90% of wounds treated near the front lines and destroyed more than 800 Russian tanks, causing substantial economic damage at a fraction of the cost.

The trend is for drones to become commonplace as tools of war, offering greater accessibility, adaptability and numbers, and using civilian components.

The “expendable drone” concept (i.e. remotely operated or loitering munitions) is likely to become more widespread.

Technological control is becoming increasingly important: who produces them, who exports them and who modifies them? The role of components, software and AI in military drones is set to grow.



Figure 7:
Oskar drone,
remotely
operated
munition
© Delair

In terms of law and governance, export regimes for dual-use goods will need to be strengthened, the legal use of drones (such as lethal autonomous drones) clarified, and liability in the event of illegal use better defined.

In geopolitical terms, states that control the production chains or key components of UAVs have a strategic advantage in this area.

2.2.2 Public service and security missions

Drones have become a key tool for many public sector operations. Their versatility, combined with advanced image capture technologies such as high resolution and thermal imaging and specialised sensors, makes them an essential lever for modernising public services, improving operational efficiency and enhancing safety. Their growing adoption can be explained by three major advantages: their ability to conduct remote inspections and to improve emergency response and their usefulness in environmental management and land-use planning.

High-performance inspection tool for critical infrastructure

Drones simplify the inspection of critical infrastructure such as bridges, utility networks, complex buildings and industrial facilities. Thanks to their visual and thermal sensors, drones can quickly spot anomalies, monitor changes in the condition of structures and build up complete aerial archives.

This approach modernises traditional inspections by eliminating the need for scaffolding, reducing costs and limiting workers' exposure to dangerous environments.

Communities benefit directly from these possibilities. Some municipalities have been able to carry out surveys or mapping campaigns in just a few weeks that would have taken months or even years using conventional methods. Significant savings are generated, particularly for cadastral surveys, identifying maintenance needs and updating land registries.



Figure 8:
Delair DT26 drone
on inspection
flight in the
Pyrenees © Delair

However, the use of drones requires rigorous data management. Image data can be sensitive and requires secure, encrypted communication protocols. Public authorities must protect all the information they collect – whether personal, territorial or strategic – in order to maintain public confidence and comply with regulatory requirements.

Strategic vector for emergency response

Drones have had a profound impact on the work of the police, civil security forces and rescue teams. Their ability to provide real-time images, even in challenging conditions, enhances the speed and safety of interventions.

In policing, drones are used to search for missing persons, manage crowds, monitor sensitive events and document crime scenes. Thermal imaging provides a detailed understanding of the terrain, particularly at night or in hard-to-reach areas.

In firefighting, drones can be used to visualise the spread of a fire, detect hotspots and observe smoky areas, thereby protecting firefighters from unnecessary risk. This improves attack strategies and the deployment of teams.

In the event of a natural disaster or for crisis management in general, drones become an indispensable tool. During floods, earthquakes, cyclones or serious accidents, they fly over inaccessible areas and provide up-to-date maps, making it easier to locate survivors and assess the damage. This speeds up coordination between emergency services and local authorities.

A growing role in environmental protection and urban planning

In addition to emergency response, drones are also being used for a wide range of environmental missions. They can monitor coastal erosion and illegal waste dumps, as well as various forms of pollution. These operations can be carried out more quickly than ever before, and without exposing staff to the dangers of unstable or polluted terrain.



Figure 9:
Delair DT61
drone
© Delair

Drones also support infrastructure and building maintenance, particularly in the context of tighter safety regulations. Their ability to inspect facades, roofs or pylons from great heights makes them a safe and cost-effective tool.

In urban planning, aerial cartography and 3D modelling are becoming invaluable tools for zoning, transport planning, spatial analysis and designing public spaces. Aerial views enable local authorities to anticipate developments, manage urban expansion and make informed decisions.

A strict legal framework governing the public use of drones in France

The use of drones for public safety purposes is strictly regulated by French legislation, particularly Decree No. 2023-283 of 19 April 2023 [2]. Only certain organisations may use drones:

- the police, gendarmerie and armed forces for prevention, flow management, border surveillance or rescue missions;
- customs;
- the fire brigade, civil protection personnel and approved associations;
- environmental officers, for checking installations and preventing natural hazards.

Data collection is limited to images, date, geographical area and operator identification. There are a number of constraints: the recordings must not be permanent, the need for them must be strictly proportionate to the task at hand, and they must comply with the laws governing internal security and the environment.

The CNIL (France's personal data regulator) plays a major role in this framework, regularly highlighting the risks of infringement of individual liberties and emphasising the need for strict controls such as prior authorisation from the prefect, precise geographical delimitation, limitation on the number of cameras and a maximum retention period of seven days.

Finally, the Order of 24 March 2023 [3] defines the categories of unmanned aircraft used by the state (open, intermediate and certified) and their technical operating conditions, such as maximum weight, altitude, line of sight and overflight restrictions.

2.3 Technological developments

2.3.1 Data links

Radio communications are crucial for UAV flight, for command and control (C2 links), payload telemetry, electronic signalling and identification, and localisation.

C2 links and payload telemetry use frequency bands which are either open access or require an authorisation licence issued by the national electronic communications regulatory authority.

Free access frequency bands include those assigned to aeromodelling and the 2400-2483.5 MHz, 5170-5250 MHz and 5725-5875 MHz bands. In Europe, these bands can

be used freely, but users must comply with emission power limits: 100 mW at 2400 MHz, 200 mW at 5170 MHz and 25 mW at 5725 MHz. These limits strictly define the range, meaning these frequencies are mainly used for direct line-of-sight flights for Open category operations. Unlicensed use is not protected from interference. When interference occurs, the drone must be able to return automatically to its take-off point.

It is possible to increase the radio range by using a high-gain directional antenna on the ground. However, the radio range is then limited by the Earth's curvature (approximately 50 km when the drone is flying at an altitude of 120 m). The radio range can also be improved by using error-correcting detector coding, but this increases the data rate and requires a larger bandwidth.

Higher-power, wider-band signals can be transmitted provided that a frequency band assigned by the national electronic communications regulator is used. Such authorisation is subject to a fee and confers the right to protection of the reserved channels against interference. All frequency bands allocated to the mobile service on a primary basis are possible. The conditions of use are established on a case-by-case basis.

To ensure links beyond radio range, a relay station is required, which can be located either on the ground at a high point or in a satellite. In the former case, it is possible to use the communication bands selected for the direct link with the ground station. In the latter case, the drone needs to carry an additional transmitter and antenna to provide the link with the relay satellite. This option is of particular interest for BVLOS flights, especially those over sea areas. For example, tests and operational flights were carried out with a Boréal drone, with the support of CNES, using the Iridium (low Earth orbit) and Inmarsat (geostationary) satellites.

Another notable development is the use of Manet (Mobile ad-hoc network) links to create a mesh network between ground stations and UAVs. These provide robust, secure and resilient control, command and data-exchange links for UAV systems, particularly those operating in swarms. Each UAV acts as a network node and a communication receiver/transmitter, enabling reconfiguration in the event a node being lost, without interrupting the mission.



Figure 10:
Boréal drone
© Boréal

Data links are vulnerable to both jamming and cyberattacks. Following the example of practices in the field of military UAV systems, protection devices are increasingly being put in place to protect drone systems against such threats.

Payload telemetry links require higher bandwidths, particularly when transmitting images from high-resolution digital cameras. The 2400, 5170 and 5725 MHz bands are generally compatible with broadband transmission when appropriate modulation techniques (e.g. spread spectrum) are used and when data compression is employed to reduce the necessary bandwidth.

For data links, there are solutions (Simpulse, Thales, etc.) and a varied international offer including DTC (UK), Silvus Technologies (US), Microhard (Canada).

It will soon be possible to use 4G and 5G mobile telecommunications networks for C2 links and payload telemetry. Several experiments in this area have already been carried out, by Delair among others. Until now, however, authorised use cases have only considered the 4G/5G network as a secondary source of command control. The primary link has remained RLOS (Radio Line Of Sight) for safety reasons. Some operations used a dedicated network, to ensure a guaranteed service, without recourse to a third-party service provider.

In 2022, the Electronic Communications Committee of CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) issued the decision ECC (22)07 [4], which defines the conditions for this use. No specific conditions are imposed on mobile communications service providers for the use of frequencies in the 880-915 MHz and 1920-1980 MHz bands. However, important conditions are defined for the other bands allocated in Europe, including non-transmission zones and power spectral density limits, to protect adjacent services such as radio astronomy, satellite meteorology and primary air traffic surveillance radars.

The European Commission is said to be preparing a decision on this use. ETSI (European Telecommunications Standard Institute) has reportedly been tasked with preparing a technical standard. These two documents are expected to be available in 2026, after which mobile telecommunications networks should be usable. This will probably mainly be used for BVLOS operations, which will have to ensure that their drone's entire planned route is free from any prohibited transmission zones. This is likely to be a major challenge for drone operators, given that information on the frequency distribution of relay antennas is often unavailable to users. It also depends on the mobile telecommunications service providers.

Electronic reporting and identification of drones generally requires the use of dedicated onboard transmitters. The frequency bands required by national regulations are defined in the Order of 27 December 2019 [5] which sets out the technical specifications for electronic and light signalling devices for aircraft operating without a person on board. Transmission must use a Wi-Fi channel within the 2400 to 2483.5 MHz frequency band. Electronic identification must use an onboard transmitting device that complies with European standard EN 4709-002.

To locate a drone, signals emitted by GNSS satellites, such as the American GPS and/or European Galileo, are used. However, if a jammer is emitting very powerful signals throughout the receiver's frequency band in the vicinity of the receiver, the GNSS signal extraction functions (correlators) that have been implemented can no longer function, and the receiver drops out. Unfortunately, these jammers are freely available online, even though their use is illegal. In order to continue flying according to a precise flight plan, the drone requires an alternative means of localisation, such as an inertial system with optical recalibration on landmarks, a solution employed in the military. However, this type of system is difficult to install on a small drone.

For line-of-sight flights, the remote pilot must be able to control the drone visually and, if necessary, return it to the point of departure. For out-of-sight flights, if the drone is jammed, it must be able to land in an area free of obstacles and people, using a parachute for example.

Jamming of C2 radio signals or positioning is actually used by anti-drone forces to force drones flying in prohibited areas to abort their mission.

2.3.2 Artificial intelligence (AI)

The link between artificial intelligence (AI) and drones has great potential, with promising applications right now, as AI can make UAVs more autonomous and more efficient in a number of areas:

Processing of mission data on board or on the ground

The following capabilities are already operational realities:

- image and object recognition: detection and identification of people, vehicles, crops, infrastructure, etc.;
- data analysis: processing images or measurements collected to generate reports (e.g. 3D mapping, crop monitoring).

