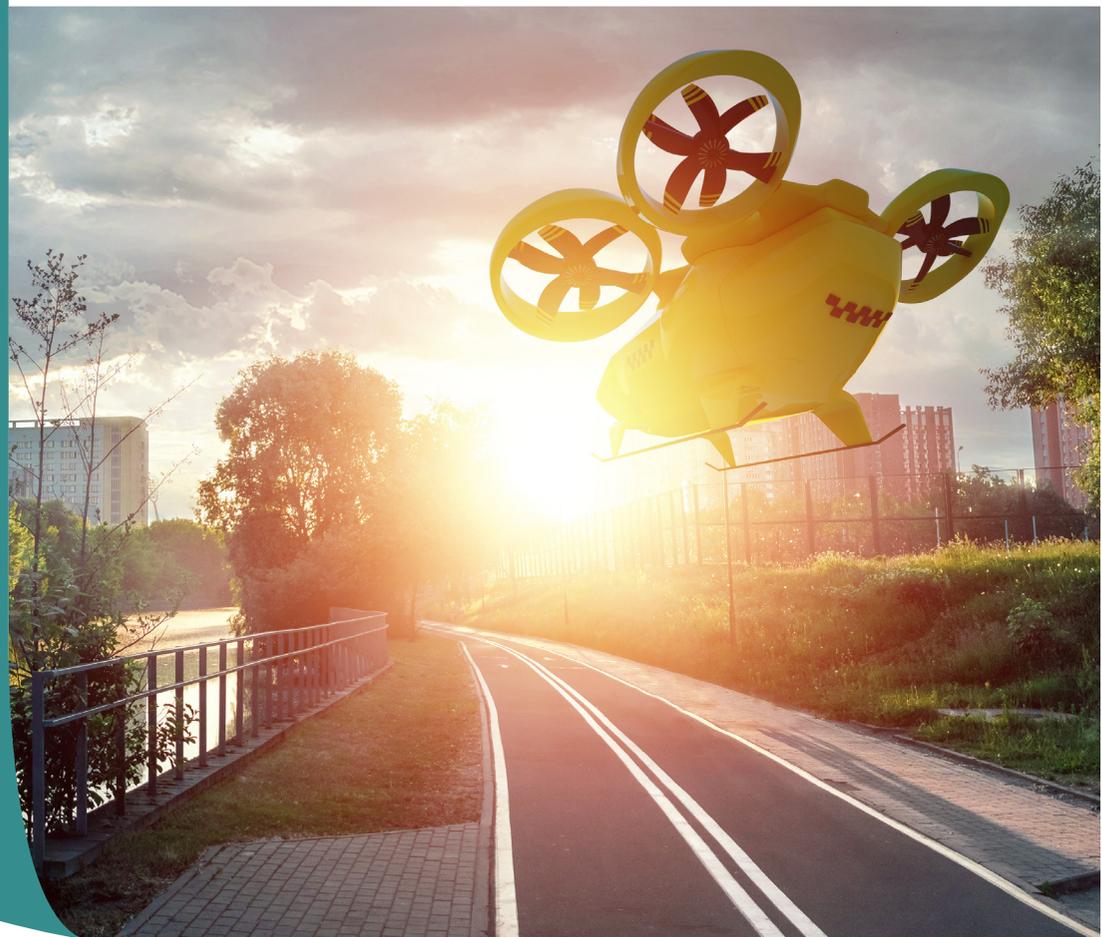




ACCEPTANCE SAFETY AND SUSTAINABILITY
RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENT
DEPLOYMENT OF UAM

UAM FORESIGHT SCENARIOS

KNOWLEDGE GUIDANCE



ASSURED-UAM has received funding from the European Union's Horizon 2020 programme under Grant Agreement 101006696.



ASSURED-UAM is a project under the CIVITAS Initiative, one of the flagship programmes helping the European Commission achieve its ambitious mobility and transport goals.

À propos de cette brochure:

Cette brochure présente les réalisations importantes du projet H2020 ASSURED-MAU concernant les normes et les recommandations pour le déploiement futur de la MAU.