Drones equipped with onboard artificial intelligence can rapidly collect and analyse large quantities of data, which is essential for applications such as monitoring for crop health in agriculture, environmental monitoring and infrastructure inspection.

AI relieves the operator of a number of procedures. It can also filter out a lot of irrelevant information. In the context of surveillance, for example, these are known as false positives.

The combination of a drone and onboard AI enables this processing to be carried out during operations without necessarily requiring interaction with the ground or human intervention.

The information transmitted to the ground is thus more relevant and less dense, which reduces both the operator's workload and the need for bandwidth for drone data links. However, for this to be possible, the AI chain must be able to detect faults at a level equivalent to that of a human operator.

Command and control of the aircraft

Thanks to AI technology, and subject to acceptance by the civil authorities, drones will be able to make complex decisions in real time based on their perception of the environment:

- **autonomous navigation:** the drone defines its route, avoids obstacles and returns to its base. AI facilitates navigation in the absence of a GNSS signal by optically recalibrating navigation using landmarks taken from satellite photos, for example;
- **flight optimisation:** automatic adjustment of speed, trajectory and energy consumption;
- **swarm collaboration:** several drones can coordinate their actions with each other.

Examples of AI applications

Advances in AI and machine learning models mean that drones can now adapt their operations based on the data they collect. This improves their efficiency in various applications.

To illustrate the full potential of AI, a few use cases are listed below:

- **precision agriculture:** AI-powered drones analyse crops, detect disease and optimise irrigation and fertiliser use;
- **surveillance and security:** drones are used to monitor borders, detect intrusions and behaviour, and manage crowds at events;
- **logistics and delivery:** drones are used to deliver parcels to hard-to-reach areas;
- **infrastructure inspection:** drones inspect bridges, power lines and pipelines more quickly and efficiently and detect anomalies;
- **search and rescue:** in the event of a natural disaster, drone AI can be used to locate survivors, map disaster-stricken areas or spot shipwrecked people in rough seas.

The stakes involved in using AI in drones are high. However, this also raises a number of issues:

- **the explicability of AI:** for example, consider road traffic surveillance: AI can differentiate between types of vehicle by classifying them into different categories, but the reasoning behind the classifying of an image into a particular category is not explained. Therefore, the trust that can be placed in it is a key issue;
- **humans in the loop:** the “man in the loop” approach remains fundamental and is the one adopted by most applications. If a decision is to have an impact, it must be made by a human being and not by a machine;
- **the problem of learning:** this is the basis of the quality of the resulting system, and is therefore a tricky subject. This learning process is based on analysing a very large amount of data. However, such large datasets do not always exist, or do not yet exist, in the field of drones.

The main challenges in AI drone technology also include ensuring safety in congested airspace and compliance with the authorised and/or accepted flight zone (e.g. avoiding overflight of crowds, ensuring the population density of the drone system is compatible). How much confidence should we place in AI? What measures or constraints need to be put in place to limit safety risks? In addition, there are concerns about data confidentiality. Ethical considerations apply to the responsible development of AI, with a balance needing to be struck between innovation and individual rights.

2.3.3 Miniaturisation

The development of increasingly light and compact drones has been driven by the miniaturisation of onboard systems as well as the densification of energy sources driven by mobile telephony.

Most smartphones now have more computing power than an old-generation military drone. This computing power will continue to grow, as will the quality of the video feed available on drones. Private individuals can now access very high-resolution (4K) gyro-stabilised flying cameras and even uncooled micro-bolometer-type thermal cameras which are used on top-of-the-range mobile phones.

Motors and batteries

The continuous improvement of brushless motors, coupled with their versatility and reliability, has led to strong growth in electric propulsion, even for aircraft weighing around 100 kg.

The best lithium batteries currently available achieve energy densities of around 250 Wh/kg (i.e. 40 times less than petrol). According to the researchers, projections for new solid batteries of the lithium-air type suggest that energy densities are increasing and will gradually approach those of petrol.

In addition, hydrogen fuel cells currently on the market are already capable of achieving energy densities of between 1,000 and 1,500 Wh/kg, and considerable progress has been made in miniaturising the modules used to produce electricity on board, although integrating them on board remains problematic.

Suppliers of these propulsion system components are overwhelmingly foreign (mainly Chinese). Encouraged by sovereignty concerns, French and European industry is gradually seeking to relocate the development and production of these components.

Sensors

Sensors have also been greatly miniaturised:

Inertial Measurement Units (IMUs)

Accelerometers, gyroscopes and magnetometers using MEMS technology, make it possible to produce lightweight, compact, low-power IMUs that perform better and cost less.

Position, distance and observation sensors

- Miniaturised GNSS (GPS, Galileo, GLONASS)
- Compact lidars (solid-state lidar, ToF)
- Miniaturised ultrasonic or infrared sensors for obstacle avoidance
- Ultra-light mini CMOS or global shutter cameras
- Miniaturised hyperspectral cameras
- Compact thermal cameras
- SAR radars weighing just a few kilos

Electronics

- Wireless data transmission with low power consumption
- Computers with ever-increasing computing power

Thanks to these advances, helicopter nano-drones are now being produced weighing just 30 grams. Equipped with video and infrared cameras, they are capable of flying for 25 minutes with a maximum range of 2 km.

2.4 French and European regulations

2.4.1 French regulations

These essentially comprise the Decree of 11 April 2012 [6] *"relating to the design of civil aircraft that operate without any person on board, to the conditions of their use and to the capabilities required of the persons using them"*. This order was supplemented by the Order of 17 December 2015 [7] *"On the use of airspace by aircraft operating without a person on board"*.

The 2012 order classified drones into seven categories, A to G, according to their weight. For category G drones, weighing more than 150 kg, the order referred to requirements to be defined by the European Aviation Safety Agency (EASA).

The 2012 Order addressed the operations of recreational and competition drones separately from those of professional drones (known as Special Activities). For the latter, four operational scenarios were defined, called S1, S2, S3 and S4:

- S1: Flight within the pilot's line of sight at a distance of less than 100 m, outside populated areas;
- S2: Flight possibly out of the pilot's line of sight, at a distance of less than 1 km, at a ground height of less than 50 m, with no-one on the ground in the flight zone;
- S3: Flight within sight of the remote pilot, at a distance of less than 100 m, in built-up areas or populated areas;
- S4: Flight out of line of sight, not complying with S2 criteria, and weighing less than 2 kg.

Scenarios S2, S3 and S4 are subject to special authorisation. For scenarios S2 and S3, the operator or manufacturer must carry out the necessary tests or analyses to demons-

trate compliance with the applicable safety conditions. In the case of scenario S4, or for specific missions outside the scenarios, the operator or manufacturer must also compile a technical dossier including a safety analysis.

All remote pilots must hold a theoretical pilot's licence to demonstrate basic knowledge of the rules and the aeronautical environment. For scenario S4, they must hold a full licence and have logged 100 hours as pilot-in-command, to guarantee a working knowledge of the airspace. On 18 May 2018, a supplementary order was published [8] on the requirements applicable to professional drone remote pilots.

The 2015 order specified the conditions of access to airspace, in particular the limitation to a height above ground level of 150 m and the ban on night flights (except for tethered drones). The previous decrees were supplemented by a law of 24 October 2016 [9] relating to the *"reinforcement of the safety of the use of civil drones"*. In particular, this law stipulates that all drones weighing more than 800 g must be equipped with a lighted warning device and an electronic or digital warning device. The decree and order on the requirement for unmanned aircraft to carry electronic or digital warning devices and warning light devices were published at the end of 2019.

2.4.2 European regulations

The European Commission published two regulations in 2019:

- Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 [10] on *"Unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft systems"*;
- Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 [11] *"on the rules and procedures for operation of unmanned aircraft"*.

These two regulations follow Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2018 [12] on common rules in the field of civil aviation and amending the role of EASA, and in particular Section VII *"Aircraft without crew on board"*.

The two regulations set out a framework for ensuring the safety of civil drone flights in European skies. They have adopted an approach based on the level of risk, and therefore no longer distinguish between the use of recreational or professional drones, and apply to all civil drones regardless of their mass.

The European regulations are directly applicable in the Member States and therefore supersede national regulations as soon as they come into force. However, a number of considerations make it necessary to maintain regulatory texts at national level and to develop existing texts:

- certain national regulatory requirements relate to airspace or public safety considerations, which remain under national jurisdiction, whereas European regulations deal exclusively with aviation safety issues;
- European regulations are introduced progressively and include transitional provisions to ensure a gradual transition between national and European regulations.

European Regulation 2019/947 defines three categories of drone operations: Open, Specific and Certified:

- the Open category is for low-risk operations (flights in direct view in geographical areas that pose a low risk to air traffic and people);
- the Specific category is for moderate-risk operations (flight in direct view under conditions that differ from those of the Open category, or flights out of sight);
- the Certified category is for high-risk operations requiring a high level of reliability of the aircraft and operations (e.g. transporting people or dangerous goods).

To fly in the Open category (except in a few specific cases, notably amateur construction and model aircraft), drones must be marked with a class C1 to C4, attesting to compliance with product standards. This is the transposition to the UAV world of the CE marking, but entails additional approval processes with associated costs.

Further details are given in Appendix 4.

European regulations leave it up to the Member States to define national rules for aeromodelling associations and the remote pilots who operate within these associations, and to link these activities to the issue of an operating licence. France has opted for this approach. The Open category allows recreational remote pilots who do not fall into the above category to fly in compliance with a reduced set of requirements.

Drones used by the state for customs, police, search and rescue, firefighting, border control and coastal surveillance activities are not covered by European regulations.

2.4.3 The transition phase

The European regulations, which were published in 2019, included a transition period of five years (initially planned to be four years), ending on 1 January 2024. France requested a further two-year extension in order to retain certain standard national scenarios, placing the country in a transition phase until the end of 2025. During this time, both European and national regulations were in force. This period ended on 1 January 2026. During this transition, operators already declared under scenarios S1, S2 and S3 could use them without the need for class marking. For the Open category, unmarked drones that were put into service before 1 January 2024 could be used under certain restrictive conditions in subcategories A1 and A3.

The end of this transition period means that all operators must review their remote pilot training to align it with the new requirements. Above all, they will no longer be able to use old equipment without a class C1 to C4 marking in the Open category. This requires them to either obtain a specific category operating licence or replace their drones with appropriate class C1 to C4 drones. This will be a significant change for many very small businesses, which are unlikely to continue operating despite France being one of the first European countries to introduce drone use. Some Member States that had not started before the publication of the European regulations did not have to worry about converting their businesses.

Many small businesses say that they cannot afford the cost of certification for class marking or understand the new regulations and cannot meet the requirements of their category. They are concerned that an increase in 'pirate' operations carried out by unscrupulous individuals who do not respect the rules could lead to unfair competition.

At first glance, and even if there are significant nuances, the former S1 national scenario is being transposed to the Open category, while the former S2 and S3 scenarios are being replaced by the standard STS-02 and STS-01 Specific category scenarios respectively. However, these new scenarios also require drones to be marked with C6 and C5 respectively, again attesting to compliance with a European product standard. A number of small organisations also deplore the fact that operations in the old national scenarios S1, S2 and S3 are not recognised in the new European standard scenarios STS 01 and STS 02, with account being taken of experience gained and experience demonstrated without an accident in the handling of dossiers (grandfather law).

2.5 Integration into the airspace

2.5.1 Electronic reporting and remote identification devices

The electronic reporting system is a device on board the aircraft which transmits a Wi-Fi report. This report contains a unique identifier and information about the flight: aircraft position, position of the take-off point, ground speed and route taken, and is broadcast at any time during the flight.

Electronic reporting is a French public safety measure, designed solely to help law enforcement agencies prevent criminal activity. The aim is to be able to determine remotely whether an aircraft's flight is lawful. All drones weighing more than 800 g must be fitted with this system.

In addition to this electronic reporting system, which is a national requirement, certain drones must be fitted with a direct remote identification system in accordance with European regulations, particularly those relating drone classes. This system must comply with the European standard EN 4907-002.

In 2026, the French Civil Aviation Authority (DGAC) and the General Secretariat for Defence and National Security (SGDSN) will be working on a project to converge the electronic reporting system (a French requirement) and the direct remote identification system (an EU requirement). The SGDSN will oversee the work which should, if possible, lead to the obligation to issue electronic alerts being abolished, provided that the performance of the remote identification system meets the needs of law enforcement agencies, particularly in terms of range.

In addition, the Ministry of the Interior will need to be satisfied that law enforcement equipment can use direct remote identification signals.

While it is likely that this work will be completed by 2026, it is nonetheless unfortunate that French and European regulatory constraints have been superimposed on the drone sector.

2.5.2 The U-Space concept

Developed in Europe under the leadership of EASA, this concept aims to integrate drones into the airspace safely and efficiently.

U-Space is a regulatory and technological framework designed to ensure harmonised and automated management of drones in low-altitude airspace. It complements traditional air traffic management (ATM) services by enabling dedicated areas for drone operations to be created.

The subject was presented to the working group by A. Martin of the DGAC. He was particularly responsible for coordinating implementation of the European regulations on U-Space, which were published in 2021 and came into force in 2023.

The initial idea of treating drones like conventional aircraft has proved impractical, as not all drones can be remotely piloted, automated or supervised. Furthermore, the potential density of drone traffic (up to 100 times greater than that of traditional aircraft) renders the traditional air traffic control model, which is based on cooperation between human pilots and air traffic controllers, inadequate. These changes led NASA to create the UTM (UAS Traffic Management) concept, based on cooperation between machines in the air and on the ground, in order to effectively manage this new type of air traffic.

Unlike manned aircraft, drones are inherently connected, since they are piloted from the ground. This necessitates the creation of a digital ecosystem shared by drone operators, air traffic services and all other relevant parties.

The UTM offers the opportunity to digitise flight rules, facilitate access to airspace and ensure compliance with nuisance regulations, so as to support drone operators. The European Union was the first to publish a regulatory framework for UTM and uncertified drones, known as U-Space in its preliminary version. The U-Space concept introduces airspaces dedicated to drones, which piloted aircraft will be able to enter if they are equipped with electronic identification and location systems. Digital service providers will manage these areas and ensure that piloted aircraft have free access to these areas, without risk of collision with a drone. For more information on U-Space, see Appendix A5.

The emergence of U-Space service providers offers several advantages for the drone industry and airspace management:

- increased safety: reduced risk of collision and improved traffic surveillance;
- operational efficiency: rapid access to flight authorisations and better management of operations;
- facilitating innovation: enabling new uses for drones, such as transporting medical samples, delivering parcels, inspecting infrastructure and monitoring the environment.

In March 2025, Innov'ATM became the first player in France and the first private company in Europe to obtain USSP (U-Space Service Provider) certification from the French Civil Aviation Safety Authority (DSAC).

In contrast to massive projects such as Zipline in Rwanda (investments of the order of €50 million), the market for recurrent and long-distance drone services (logistics, infrastructure surveillance) is still limited in Europe. U-Space airspace is well-suited to high-frequency or urgent drone missions, and should facilitate the development of these services in Europe.

However, operational deployment is not expected until between 2030 and 2035, via various SESAR projects.

A. Martin mentioned that the cost of U-Space services could be high initially, requiring alternative financing for providers.

Ultimately, USSPs are a vital part of the development of drones in airspace. As their role grows, they will transform low-level air operations and pave the way for new industrial and commercial applications, such as drone-based medical deliveries.

The future of aviation depends partly on this transition to a more automated and interconnected airspace. However, this will require greater cooperation from many users of light or ultralight aircraft.

2.5.3 Deployment of electronic conspicuity systems

P. Plantin de Hughes presented the ADS-L system to the working group. Initially developed by the European Aviation Safety Agency (EASA) to prevent collisions between general aviation aircraft it was subsequently adapted for use between aircraft and drones in U-Space. To be able to enter an active U-Space, manned aircraft must be detectable and locatable by drone operators flying in that space. This requirement is set out in the SERA regulation (European Standard Rules of the Air) version 2.2 of 6 April 2025 [13] at point 6005(c):

"Manned aircraft operating in airspace designated by the competent authority as a U-space airspace, and not provided with an air traffic control service by the ANSP, shall continuously make themselves electronically conspicuous to the U-space service providers."

Authorised means of electronic conspicuity are either a certified ADS-B Out system, or a system using the SRD860 (Short Range Devices 860 MHz) frequency band, or a 4G or 5G mobile telephone link providing a permanent connection to the website of a U-Space service provider. The SRD860 system has been specified by EASA as ADS/L [14].

Integrating ADS-L into drones and general aviation aircraft poses a number of problems:

- ADS-L uses frequencies that are not internationally allocated to aviation, and are therefore unprotected against interference, which raises concerns about the reliability of radio links, especially given the very low level of signal transmission power;
- there will probably be no binding regulations for light aviation, so its voluntary adoption should be encouraged;
- U-Space service providers will have to deploy ground-based antennas to receive ADS-B and ADS-L signals emitted by manned aircraft flying within the airspaces they manage for drone operators.

The system is not standardised by ICAO and can only be used for UAVs flying in the airspace of an EU Member State.

2.6 Industrial landscape and structure in France and Europe

2.6.1 Professionalisation of the industry

The professional civil drone industry in France is becoming increasingly professional and structured. This development is driven by several factors:

Regulation and certification

European drone regulations impose an increasing number of requirements (theoretical examination, sometimes practical training, in-flight safety of drones, insertion into air-space, flight scenarios, etc.).

Training and qualification

- The number of training centres offering specialised courses in areas such as topography, thermography, audiovisual, construction and public works and agriculture is increasing.
- Some establishments are also offering professional qualifications or diplomas (e.g. senior drone technician, drone expert).
- This structuring is helping to improve the skills of remote pilots and better meet customer expectations.

Professional uses and specialisation

In many cases, simple piloting is no longer enough: specialisation is required in specific fields such as wind turbine inspection, photogrammetry, construction, audiovisual, agriculture and logistics. The added value of drones lies in processing the data acquired and providing diagnostic assistance provided to the end customer.

In order to meet these challenges, the industry is evolving:

An active institutional framework

- The Civilian Drone Council (CDC) was set up in 2015 under the aegis of the French Civil Aviation Authority (DGAC): it brings together manufacturers, operators, research bodies and public authorities. It aims to structure the industry and remove technological and regulatory barriers. However, this initiative appears to have been superseded by the Drones Pact launched by the French Ministry of Defence in 2024. This pact is intended to bring together key stakeholders to structure the drone industry and provide a suitable and sovereign response to the needs of the armed forces, in particular the emergence of an industry capable of developing and producing contact drones weighing less than 150 kg. Given the close links between

the military and civilian sectors in this range of UAVs, the work of the Drones Pact will also provide a framework for civilian applications.

- Since 2013, the Fédération professionnelle du drone civil (FPDC) has brought together French players, including manufacturers, operators and training centres, with the aim of structuring the industry. There are also other professional associations, such as UNEPAT.
- The Association du drone de l'industrie française (ADIF) was set up to bring together French industry players and promote a shared industrial roadmap.
- At European level, the Joint European Drone Association (JEDA), established in 2022, now brings together 22 countries (with three or four more set to join) and aims to be the single point of contact for the drone industry at European level.
- Involvement of local competitiveness clusters dedicated to UAVs.
- Europe has the political will to create a sovereign industry in the face of Asian and American domination (SESAR initiatives, EU Drone Strategy 2.0 [15]).
- France is supporting consolidation through programmes such as France 2030, the Defence Innovation Agency and Bpifrance (R&D aid, venture capital and clusters).

A sector in transition, with significant takeovers

- The sector used to be highly fragmented: in mid-2016, for example, it was estimated that 90% of companies in the sector in France had fewer than 10 employees.
- The ADIF study notes that only a handful of French companies have sales in excess of €5 m, and that most are still small.
- The parliamentary analysis mentions that there is "*a trend towards consolidation among manufacturers*", but "*not yet among operators*".

The drone industry (civil and professional) has moved from an emergence phase to a structuring phase:

- emergence (2010-2020): explosion in the number of start-ups, rapid technological innovation, proliferation of uses (e.g. audiovisual, agriculture, inspection, security and mapping);
- restructuring (since 2020): growing regulatory requirements, increased competitive pressure, search for profitability, and consolidation around established companies.

Consolidation has been on the increase since 2020. Examples of mergers include:

- Delair and Squadrone System in 2024;
- Drone Volt and Lorenz Technology ApS in 2023;
- DCI group and Atechsys in 2021;
- Thales and Aeromapper in 2024.

We expect a small number of integrated players to emerge by 2030, covering the entire value chain (drone + software + data + services).

2.6.2 Financial support for the industry

European funding

In the document "*A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe*", published in 2022 [15], the European Commission states that it has been supporting research and innovation in the field of drones for many years. Since 2003, the European Union has invested nearly €980 million in 320 drone-related projects, covering both technological development and innovative applications in a wide range of sectors.

This commitment continues today under the Horizon Europe framework programme, which funds research and innovation in drone technologies, anti-drone capabilities and their civilian uses, particularly for security purposes (police, border management and civil protection).