Comment la citer:

ASSURED-MAU (2023). UAM Foresight scenarios. Knowledge Guidance (French version). DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7775092>. Disponible sur www.assured-uam.eu/uam-foresight-scenarios-knowledge-guidance-brochure/.

Remerciements:

Le projet ASSURED-MAU a reçu un financement du programme Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention 101006696. ASSURED-MAU est un projet de l'initiative CIVITAS, l'un des programmes phares aidant la Commission européenne à atteindre ses objectifs ambitieux en matière de mobilité et de transport.

Avis de non-responsabilité:

Les informations contenues dans ce document représentent les points de vue des membres du projet ASSURED –MAU à la date de sa publication et ne doivent pas être considérées comme représentant le point de vue de la CINEA ou de la Commission européenne.

Copyright:

Copyright © 2023 Partenaires du consortium du projet ASSURED-MAU. Tous droits réservés. ASSURED- MAU est un projet du programme Horizon 2020 soutenu par l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention n° 101006696. Pour plus d'informations sur le projet, ses partenaires et ses collaborateurs, veuillez consulter le site web www.assured-uam.eu. Vous êtes autorisé à copier et à distribuer des copies conformes de ce document, contenant cet avis de copyright, mais il n'est pas permis de modifier ce document. Toutes les images de cette publication appartiennent aux organisations ou aux personnes mentionnées. Le contenu de cette publication peut être reproduit et développé. La version finale de ce document devrait être régie par une licence creative commons CC BY-NC-SA 4.0 (Attribution- Non Commercial-Partage à l'identique 4.0 International). L'utilisation de cette publication est autorisée dans les conditions suivantes:

- » Attribution — Vous devez citer le document comme indiqué ci-dessus, fournir un lien renvoyant à la licence et indiquer si des modifications ont été apportées. Vous pouvez le faire de manière raisonnable, sans toutefois suggérer que le titulaire de la licence cautionne le contenu du document ou l'utilisation qui en est faite.
- » Non commercial - Vous ne pouvez pas utiliser le matériel à des fins commerciales.
- » Partage à l'identique — Si vous remixez, transformez ou développez le matériel, vous devez distribuer vos contributions sous la même licence que l'original.
- » Pas de restrictions supplémentaires — Vous ne pouvez pas utiliser des termes juridiques ou des mesures technologiques qui restreignent légalement d'autres personnes à faire tout ce qui est autorisé par la licence.

Plus d'informations à l'adresse suivante <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>. Le texte légal de la licence est disponible à l'adresse suivante: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>

Contacts:

Coordinateur du projet: Bartosz Dziugiel email: bartosz.dziugiel@ilot.lukasiewicz.gov.pl

Chargé de communication du projet: Raffaella Russo email: russo@issnova.eu

Editeur de la brochure: ISSNOVA email : institute@issnova.eu

Site web du projet: www.assured-uam.eu

Crédit images*:

Couverture : Aliaksandr Marko - stock.adobe.com

page 4: phonlamaiphoto - stock.adobe.com

page 5: designprojects - stock.adobe.com

page 8: By Spielvogel - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=68340967>

page 9: By Mztourist - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=84237925>

page 13: Es sarawuth - shutterstock.com

page 15: tiero - stock.adobe.com

page 16: Tatiana Shepeleva - stock.adobe.com

page 17: Tatiana Shepeleva - stock.adobe.com

page 18: Es sarawuth - shutterstock.com

page 20: By Raymar Laux - Volocopter GmbH, CC BY 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=103623055>

page 21: By Nikolay Kazakov - Volocopter GmbH, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=105514209>