A key part of this programme is the SESAR 3 Joint Undertaking, which is co-financed by the EU and industry, whose goal is to create a research and innovation ecosystem for air traffic management and U-Space. This ecosystem aims to ensure close cooperation between air navigation service providers and airspace users, in order to achieve a harmonised air traffic management system that integrates both manned and unmanned aircraft. Horizon Europe also supports the development of specific drone applications in various fields, such as sustainable agriculture, forestry, environmental monitoring and rural areas.

Meanwhile, the European Defence Fund (EDF) is playing a pivotal role in supporting collaborative and cross-border research and development activities within the defence sector. EDF precursor programmes have already funded nine drone-related projects for a total of around €200 million. For the period 2021-2027, EDF has a budget of almost €8 billion, divided between collaborative defence research and the joint development of capabilities to complement national efforts. Supported projects include MALE, RPAS (tactical drone) and HAPS UAV prototypes, as well as detection and avoidance technologies to facilitate their advanced integration into existing platforms.

The European Investment Bank (EIB) complements these schemes by providing loans, debt financing and advisory services to finance the research, manufacture and operation of UAVs. Specific initiatives, such as the European Drone Investment – Advisory Platform, InvestEU or the European Strategic Security Initiative launched in 2022, aim to encourage greater investment in dual-use security and defence technologies.

Despite the substantial funding available, it is sometimes fragmented, targeting specific phases of the value chain or strictly separating civil and military uses. To address these limitations, the Commission plans to launch a new flagship project on drone technologies, involving coordinated calls between European instruments and EIB funding. The aim of this project would be to demonstrate continuous synergies, from research and development through to operational deployment, particularly through public procurement.

Funding in France

There is a wide range of export support available in France, covering all stages of an export project, from providing information to setting up operations abroad. This support comes in the form of loans, guarantees, subsidies and tax incentives. These schemes are aimed primarily at SMEs, which often have limited resources when it comes to exporting. Three national bodies play a central role in this support.

- Bpifrance supports businesses from their inception through to internationalisation. It supports initial investment and growth and also promotes the export development and influence of large companies.
- Business France is a public body under the authority of several ministries. It helps companies to succeed in their international projects. Its support is based on a wide range of expertise tailored to companies' needs.
- Coface specialises in export credit insurance. It protects companies against international commercial risks. It also manages public export guarantees on behalf of the French government.
- FASEP (Fonds d'études et d'aide au secteur privé) is open to companies of all sizes, with priority given to SMEs. It provides grants (or repayable advances) for feasibility studies or demonstration projects involving innovative green technologies. It also supports the internationalisation of French companies. For example, a €700,000 FASEP deployed over two years (2022-2024) enabled Innov'ATM to support the Rwandan Civil Aviation Authority, part of the Ministry of Infrastructure, by supplying a drone operations management system based on the European U-Space concept.

Finally, competitiveness clusters, clusters and professional federations complement this system by providing support and sharing skills.

2.6.3 Flight test centres drones

As the use of civil drones expands, so does the demand for appropriate infrastructure and regulations to support the development, testing, certification and/or approval of drone platforms. A report [16] drawn up by 3AF summarises industrial needs and availability of drone flight test centres in France and abroad, and makes recommendations for improving the situation in France.



Figure 11:
In France, several civil drone test centres have formed an alliance and are working with the DGAC-DSAC's Drone programme department. Some information is available on their website: www.centre-essais-drones.fr.

The test centres are public, private or public-private in nature, and to date have received relatively little investment from regional sources, for example.

In Europe, the European UAS Test Centre Alliance was launched in March 2023, following the Eurocontrol network of U-Space stakeholders⁵. The alliance has identified a specific need for test centres to exchange ideas and experiences, as well as to foster stronger collaboration and joint projects between test centres and other stakeholders. Its activities support Flagship Action 14 of the EU Drone Strategy 2.0 [15], concerning “*an EU network on civil-defence drone testing centres to facilitate exchanges between civilian and defence sectors*”.

At present, the alliance brings together interested parties, who provide and finance their own respective resources.

Some European countries have invested heavily in public support for certain test centres. For example:

- **Germany** has invested in the Cochstedt centre with direct funding from the Land of Saxony-Anhalt (**€15.8 million** to enable the purchase and development of Cochstedt airport by DLR) and federal institutional support (with investment support of €10 million from DLR);
- **Poland**, with its strong defence drive, should also be noted, with an investment of **\$55 million** dedicated to its programmes for the year, targeting the operational deployment of UAVs in all areas: air, land and sea ;
- investment initiatives have also been launched in Denmark, the Netherlands, Finland, Norway, Latvia and the UK.

The rapidly expanding drone market represents a major lever for innovation, technological sovereignty and economic competitiveness. However, despite having an established industrial ecosystem and recognised expertise, France’s testing and experimentation capabilities are currently limited by inadequate infrastructure, complex regulations and a lack of coordination between public and private stakeholders.

At a time when Europeans and our international competitors are investing massively in modern, appropriate test centres, France urgently needs to strengthen its infrastructure and support systems if it is not to lose its technological and industrial lead.

Industry expectations are clear: extensive and diversified test areas, simplified procedures, controlled costs, and regulations adapted to the challenges of tomorrow.

Against this backdrop, developing and coordinating France’s drone testing capabilities is no longer an option, but a strategic necessity.

The recommendations put forward by the 3AF Drone Technical Commission cover the following points:

- (1) Public investment and infrastructure structuring
- (2) Regulatory simplification and harmonisation

5 <https://shorturl.at/y1i4G>

- (3) Pooling and optimising resources
- (4) Strengthening technical and human capacities
- (5) Support for innovation and industrial sovereignty
- (6) Communication and international coordination

A roadmap is proposed in document [16].

2.7 Developing the fight against drones

Drones intended for leisure or civilian use were quickly hijacked for criminal or even offensive purposes. Here are a few examples.

In October 2014, seven EDF nuclear sites were overflown by drones.

In August 2018, several drones exploded near Venezuelan president Nicolás Maduro, injuring several people.

Finally, who could forget the staggering closure of Gatwick airport in December 2018, after drones were spotted near the runways.

In 2025, many European airports fell victim to drone overflights designed to disrupt air traffic. According to the Revue de la défense nationale (RDN) website: *"In early October, several unmanned aircraft were spotted in the Bavarian skies, leading to the diversion of around 15 flights from Munich to Stuttgart, Nuremberg, Frankfurt and Vienna airports. In mid-November, seventeen suspicious drone incidents were reported in Belgium in the vicinity of military bases, civilian airports and other strategic sites. The Belgian federal prosecutor's office has opened eight investigations into seventeen incidents involving unidentified drones flying over strategic infrastructure such as airports, military bases and nuclear power stations. On 22 November, air traffic at Eindhoven airport in the Netherlands was interrupted."*



Figure 12:
Anti-drone
action © Sirpa-
Gendarmerie

In Mexico and Colombia, drug cartels have started using attack drones against the police and rival gangs. The malicious uses of aerial drones are manifold.

The drone threat is polymorphous and easily accessible, with drones readily available to purchase online at an affordable price. They can carry a lethal payload of up to 30% of their weight.

Civilian drones are proliferating rapidly, with three million recreational drones in France alone.

The development of anti-drone warfare (ADW) has therefore become a national security priority in the context of the eternal battle between the sword and the shield.

2.7.1 Principles and architecture of an anti-UAV capability

An effective response combines four layers:

1. Detecting threatening drones in a given airspace
2. Identification and classification (friend or foe, type)
3. Continuous dynamic tracking of the drone in the airspace
4. Capture or destruction of drones considered to be flying illegally.

Each layer must be redundant and multispectral.

Detection technologies

- Radar: detects the drone's radar signature and is used to determine its distance, speed, azimuth and elevation.
- Radio / RF: detects radio emissions and decodes the control/command link protocols, making it possible to identify the type/brand of drone.
- Electro-optical/infrared (EO/IR): uses high-resolution cameras and vision algorithms for visual classification both day and night.
- Acoustics: consists of networks of sound sensors to detect the noise emitted by the drone, particularly that of the propeller blades.
- Hybrid sensors and data fusion: crosscheck radar, RF and EO to eliminate false positives.

Neutralisation methods

This is the final stage in the "detection – identification – tracking – neutralisation" process.

Drone neutralisation must be carried out in accordance with the environment in which they are used and in compliance with current legislation. It is therefore necessary to take into account all the consequences of neutralisation:

- loss of the drone (material damage);
- if the neutralised drone crashes to the ground, it may injure people or cause damage to third parties;

- if the neutralised drone is carrying an explosive charge, neutralising it may cause the charge to explode in flight or on the ground.

In view of this, drone neutralisation systems are based on the following technologies:

- RF / GNSS jamming, which makes it possible to jam the drone's control – command-telemetry or GNSS positioning links;
- GNSS decoying, used to fool the drone's positioning system in order to direct it into a safe area or land it.

These two 'soft-kill' technologies can generate collateral effects by disrupting air traffic, mobile telephony and, more generally, all systems that use GNSS for positioning or as a time reference.

- kinetic hard-kill solutions, including projected nets (net launchers), interceptor projectiles and non-lethal projectile cannons;
- capture by interceptor drone / nets, a mobile and controlled solution for recovering the threatening drone;
- directed-energy devices (laser, microwave), which are designed to hit the drone's electronic or structural components. This requires power, targeting and safety;
- physical barriers, including nets and cages to prevent the passage of drones, and anti-drone nets on critical infrastructures;
- cyber countermeasures to disable the flight control software.

Anti-drone techniques must evolve in line with the progress made by drone manufacturers. Exhaustive, ongoing monitoring is essential to measure and counter the constantly evolving threat.

Effective drone defence is not a single technology, but a fixed or mobile system, involving issues around sensors, processing, legal regulations and training.

Priority must be given to data fusion, reducing false positives and developing non-destructive solutions for civilian use.

Meeting these imperatives is important not only for private and public security, but also for the development of the civilian drone industry, which is indirectly but significantly impacted by the drone threat.

Examples of sites or situations requiring protection

- Airports: perimeter protection and approach corridor;
- Public events: mobile coverage with clear rules of engagement;
- Critical sites (power stations, ports, prisons, military): requiring permanent detection;
- Military: mobile systems to protect troops and equipment and neutralise swarms of drones in the event of a saturation attack;
- Private sector: commercial solutions for sensitive businesses, in particular for Operators of Vital Importance.

2.7.2 Observations on the system put in place for the 2024 Olympic Games

A large number of state actors are involved in the fight against drones in France.

These include the internal security forces, the SGDSN, the air and space forces, the French Navy and Army, the Gendarmerie Nationale, the National and Paris Police, the ANFR (national frequency agency), the prison administration and the civil aviation authority (DGAC).

The interministerial organisation deployed during the 2024 Paris Olympic Games enabled different sensors to be integrated and operations to be structured.

Resources deployed included the development of a drone authorisation system and the use of a shared air situation system linking all services for detection and tracking.

Throughout the Olympic Games, more than 400 illegal drones were detected, with over 125 being scrambled and their pilots arrested.

All of the intercepted drones, mainly DJI drones (90%), were non-aggressive.

Due to the unfamiliarity of many remote pilots with drone regulations, many flights were in breach of the law because they overflew prohibited areas or exceeded the authorised flight height. In most cases, there was no intention to commit an offence.

The deployment of sensors for collaborative UAV signals meant that remote pilots could be questioned rather than the drones being jammed.

Electronic reporting made it possible to detect the position of both the drone and the remote pilot.

3. RECOMMENDATIONS OF THE WORKING GROUP

3.1 Review of the 2015 recommendations

Dossier No. 40 *“Present and future of civilian drones”* contained 20 recommendations. The joint AAE-3AF working group examined all of them, and the results of this examination are presented in Appendix A6: the recommendations are either retained, revised or closed. The numerical reference for each recommendation corresponds to the number given in Dossier No. 40.

3.2 New recommendations

Several new recommendations are proposed, some of which address some of the recommendations in Dossier No. 40. These new recommendations and the supporting arguments are explained below.

3.2.1 Regulations

- R 1.1 National operational scenarios in the specific category disappeared at the end of 2025 (the case of the former S4 scenario seems to have been dealt with by U-Space). This situation is problematic for many operators whose equipment does not meet the new European class certification standards, meaning that they cannot comply with existing European STS standards. Flexibility must be introduced into the processes to avoid undermining the existing eco-system. **For drone operators operating with previously approved machines, EASA should accept that the former national scenarios incorporating predefined risk assessment (PDRA) are equivalent to the new STS scenarios when past experience has demonstrated an acceptable level of safety.**

- R1.2 Class certification represents a significant cost (see Appendix A4). Additional costs are to be expected in the event of modifications or variants to the system, which is a concern for smaller manufacturers.
Minor modifications to class approval should benefit from a lighter regulatory framework (e.g. battery replacement).
- R1.3 (Revised Recommendation 2015/3.2)
The introduction of the new European regulations requires drone operators to carry out risk analyses (SORA, PDRA) identifying technical and operational risk reduction measures. These measures are mandatory for certain operations, and manufacturers wishing to offer drones capable of carrying out these operations are obliged to include these risk reduction measures in their drone designs. The work launched by the DGAC in recent years on components linked to in-flight safety (the Avocettes programme) has not yet produced satisfactory solutions.
At the same time, it is important to ensure that French manufacturers are involved in designing and producing C5 and C6 class drones and/or add-ons, as this equipment should eventually represent a very significant proportion of the resources required for operations at the lower end of the specific category of the professional market.
The design of drones suitable for moderate-risk missions, corresponding to SAIL III or even IV operations in the specific category, requires further development and experimentation by manufacturers, which should be supported by European funding in particular.
- R1.4 Flights beyond line of sight over large areas (such as over the sea) pose more complex safety problems and require SORA safety analyses which are difficult to produce. These flights are mainly used by government services for activities such as border surveillance, customs, and fisheries surveillance, in areas which are not close to habitations.
A specific STS scenario should be published by EASA to facilitate out-of-sight flights by civil drones over large, sparsely populated areas.
- R1.5 Drone operations conducted on behalf of government administrations operated by private companies are currently excluded from the scope of European regulations. Such operations should be able to obtain the necessary authorisations on a case-by-case basis, and promptly in the event of an emergency.
- R1.6 (Revised Recommendation 2015/4.1)
To ensure the protection of privacy, automatic blurring of the faces of people filmed without their knowledge and not concerned by the drone flight should be mandatory.

3.2.2 Communications

- R2.1 The electronic reporting systems required to comply with French regulations and the remote identification systems required for compliance with European regulations are very similar. Work is underway to try to merge them which would render the national system redundant. This matter must be dealt with quickly and an acceptable solution must be found for the national security authorities.
The security forces responsible for anti-drone operations must be swiftly equipped with receivers adapted to the new European Remote Identification (RID) system.
- R2.2 (Revised Recommendation 2015/3.3)
 The use of mobile telecommunications networks (GSM, 3G, 4G, 5G) to ensure communications between the ground and the aircraft, and to identify and locate drones, is a promising development that is currently being tested and standardised in Europe.
The use of mobile telecommunications networks for command and control links should be authorised, as this would avoid the need to use free frequency bands that offer no protection against interference from other users.
- R2.3 There is a possibility of crossing a prohibited zone where C2 links and payload telemetry are unavailable.
EASA should develop a tool to help drone operators wishing to use mobile telecommunication networks to ensure, prior to flight, that their chosen operator's relay antennas will provide radio coverage along the whole of the planned route.
- R2.4 (Revised Recommendation 2015/3.4)
 The European R&D programme has funded the development and testing of a simple, lightweight and inexpensive means of reducing the risk of collision with other aircraft operating in the same airspace. This is the ADS-L system, for which EASA has published a specification.
ADS-L should be compulsory for all aircraft not equipped with ADS-B Out, but EASA only envisages including piloted aircraft flying under visual flight rules, and only on a voluntary basis, which would greatly limit the value of this system.
- R2.5 The ADS-L electronic conspicuity system should be standardised by ICAO, like its American equivalent UAT (Universal Access Transceiver), for use by general aviation instead of ADS-B-1090 MHz in order to reserve this frequency band for commercial aircraft. This would require the selection of a frequency band within those allocated to aeronautics by the International Telecommunications Union (ITU) in order to ensure the absence of jamming.
EASA, Eurocontrol and CEPT should conduct a study on the frequency bands that could be allocated to ADS-L, for example in the lower 960-1215 MHz band.

3.2.3 Support for the industry

- R3.1** Whether they belong to the state or to a company under contract with the state, drones carrying out maritime and border surveillance operations must have equipment adapted to these missions. Unfortunately, this equipment is manufactured and marketed by non-European companies: for example, lidars and radars. **Funding should be made available at a national or European level to accelerate the development of compact, surveillance sensors with low power consumption that are compatible with the carrying capacity of small drones, either in France or in Europe.**
- R3.2** The administrations of the overseas territories and departments often have large maritime areas to monitor, so the use of drones would be very useful. However, this would require funding either to equip administrations or to subcontract these operations to local civilian drone operators.
When existing European drone models are not suitable, appropriate drones and payloads need to be developed for surveillance at sea. Support should be provided for their development.
- R3.3** (Revised Recommendation 2015/2.1)
The European Commission and the Member States should continue to provide robust support for the defence and security applications sector as a whole, including research and development projects, technological development of key components, export aid and the encouragement of joint defence procurement by Member States.
A significant proportion of European R&D and SESAR programmes should continue to be devoted to civil drones.
National funding should complement European funding, focusing on areas not covered by the latter, as well as those important for national sovereignty.
Small industrial companies need assistance in understanding and using these schemes (particularly the European ones), as they lack the necessary resources to do so.
- R3.4** (Revised Recommendation 2015/2.4)
The Council for Civilian Drones (CDC) was to be responsible for drawing up the necessary technology roadmaps and helping to obtain public funding to develop the sector. However, the CDC has been mothballed by the DGAC, with the parallel creation of a military UAV consultation committee ("Pacte Drone").
A DGAC representative should be invited to take part in meetings of the French military UAV consultation committee so that it can issue opinions on technological developments that could also be used on civilian drones.

R3.5 (Revised Recommendation 2015/3.1)

Between 2015 and 2025, the European Commission funded a number of European projects dedicated to small civilian drones. A review of these projects should be carried out.

U-Space, which will be implemented gradually, is a response to the need for BVLOS with the creation of very long corridors and broad areas with very low population density as well as over the sea.

European funding should be maintained for BVLOS scenarios because they are vital for numerous applications in the medical field, such as transport of medicines, vaccines, blood samples, as well as for the inspection of extensive linear infrastructures, such as railways.

3.2.4 Sovereignty**R4.1** (Revised Recommendation 2015/2.3)

Current international events have shown the importance of not depending on foreign components or systems, subject to export controls, for sensitive applications, particularly defence and security.

Recommendation No. 2 of the GICAT-ADIF report, which calls for the development of a technological roadmap for drones weighing less than 150 kg, should be supported, and a call for “European sovereignty” projects launched to ensure that France has the necessary sovereign resources for the drone industry, in line with the actions of the European Commission (Flagship action 12 of the European Drone Strategy 2.0 [15]).

It is unrealistic to expect to produce drone equipment more cheaply than in China. Indeed equipment produced in Europe will probably be more expensive, a price that must be accepted by public and private suppliers because of the sovereignty issues involved.

The development of production tools for critical technologies such as engines and batteries must be prioritised.

The working group supports the drone labelling and certification initiatives undertaken in France to ensure the cybersecurity of drone systems used for government purposes, with the support of the French agency for the security of information systems, ANSSI.

This approach could be extended to sensitive professional applications as well as to other parameters of national or European sovereignty.

However, it will be necessary to ensure that subsidised technological developments do not impede the development of drones for advanced civil uses that require secure solutions compliant with the security requirements of the specific and certified categories.

R4.2 Following France's lead, Europe should introduce a "trusted manufacturer" label so that drones can be acquired by services exercising sovereign or security functions, such as defence, internal security, civil security and firefighting.

R4.3 France is falling behind in establishing and operating drone flight test centres.

Priority should be given to:

- **the setting up of a dedicated national fund** (based on the German model) to finance the equipment and expansion of drone test centres in France, as well as the instrumentation and qualification of sites;
- **the centralising of information and planning:**
 - for civilian centres: a platform should be set up to display the availability of sites, business models, access procedures, available infrastructure and flight areas, in real time;
 - for state-run centres: a single point of contact should be introduced, with harmonised contractual clauses.