page 24: By SERU Film Produktion GmbH - Volocopter GmbH, CC BY 4.0,

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=103623348>

page 26: kinwun - stock.adobe.com

Couverture arrière : Aliaksandr Marko - stock.adobe.com

* Toutes les images sous licence ISSNOVA

Ce document est un résumé des résultats du projet ASSURED-MAU. Il est structuré comme suit :		Page
1	ASSURED-MAU EN BREF	4
2	LE CONTEXTE DE LA MAU	5
2.1	Tendances et prévisions	5
2.2	Technologies habilitantes	6
2.2.1	U-Space	6
2.2.2	Le contexte des technologies	7
2.3	Questions relatives à la réglementation aérienne	8
3	LE SEGMENT AERIEN DANS LE CADRE DE LA MOBILITE URBAINE	10
3.1	Les parties prenantes	10
3.2	Stratégies d'intégration durable dans les zones urbaines	11
4	LA MAU DANS LE FUTUR PROCHE	12
4.1	Besoins et attentes en matière de mobilité et de MAU	12
4.2	Scénario de base - 2025	14
4.3	Scénario intermédiaire – 2030	14
4.4	Scénario final - 2035	14
5	VILLES PILOTES ASSURED-MAU	16
5.1	Métropole de Haute-Silésie et de Zagłębie (GZM - Pologne)	16
5.2	Ville métropolitaine de Bari (MCB – Italie)	16
5.3	Ville métropolitaine de Porto (MCP – Portugal)	16
6	CAS D'UTILISATION ASSURED-MAU	17
6.1	CU2025 1 – Livraison directe du dernier kilomètre	18
6.2	CU2025 2 – Services publics point-à-point	18
6.3	CU2030 3 – Livraison avancée du dernier kilomètre	18
6.4	CU2030 4 – Point à point public	19
6.5	CU 2035 5 – Transport médical direct de personnes	19
6.6	CU2035 6 – Transport aérien personnel automatique	19
6.7	Estimation du coût environnemental et de l'énergie pour les cas d'utilisation ASSURED-MAU	19
7	LES DEFIS DE LA MISE EN ŒUVRE DES SERVICES DE MAU EN EUROPE	21
7.1	Objectifs et attentes des parties prenantes	21
7.2	Analyse des parties prenantes de l'eLCC MAU	22
7.3	La MAU en tant que composante d'un système de transport multimodal et ses perspectives d'avenir	22
7.4	Acceptation par la population	23
7.5	Niveau d'accessibilité financière	24
7.6	Instruments de financement	25
8	CONNAISSANCES ACQUISES PAR ASSURED-MAU DANS LES VILLES PILOTES	26
9	RESSOURCES DE SOUTIEN	27
10	ABREVIATIONS	27

1 ASSURED-MAU EN BREF

Les services de mobilité aérienne urbaine (MAU) deviendront bientôt une réalité et seront de plus en plus déployés au cours des prochaines décennies. Par conséquent, le projet ASSURED-MAU vise à garantir une base solide et efficace en matière de sécurité, de durabilité et d'acceptabilité pour le développement de la MAU. Pour faire de la MAU la première et la plus efficace des solutions de transport urbain climatiquement neutre en 2050, le projet:

- » a identifié les tendances dans les domaines critiques.
- » a apporté un soutien large et complet aux autorités, aux décideurs politiques et aux organisations de l'industrie urbaine en matière d'organisation et de

définition des politiques.

- » a intégré et diffusé les meilleures pratiques, normes, recommandations et solutions organisationnelles de l'aviation dans les structures administratives et législatives des villes.
- » a formulé des recommandations pour l'intégration des modes de surface dans le système de gestion du trafic aérien U-Space.

ASSURED-MAU a testé 6 scénarios de cas d'utilisation, élaborés sur une période de 5, 10 et 15 ans, dans trois régions différentes, dans les villes de la zone métropolitaine de Górnośląsko-Zagłębiowska (région de la Haute-Silésie en Pologne), la ville métropolitaine de Bari (Italie) et la ville métropolitaine de Porto (Portugal).





2 LE CONTEXTE DE LA MAU

Le concept même de mobilité aérienne urbaine (MAU) reste toujours à définir. Il s'agit néanmoins d'un service de transport aérien automatisé et à la demande, de passagers ou de marchandises, qui permet de transporter des personnes et des marchandises de porte à porte (D2D) ou presque, à l'aide d'aéronefs pilotés ou sans pilote aux configurations diverses, au sein ou à destination de zones urbaines densément peuplées.