APPENDIX 1: ACRONYMS

3AF	French Aeronautical and Astronautical Association
AAE	Air and Space Academy
ADIF	French Drone Industry Association
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance-Broadcast
ADS-L	Automatic Dependent Surveillance-Light
ANFR	French National Frequency Agency
ANSP	Air Navigation Service Provider
ANSSI	French National Agency for Information Systems Security
ARCEP	French regulatory authority for electronic communications, post and press distribution
ATM	Air Traffic Management
BEA	French civil aviation safety investigation and analysis bureau
BVLOS	Beyond Visual Line Of Sight
CDC	Council for civilian drones
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications Administrations
CISP	Common Information Service Provider – supplier of U-Space service
CNIL	French commission for information technology and civil liberties
DGAC	French civil aviation authority
DSAC	French directorate of civil aviation safety
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – German Centre for Aeronautics and Astronautics
DSNA	French directorate of air navigation services
EASA	European Union Aviation Safety Agency
EDF	European Defence Fund
EIB	European Investment Bank
EO/IR	Electro Optical / Infra Red
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FASEP	French fund for studies and aid to the private sector
FPDC	French professional federation of civilian drones
FPV	First Person View
GICAT	French land and air defence and security industries group
GNSS / GPS	Global Navigation Satellite System / Global Positioning System
GTA	French air transport gendarmerie
HALE	High Altitude Long Endurance
HAPS	High Altitude Permanent System
IMU	Inertial Measurement Unit
ICAO	International Civil Aviation Organization
ISR	Intelligence Surveillance Recognition

IUT	International Telecommunications Union
JARUS	Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems
JEDA	Joint European Drone Associations
LAD	Anti-Drone Warfare
Liaison C2	Liaison Command and Control
LUC	Light UAS operator Certificate
MALE	Medium Altitude Long Endurance
MOC	Means Of Compliance
NAA	National Aviation Authority (USA)
ONERA	French Aerospace Lab
PDRA	Pre-Defined Risk Assessment
REX	Experience feedback
R&D	Research and Development
R&I	Research and Innovation
R&T	Research and Technology
RF	Radio Frequency
RID	Remote IDentification
RPAS	Remotely Piloted Aircraft System
SAIL	Specific Assurance and Integrity Level
SAP	Shared Air Situation
SAR	Search and Rescue
SERA	Standardised European Rules of the Air
SESAR	Single European Sky Air traffic management Research
SGDSN	French General Secretariat for Defence and National Security
SORA	Specific Operations Risk Assessment
STS	Standard Scenario
TC	Technical Commission or Type Certificate
UAS	Unmanned Aircraft System
UNEPAT	French union for unmanned aircraft operators
UTM	UAS Traffic Management
U-Space	Digital Air Traffic Management of UAVs
USSP	U-Space Service Provider
VFR	Visual Flight Rules
VLOS	Visual Line Of Sight
WG	Working Group

APPENDIX 2: LIST OF PARTICIPANTS

President: R. Rosso (AAE) and P. Durieux (3AF)

AAE members: D. Colin de Verdière, L. Deneufchâtel, P. Plantin de Hugues, T. Prunier,
R. Rosso

Entretiens de Toulouse, responsible for the UAV field: J-E. Chevillot, S. Morelli

3AF members : P. Durieux, C. Le Tallec

APPENDIX 3: LIST OF PEOPLE INTERVIEWED

- 16 October 2024: Interviews with Pascal Baran (Altamétris: SNCF subsidiary, drone operator) and Claude Chenuil (GICAT: French defence and security industry trade association).
- 20 November: Interviews with Bastien Mancini (Delair: drone manufacturer) and Pascal Zunino (Novadem: manufacturer of civil and defence drones).
- 18 December: Interviews with Philippe Boyadjis (FPDC: French professional federation for civilian drones) and Antoine Level (ADIF: French drone trade association).
- 14 January 2025: Interviews with David Comby (DGAC: director of the Drones programme) and Eric Le Moulec (Extensee: drone operator).
- 4 February: Interviews with Lubos Sramek (Schiebel: manufacturer of drones for maritime surveillance) and Amine Karray (Innov'ATM: U Space service provider).
- 10 March: Interviews with Antoine Martin (DGAC/DSAC: U Space regulatory officer) and Fabrice Cuzieux (ONERA: director of the UAV programme).
- 3rd April: Interviews with Philippe Plantin de Hughes (BEA, president of the AAE-DLR WG on e-conspicuity) and Arnaud Gérard (Gendarmerie nationale, expert in the fight against criminal drones).
- 6 May: Interview with Andréa Mora (ANFr) on the frequency bands that can be used for civil drones.
- 16 June: Interviews with Natale di Rubbo (EASA) on future regulatory developments and with Maître Baudelin (lawyer at the Paris Bar) on privacy protection.
- 7 November: Interview with C. Mazel (drone standardisation expert).

APPENDIX 4: EUROPEAN REGULATIONS IN BRIEF

European Regulation 2019/947 [11] defines three categories of drone operation: Open, Specific and Certified.

For the Open category, three sub-categories of operations have been created (A1, A2 and A3) specifying the methods of use and associated requirements: the heavier the aircraft, the greater the safety distances from third parties (people not involved) must be. The level of training required for the remote pilot is also proportional to the level of risk involved in the operation.

For the Specific category, European regulations have so far defined two European standard scenarios (also known as STS):

- Standard Scenario 1 (STS-01) covers Visual Line Of Sight operations (VLOS) carried out at a maximum height of 120 m above a controlled area on the ground in a populated environment. This scenario has strong similarities with the national scenario S3.
- Standard Scenario 2 (STS-02) covers operations that can be carried out Beyond Visual Line Of Sight (BVLOS), with the unmanned aircraft at a maximum distance of 1 km from the remote pilot. This distance may be increased to 2 km if airspace observers are present. Flight takes place at a maximum height of 120 m above a controlled area on the ground in a sparsely populated environment. This scenario is very similar to the national scenario S2.

A new Decree dated 23/12/2025 amends the French rules governing the use of airspace by drones. It allows professionals to fly over public airspace in built-up areas as an "Open category". On the other hand, the period of notice required for prefectural declaration of flights in "populated areas" was increased to 10 working days.

Any flight in the Specific category outside the standard European scenarios, or in deviation from the rules applicable to these scenarios, can only be considered within the framework of an operating licence, after a case-by-case study of a risk assessment, including the appropriate mitigation measures. This risk assessment is carried out using the SORA (Specific Operations Risk Assessment) method. SORA classifies drone operations into six distinct risk levels (from I to VI), known as SAIL (Specific Assurance and Integrity Level). These classifications take into account various factors, such as airborne and ground-based risks, as well as mitigation measures such as parachutes and airspace structure. For SAIL I and II, the failure rate is low, with few requirements placed on the technical side of the equipment, and it is essentially the operational procedures that compensate for the failure rate. The Means of Compliance (MOC) for SAIL III UAVs have just been published by EASA. SAIL V and VI drones will require a TC (type certifi-

icate). Given the associated costs, it will take some time for SAIL III, IV, V and VI configurations to be deployed.

SORA is a risk analysis method that is complex to understand both when an operator is preparing a study and when it is being examined by the competent authority. To make it easier for operators to draw up safety studies and for the competent authorities to assess them, EASA has produced Pre-Defined Risk Assessments (PDRAs) for the most common operations where the risk is known and well understood. At the time of writing, five PDRAs have been adopted. As the safety study has already been carried out by EASA when a PDRA is drawn up, operators who fall within this framework do not need to produce one: they simply need to comply with the conditions associated with the PDRA and demonstrate this to the competent authority.

Operators are also not required to obtain an operating licence if they hold a Light UAS operator Certificate (LUC). In this case, the operator, who is necessarily a legal entity, approves its own operations on the basis of a risk assessment. This privilege of self-approval is conditional on the operator setting up a safety management system. The LUC is therefore mainly intended for UAS operators of significant size and complexity operating outside the framework of standard scenarios.

To guarantee the safety of operations, each drone operating in the Open category or in the standard scenario of the Specific category must be accompanied by a CE mark indicating its class. Seven classes of drone have been created, to meet the various uses of the Open category and the simplest uses of the Specific category: UAVs in classes C0 to C4 come under the Open category, while UAVs in classes C5 and C6 are intended for operations in the Specific category according to standard scenarios STS-01 and -02 respectively. The technical requirements for drone class are expressed in Delegated Regulation (EU) 2019/945 and Implementing Regulation (EU) 2019/947.

The requirements relating to verification of conformity are detailed in technical standards published by the ASD STAN organisation (EN 4907 series). They cover the ground and onboard parts of the drone system. It should be noted that the standards defined for Flight Termination Systems (FTS) and for geofencing in C6 have a scope that goes far beyond these standard scenarios, since they can be considered as an acceptable means of compliance for other specific uses.

Since last year, France has had a notified body, Emitech, for class conformity checks, enabling French manufacturers to have their machines assessed. Classification costs are high, generally between €50,000 and €100,000, with variations depending on the requirements of the product and the number of tests required.

Additional costs can be expected if the system is modified or varied, which is a concern for smaller manufacturers. Minor modifications should benefit from a lighter regulatory framework (e.g. battery changes).

Class	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Max. weight	250 g	900 g	4 kg	25 kg	25 kg	25 kg	25 kg
Category of Operations	Open A1	Open A1	Open A2 or A3	Open A3	Open A3 manual piloting	Specific STS-01	STS-02
Remote pilot training	Online training	Online training and exam	Remote pilot certificate	Online training and exam	Online training and exam	Certificate of theoretical aptitude and practical training	Certificate of theoretical aptitude and practical training
Applications	Leisure	General public	Professional	Professional	Aero-modelism	Professional	Professional

Figure 13: Summary table of drone classes

For the Certified category, there is no safety study. There is a Type Certificate (TC). EASA has temporarily suspended the development of new regulations for the certified category of UAVs, preferring to concentrate on experimentation via the SESAR project. Efforts are being made to harmonise civilian and military airworthiness standards in this category, notably by recognising NATO's STANAG (Standardization Agreement) standards. However, there are few similarities between civil and military operations.

On 31 December 2024, EASA counted in Europe:

- 2 million registered operators;
- 1.8 million remote pilot certificates;
- 3,600 specific operations authorised after SORA;
- 500 operations after PDRA (Predefined Risk Assessment);
- 35 SAIL III (Specific Assurance Integrity Level);
- 33 LUC (Light UAS Certificate);
- 3900 STS standard scenario declarations.

In response to the difficulties encountered by operators in implementing the new regulations, EASA is currently studying a number of regulatory simplifications based on the feedback it has received:

- 1) Open category (mainly leisure and small business): the concept is sound, but EASA should develop proposals to make it more flexible and add operations: discussions with the NAA and industry for improvements are ongoing, a public consultation is planned for 2026. Proposals are expected in 2026 and an update of the regulation could be adopted in 2028.

- 2) Standard scenarios: there is a need to lift limitations and develop additional STS to cover the majority of SAIL II operations. A simple declaration is required without the intervention of the Authority, which plays a supervisory role.
 - 3) For the Specific category not covered by the standard scenarios, simplification is necessary. In response to this, SORA 2.5 was published at the end of 2025 with the aim of providing more guidance and better understanding. A new, more flexible PDRA format is being prepared by JARUS and should be published. For EASA, the normal approach for Specific category operations should be STS or PDRA, and SORA should be the exception. A new e-SORA tool will be available before the end of the year on the Drones & Air Mobility | EASA website. LUC applications within the Member States will be harmonised. An LUC should be created for UAV test centres.
- More documentation on European regulations can be found on the EASA website⁶.