2.1 TENDANCES ET PRÉVISIONS

Le besoin des grandes villes de trouver des modes de transport plus rapides pour faire face aux problèmes de mobilité dans les zones urbaines, périurbaines et extra-urbaines fait de la MAU une solution. On prévoit donc que le marché de la MAU connaîtra un taux de croissance annuel composé (TCAC) favorable de plus de 10 % jusqu'en 2035. Actuellement en phase de développement, le marché est constitué de nombreux pays qui travaillent déjà à

l'adoption de la MAU à des fins commerciales. De plus, les concepts liés à la MAU connaissent une bonne pénétration et progressent rapidement en Europe et en Amérique du Nord. Toutefois, d'ici 2035, la part de marché la plus importante (39,27 %) reviendra à la région Asie-Pacifique et, en raison des taux de croissance démographique et des problèmes de circulation, la Chine arrivera en tête.

La mobilité aérienne urbaine est appelée à devenir une réalité dans les 15 prochaines années. En 2025, il est prévu d'introduire la livraison de marchandises et un premier service¹ de mobilité privée, et en 2035, de développer plus largement le service de mobilité des passagers. Cependant, les infrastructures (pour l'embarquement, le débarquement, le décollage et l'atterrissage, la maintenance, les opérations de chargement des batteries et les aéroports avec plusieurs nœuds) et la gestion du trafic aérien restent à concevoir, à définir et à construire.

Dans un mode D2D, le transport vertical en milieu urbain doit être intégré aux réseaux de transport de surface existants dans les villes et aux services publics pour permettre un transport efficace et efficient des marchandises et des passagers en fonction des réglementations, de la sécurité, de la connectivité et de l'exploitation intelligente.

¹ Entreprise commune SESAR: <https://www.sesarju.eu>

COVID-19

Dans le scénario antérieur à COVID-19, l'industrie des décollages et atterrissages verticaux électriques (eVTOL), encore en phase de formation, avait connu une croissance impressionnante avec plus d'un milliard de dollars d'investissement.

L'impact de la pandémie de COVID-19 sur l'industrie aéronautique, en raison des perturbations de la main-d'œuvre et de la chaîne d'approvisionnement et de l'arrêt des opérations, représente des pertes de plus de 84 milliards de dollars, selon les résultats attendus pour 2020. Cependant, la pandémie a également souligné l'importance de la MAU dans des circonstances critiques. En effet, certaines organisations et certaines juridictions ont l'intention de lancer des opérations commerciales de transport de passagers au cours des trois à cinq prochaines années.

2.2 TECHNOLOGIES HABILITANTES

Les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont les principaux moyens d'intégration du transport au niveau du transport unimodal et du transport multimodal métropolitain de la MAU. Les applications TIC soutiennent la MAU en mettant

en œuvre l'Internet des objets (IoT), les outils de communication, le traitement des Big Data et le concept de villes intelligentes. Ce dernier vise à atténuer les problèmes en mettant en œuvre des progrès technologiques liés à l'optimisation de l'espace de vie, à la réduction de la pollution et à la gestion de la consommation d'énergie.

2.2.1 U-SPACE

U-space fournit des services de gestion pour les drones à travers un ensemble d'accords, de protocoles, de communication, de normes, de législation, d'informations et de services de circulation pour permettre une croissance ordonnée du trafic aérien urbain. Les services U-space s'appuient sur un haut niveau de numérisation et sur des fonctions d'automatisation et des procédures spécifiques, conçues pour garantir un espace aérien sûr, efficace et sécurisé pour de nombreux drones dans un marché ouvert et concurrentiel.

Le premier U-Space a mis en œuvre un ensemble spécifique de services dédiés, basés sur la géo-sensibilisation, l'identification et l'autorisation de vol liés aux mouvements des drones autour des aéroports. En fonction de l'augmentation de l'automatisation et de la connectivité des drones, d'autres services et opérations devraient être disponibles dans les années à venir et être entièrement opérationnels d'ici 2035 (Tableau 1).