6 <https://www.easa.europa.eu/en/domains/drones-air-mobility/operating-drone/specific-category-civil-drones#group-easa-downloads>

APPENDIX 5: U-SPACE IN BRIEF

The U-Space regulatory framework is based on three European Union regulations and a set of acceptable means of compliance and guides from EASA:

- Commission Implementing Regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for U-Space [21].
- Commission Implementing Regulation (EU) 2021/665 of 22 April 2021 amending Implementing Regulation (EU) 2017/373 as regards requirements for air traffic management/air navigation service providers [22].
- Commission Implementing Regulation (EU) 2021/666 of 22 April 2021 amending Regulation (EU) No 923/2012 as regards requirements for manned flights in U-Space airspace [13].

The four key elements of the U-Space regulation are:

- Portions of airspace must be designated as U-Space airspace by states: these areas may be penetrated by manned flights under certain conditions.
- U-Space Service Providers (USSPs) must be certified by the national aviation safety authorities, or in certain cases by the European Union Aviation Safety Agency (EASA): this certificate is valid in all EU Member States.
- Four compulsory services must be offered to drone operators in U-Space airspace: network identification service, geo-vigilance service, UAS flight authorisation service and air traffic information service. Two services are optional: meteorological information service and compliance monitoring service.
 - The network identification service enables remote identification of drones and the recording and dissemination of information on operations in progress, in particular the positions of UAVs and remote pilots.
 - The geo-vigilance service informs drone operators of the conditions applicable in U-Space airspace and in particular of airspace constraints, including any changes to the space in which they are authorised to fly (dynamic reconfiguration of airspace).
 - The Flight Authorisation Service, which grants flight authorisations to drone operators based on airspace constraints and other aeronautical activities in this airspace.
 - The air traffic information service, which informs each operator of any other air traffic, including manned traffic, which may be operating from the position or planned route to avoid any risk of collision.

- Common Information Services (CIS) form a basic digital infrastructure for each U-Space airspace, enabling automation and interconnection of services. Within a U-Space airspace, several certified service providers (USSPs) and a single common service provider (CISP) designated by the state will be able to offer their services. Key technologies include:
 - real-time communication systems for exchanging information between drones, pilots, ANSPs (Air Navigation Service Providers) and authorities;
 - algorithmic trajectory management, which optimises airspace according to users' needs;
 - collaborative databases that provide access to crucial information such as weather conditions or flight restrictions.

When a flight with a pilot on board is uncontrolled, for example a VFR flight in Class G airspace, and wishes to cross active U-Space airspace, it will need to be equipped with an automatic position reporting system that complies with EU specifications. U-Space service providers are obliged to deploy a ground infrastructure for receiving position messages. The U-Space regulation also opens up the possibility of eventually using 4G/5G mobile networks to transmit aircraft position messages.

APPENDIX 6: REVIEW OF THE 2015 RECOMMENDATIONS

Dossier No. 40 “Present and future of civilian drones” contained 20 recommendations. The joint AAE-3AF working group examined all of them and the results of this examination are presented below: the recommendations are either retained, revised or closed. The numerical reference for each recommendation corresponds to the number given in.

Key recommendation 2.1:

Reminder: “The European Commission and Member States should provide strong support to the whole sector (R&D projects, technology development, start-ups, exports, etc.). Funding of the drone sector by European R&D programmes H2020 and SESAR should be raised to at least €100 M over 5 years. Priority should be given to small drones flying at very low level (VLL) beyond visual line of sight (BVLOS), i.e. those carrying out most of the potential missions.”

Working group opinion: Since 2003, the European Union has invested a total budget of almost €980 million in the development or use of drones for innovative applications. It has funded 320 projects related to the drone sector as part of R&I. There is, however, the question of the consistency of national approaches with European initiatives and the difficulty for small structures to access European funding. The working group considers that the recommendation is still valid, but that it should be reworded.

The recommendation is revised in section 3.2.

Key recommendation 2.2:

Reminder: “In order to help achieve a harmonised European set of regulations meeting users’ needs, the drone community should play an active role in the works of EASA, JARUS and other standardisation bodies, by rapidly preparing input documents.”

Working group opinion: The new drone regulations are in the process of being put in place, with a large number of regulatory texts having been published. As far as the drone community’s participation in EASA’s activities is concerned, this is of course the case for the DSAC, but it is not clear for operators and manufacturers. EASA publishes calls for comments on the Internet for each new regulatory text, and French operators can respond either individually or via their associations, FPDC and ADIF.

It is proposed to close this recommendation.

Recommendation 2.3:

Reminder: "In order to help achieve a harmonised European set of regulations meeting users' needs, the drone community should play an active role in the works of EASA, JARUS and other standardisation bodies, by rapidly preparing input documents."

Working group opinion: The subject of supplying equipment for light UAVs was raised at several meetings, and in particular during the discussion with representatives of GICAT and ADIF, for whom this subject is important from the point of view of national industrial sovereignty and was the subject of recommendation No. 2 of the GICAT-ADIF report annexed [17].

The working group supports this recommendation, but stresses the need to ensure that developments financed by the French Ministry of Defence through the Drone Pact, with low-cost mass production in response to operational emergencies, do not drag technologies down. And also that it is an illusion to aim to produce drone equipment that is cheaper than that produced in China.

Key recommendation 2.4:

Reminder: "The French 'Conseil pour les drones civils' should elaborate the roadmaps for the required technologies and help obtain public funds for the development of the drone sector."

Working group opinion: During our interviews, several experts told us that the Civilian Drone Council was no longer functioning. The working group proposes to revise this recommendation based on the recommendation of the GICAT-ADIF report and also the European roadmap contained in the 2022 Drone Strategy document [15].

The recommendation is revised in section 3.2.

Recommendation 2.5:

Reminder: "The three aeronautics clusters should facilitate the formation of consortia, bringing together SMEs, laboratories/test centres, academies and major groups in the sector in order to meet calls for projects."

Working group opinion: The competitiveness clusters Astech in Ile de France, NAE in Normandy, Aerospace Valley in the Occitanie and Nouvelle Aquitaine regions, and SAFE in the Provence-Côte d'Azur and Auvergne-Rhône-Alpes regions, have set up cooperation between the various players in the drone sector in their regions.

This recommendation can be closed.

Key recommendation 3.1:

Reminder: "Priority should be given in R&D programmes to the sector comprising small, very low-flying drones, which carry out the majority of missions. In particular, the case of drones flying beyond visual line of sight (BVLOS) must be addressed. Moreover, industrialists participating in SESAR, primarily the large aeronautical firms, must take into account the place occupied by SMEs and their particular needs."

Working group opinion: Discussions within the working group focused mainly on light (less than 150 kg) and even very light (less than 25 kg) UAVs. These drones seem to have been well taken into account in the SESAR programme. A detailed assessment of the activities funded by SESAR in the field of UAVs remains to be made. The subject of BVLOS operations was raised by several speakers and was the subject of a flight demonstration during Demo Day (22 May 2025) at Brétigny sur Orge. The working group proposes to revise this recommendation.

The recommendation is revised in section 3.2.

Recommendation 3.2:

Reminder: "Drone manufacturers should examine light, simple means and redundancies to increase the safety of drones without increasing their costs."

Working group opinion: The subject of improving drone safety was raised with the ONERA and EASA representatives on the subject of Level III SAIL drones. The working group proposes to revise this recommendation.

The recommendation is revised in section 3.2.

Recommendation 3.3:

Reminder: "The use of mobile telecom networks (GSM, 3G, 4G), enhanced with performance and safety analyses and security measures, should be tested for air-ground-air communications as well as drone identification and positioning".

Working group opinion: This subject was discussed with the ANFr representative. She pointed out that new regulations on this point are being prepared within the EU, as well as a technical standard by ETSI. These two texts should be available by 2026. The issue is not yet closed, and a number of experiments are under way. European funding will also continue on this issue. The working group proposes to reword this recommendation.

The recommendation is revised in section 3.2.

Key recommendation 3.4:

Reminder: "The European R&D programme H2020 should finance the development and experimentation of simple, light, low-cost technology, airborne and/or ground based, to reduce the risk of collision, especially for very low-flying drones."

Working group opinion: The subject of collision risks was discussed with several speakers. The solution proposed by EASA is the onboard ADS-L system, which will enable U-Space service providers to locate all equipped aircraft flying in U-Space and in which they provide this service to drone operators, based on an infrastructure of receiving stations covering this space. The working group proposes to revise this recommendation.

The recommendation is revised in section 3.2.

Key recommendation 3.5:

Reminder: "Civil aviation authorities should formalise training requirements for remote pilots as well as the various ways of monitoring the effectiveness of such training (accreditation of courses, theoretical and practical tests)."

Working group opinion: This subject seems to have been well covered by the new European regulations concerning the training of remote pilots to carry out Open and Specific category operations, as explained to us by D. Comby from the DGAC. The training of remote pilots of certified category drones still needs to be covered, but the ad hoc regulation has not yet been published.

The working group proposes to close this recommendation.

Recommendation 3.6:

Reminder: "For high-risk operations, the remote pilot should hold a licence delivered either by the civil aviation safety authorities or by an accredited organisation. For very low-risk operations a training certificate might be enough".

Working group opinion: The remote pilot licence is indeed required for drones in the certified category, but the ICAO and European regulatory requirements have not yet been published. The subject seems to have been taken into account by the ICAO and by future European regulations, and the recommendation should be closed.

The working group proposes to close this recommendation.

Recommendation 3.7:

Reminder: "It is important to train remote pilots of drones carrying out professional activities. All training in view of issuance of an attestation should be carried out within approved training schools, accredited by the civil aviation safety authorities or a recognised body on the basis of standards that should be harmonised if possible on a European level, thus ensuring mutual recognition between EU Member States".

Working group opinion: The European drone regulations make no distinction between private operators and professionals, unlike the French regulations of 2012. The training requirements for remote pilots apply to all remote pilots. The subject of approving training organisations was not discussed during interviews with the various stakeholders. This recommendation is considered redundant in light of the previous one and should also be closed for operations in the Open and Specific categories.

The working group proposes to close this recommendation.

Recommendation 4.1:

Reminder: "Drone geographical data bases should contain information on forbidden zones (geo-fencing), and their post-processing should include privacy protection (privacy by design)."

Working group opinion: The EASA representative referred to a website, Air Mobility Hub, containing all the information needed to prepare flights. He also pointed out that all EU

Member States must publish maps identifying the geographical areas (known as GeoZones) where all drone flights are prohibited, and those where operators must obtain authorisation before carrying out a flight: in France this is the IGN Géoportail website. The working group considers that the first part of recommendation 4.1 can be closed.

The recommendation is revised in section 3.2.

Recommendation 4.2:

Reminder: "Drones should be equipped with identification and positioning means that are compatible at a European level. This could be an active chip."

Working group opinion: National regulations require all drones weighing more than 800 g to be fitted with an electronic reporting device. European regulations require class C1 drones carrying out category A1 operations, class C2 drones in categories A2 and A3 and class C3 drones in category A3 to be fitted with a direct remote electronic identification system. All drones flying in Specific categories must be equipped with a remote identification system. Although it is regrettable that the French and European systems were not harmonised from the outset, the vast majority of civilian drones are therefore covered by this requirement.

The working group proposes to close this recommendation.

Recommendation 4.3:

Reminder: "Each operator should provide information (on a website or open data portal) on their drone missions with their username and trajectories, thereby making it possible for air movements to be identified and for plaintiffs to assert their rights."

Working group opinion: This is the case for drone flights in U-Space areas, although access to these sites is limited to drone operators. For all drone flights outside these areas, private individuals can download an application onto their mobile phone which, in principle, allows them to decode direct remote identification broadcasts from drones and obtain all the information relating to a specific drone flying nearby. This of course requires the drone to be equipped (all Class C1 to C6 drones must be equipped, except for Class C0 drones weighing less than 250g).

The working group proposes to close this recommendation.

Key recommendation 4.4:

Reminder: "The European Union should require insurance companies in each member state to set up a compensation fund to underwrite damages caused by uninsured drones."

Working group opinion: EASA rules require the drone operator to take out insurance if their drone weighs more than 20 kg. If it weighs less than 20 kg, there are no specific insurance requirements. However, most EASA member states require civil liability insurance, even when using a lighter drone. In France, insurance is compulsory for flights under a specific category of operating licence. On the other hand, civil liability insurance

for other types of operation is at the discretion of the operator responsible, depending on the nature of the activity. There is no longer any need for a compensation fund. Drone operators can insure themselves with most insurance companies without any problem. The working group proposes to close this recommendation.

Recommendation 4.5:

Reminder: "Before each mission, operators should declare their flight intentions (air-space to be used, timetable, flight path, etc.). This information would be collected by operators on a specific website and made freely available to all."

Working group opinion: This recommendation is redundant alongside 4.3. The comments made on the latter also apply to this recommendation. It should also be possible to close it.

The working group proposes that this recommendation be closed.

Recommendation 4.6:

Reminder: "Networked links should allow those in charge of security, as well as private individuals, to contact the remote pilot and/or the owner of the drone. If they do not respond, a penalty could be applied. As exists for traditional aircraft, and according to the situation, the decision might be taken to track and intercept those responsible and/or neutralise the drone. These devices remain to be set up. It should be noted that the SGDSN (French secretariat-general for national defence and security) has already initiated action by identifying a set of such systems; a tender is underway for their development."

Working group opinion: This subject was discussed by the WG, in particular during the interview with the French Air Transport Gendarmerie (GTA) representative, squadron leader A. Gérard.

The working group proposes to close this recommendation.

Key recommendation 5.1:

Reminder: "In order to help achieve a harmonised European set of regulations, the drone community should play an active role in the works of EASA, JARUS and other standardisation bodies, by rapidly preparing input documents."

Working group opinion: This recommendation is redundant alongside Recommendation 2.2. The working group proposes to close this recommendation.

Key recommendation 5.2:

Reminder: "A strong need exists for aerial work on linear infrastructures (up to several hundred kilometres) or very large sites. Based on experiments underway, priority should be given to establishing a harmonised European set of regulations allowing the routine use of drones at an altitude and a distance from the remote pilot that is compatible with needs expressed."

Working group opinion: This subject has been discussed with several stakeholders and seems to be well under way at European level. The creation of large linear U-Space areas (corridors) should make it possible to carry out these operations on linear infrastructures. The working group considers that this recommendation for flights over linear infrastructures can be closed insofar as U-Space is gradually being set up.

Recommendation 6.1:

Reminder: "The "Fédération Professionnelle du Drone Civil" (French civilian drone federation – FPDC) should set up a feedback from experience website accessible to all professional users, along the lines of those existing in sports and aeronautical federations (FFA, FFAM,...), and should release regular safety information."

Working group opinion: The operation of unmanned aircraft (or drones) is subject to European Regulation 376/2014 on occurrence reporting, analysis and monitoring in civil aviation [18]. However, events subject to mandatory reporting are rare (fatal accident, event involving a certified drone or manned aircraft). To help improve safety, it is vital that operators (both private and professional) are able to share their experiences and occurrences, so that everyone can learn from them in terms of safety. The French Civil Aviation Authority (DSAC) has set up a website to collect this information, and is encouraging operators to report their significant events on a voluntary basis. The DSAC will publish anonymised occurrence reports and propose safety lessons in its publication dedicated to UAS.

The working group proposes to close this recommendation.

APPENDIX 7: REFERENCE DOCUMENTS

- [1] AAE Dossier No.40, 2015 “Present and Future of Civil UAVs”, co-edited with 3AF (Cahier N°14) <https://shorturl.at/ms7IM>.
- [2] Decree No. 2023-283 of 19 April 2023 on the implementation of image processing by means of capture devices installed on aircraft for administrative police missions.
- [3] Order of 24 March 2023 laying down the conditions of use of military aircraft and aircraft belonging to the state and used by customs, public security and civil security services operating without a crew on board.
- [4] CEPT/ECC – ECC Decision (22)07 – Harmonised technical conditions for the usage of aerial UE for communications based on LTE and 5G NR in the bands 703-733 MHz, 832-862 MHz, 880-915 MHz, 1710 – 1785 MHz, 1920-1980 MHz, 2500-2570 MHz and 2570-2620 MHz harmonised for MFCN – approved 18 November 2022 – corrected 7 March 2025.
- [5] Order of 27 December 2019 defining the technical characteristics of electronic and light signalling devices for aircraft operating without a person on board.
- [6] Order of 12 April 2012 on the design of civil aircraft operating without any person on board, the conditions of their use and the skills required of the persons using them.
- [7] Order of 17 December 2015 on the use of airspace by aircraft operating without a person on board.
- [8] Order of 18 May 2018 on the requirements applicable to professional drone pilots.
- [9] Law No. 2016-1428 of 24 October 2016 on reinforcing the safety of civil drones.
- [10] Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and third-country operators of unmanned aircraft systems.
- [11] Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on rules and procedures for the operation of unmanned aircraft.
- [12] Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2018 on common rules in the field of civil aviation and establishing a European Union Aviation Safety Agency, and amending Regulations (EC) No 2111/2005, (EC) No 1008/2008, (EU) No 996/2010, (EU) No 376/2014 and Directives 2014/30/EU and 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council, and repealing Regulations (EC) No 552/2004 and (EC) No 216/2008 of the European Parliament and of the Council and Council Regulation (EEC) No 3922/91.
- [13] Commission Implementing Regulation (EU) No 923/2012 of 26 September 2012 laying down common rules of the air and operational provisions relating to air navigation services and procedures and amending Implementing Regulation (EU)

- No 1035/2011, as well as Regulations (EC) No 1265/2007, (EC) No 1794/2006, (EC) No 730/2006, (EC) No 1033/2006 and (EU) No 255/2010, Amended.
- [14] EASA – Technical Specification for transmissions using SRD-860 frequency band.
- [15] Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'A Drone Strategy 2.0 for a Smart and Sustainable Unmanned Aircraft Eco-System in Europe' SWD(2022) 366 final).
- [16] Synthèse des attendus industriels pour les centres d'essais en vol drones – Document 3AF décembre 2025. www.3af.fr
- [17] Rapport drones GICAT-ADIF – Propositions GICAT-ADIF pour une feuille de route technologique, industrielle et capacitaire pour les drones aériens et munitions téléopérées de moins de 150 kg destinés à l'armée de Terre (GICAT-ADIF UAV Report – GICAT-ADIF proposals for a technological, industrial and capability roadmap for remotely operated UAVs and munitions weighing less than 150 kg intended for the French Army.)
- [18] Regulation (EU) No 376/2014 of the European Parliament and of the Council of 3 April 2014 on occurrence reporting, analysis and monitoring in civil aviation, amending Regulation (EU) No 996/2010 of the European Parliament and of the Council and repealing Directive 2003/42/EC of the European Parliament and of the Council and Commission Regulations (EC) No 1321/2007 and (EC) No 1330/2007.
- [19] DGAC/DSAC – Guide to recreational and professional use of unmanned aircraft – Open category – Edition 1 – Version 1.5 – 1 February 2023.
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/exploitation-drones-categorie-ouverte>
- [20] DGAC/DSAC – Guide to recreational and professional use of unmanned aircraft – Special category – Edition 1 – Version 1.7 – 2 March 2023.
<https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/exploitation-drones-categorie-specifique>
- [21] Commission Implementing Regulation (EU) 2021/664 of 22 April 2021 on a regulatory framework for U-Space.
- [22] Commission Implementing Regulation (EU) 2021/666 of 22 April 2021 amending Regulation (EU) No 923/2012 as regards requirements for manned flights in U-Space airspace.

Other references

<https://www.eurocontrol.int/unmanned-aircraft-systems>

<https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones>

<https://fpdc.fr/>

Le secteur des drones évolue rapidement, notamment dans ses usages civils. Au cours de la dernière décennie, la réglementation européenne s'est progressivement substituée aux cadres nationaux, tandis que les dispositifs U-Space visent à intégrer les drones dans le trafic aérien. Le marché a fortement progressé, porté par des avancées technologiques majeures.

Par ailleurs, les conflits récents soulignent la porosité entre usages civils et militaires, renforçant la dimension duale des drones. La multiplication des drones de loisir et les risques d'usages malveillants ont également conduit au développement de systèmes anti-drones.

Dans ce contexte, l'AAE et la 3AF proposent un état des lieux fondé sur plusieurs entretiens et des recommandations pour renforcer la compétitivité européenne.

The drone sector is evolving rapidly, particularly in terms of civilian applications. Over the past decade, European regulations have gradually superseded national frameworks, whilst U-Space initiatives aim to integrate drones into air traffic. The market has grown significantly, driven by major technological advances.

Furthermore, recent conflicts have highlighted the growing overlap between civilian and military uses, reinforcing the dual nature of drones. Increasing numbers of consumer drones and the associated risks of malicious use have also led to the development of counter-drone systems.

Against this backdrop, AAE and 3AF present an overview based on a series of interviews, along with recommendations aimed at strengthening European competitiveness.

www.academieairespace.com

www.3af.fr



ISBN 978-2-487161-05-4

ISBN 979-10-92518-59-7

ISSN 1147-3657

15 €