Tableau 1: Feuille de route U-Space

Phases U-Space	Objectif	Services
U1	2019	Services essentiels couvrant l'enregistrement et l'identification électroniques et le geofencing.
U2	2022-2025	Les services initiaux de gestion des opérations des drones comprennent la planification et l'approbation des vols, le suivi et l'interface avec le contrôle du trafic aérien conventionnel.
U3	2025-2030	Des services avancés prenant en charge des opérations plus complexes dans les zones denses, tels que l'assistance à la détection des conflits et les fonctionnalités automatisées de détection et d'évitement.
U4	2030-2050	Services complets offrant des niveaux très élevés d'automatisation, de connectivité et de numérisation, tant pour les drones que pour le système U-space

2.2.2 LE CONTEXTE DES TECHNOLOGIES

Un développement progressif des systèmes d'aéronefs, des sources d'énergie des carburants, des options de propulsion et de l'infrastructure de la MAU est prévu à un horizon de 5, 10 et 15 ans. La conception des systèmes d'aéronefs pour les drones de transport de passagers est axée sur la création d'une expérience client fantastique, assurée par la charge utile, l'option de puissance, la pollution sonore, la sécurité, les coûts et les caractéristiques techniques. Ces critères déterminent les principaux concepts de la conception de la propulsion : délai de commercialisation prévu, vitesse de croisière, acceptation des itinéraires et utilisation. D'autre part, pour les drones cargo, un très haut niveau de préparation technologique est déjà disponible. Il manque cependant (i) l'inclusion de la livraison de marchandises dans le trafic aérien civil urbain (concernant les zones d'atterrissage, de décollage et de recharge des batteries) et (ii) la réglementation des drones sans pilote pour une insertion sûre dans la gestion du trafic aérien (ATM). Les infrastructures nécessaires à l'embarquement, au débarquement, au décollage et

à l'atterrissage, à la maintenance et aux opérations de recharge des batteries sont indispensables pour permettre la mobilité aérienne urbaine, périurbaine et extra-urbaine. Les vertiports (une sorte de petit aéroport) devraient intégrer les points de référence des villes, les aéroports, les gares et les autoroutes afin de fournir différents nœuds pour offrir un service D2D efficace.

Par ailleurs, des systèmes de transmission d'aéronefs flexibles et un contrôle avancé doivent être développés et intégrés à une plate-forme de propulsion innovante capable de répondre aux exigences ambitieuses de la nouvelle génération d'avions à décollage et atterrissage verticaux (VTOL). Le développement de nouvelles technologies de batteries avancées, mises en œuvre dans des systèmes hybrides thermiques-électriques innovants et dans des systèmes de propulsion à l'hydrogène, permettra d'obtenir une source d'énergie plus propre et durable. Cependant, pour le transport commercial, la source d'énergie électrique doit être plus sûre, plus durable, plus petite, plus légère et plus rapide en termes de temps de recharge pour permettre des vols plus longs. Le tableau 2 présente les délais pour les caractéristiques mentionnées ci-dessus:

Tableau 2: Attentes pour l'horizon de 5, 10 et 15 ans

Caractéristiques	2021	2025	2030	2035
Cadre général	-	<ul style="list-style-type: none"> » Pas de progrès décisifs dans les technologies des groupes motopropulseurs. » Les constructeurs cherchent à améliorer l'efficacité des vols au niveau de la conception des avions. 	<ul style="list-style-type: none"> » Source d'énergie fiable : densité d'énergie plus élevée, taux d'énergie de décharge et de charge » Exploitation de vols de longue durée - Technologies efficaces, sûres et accessibles 	<ul style="list-style-type: none"> » Contraintes liées à l'utilisation d'avions hybrides électriques dans les zones urbaines en raison de la pollution. » Les technologies des batteries sont plus efficaces et plus fiables, avec des batteries à plus forte densité énergétique.
Technologie pour la livraison de marchandises	Vols d'essai en cours	A la demande et en milieu rural	Phase d'essai en zone urbaine	Technologie entièrement disponible
Infrastructure	Début de la construction de vertiport pour vols d'essai	Augmenter la construction de vertiports. Initialement utilisé par les drones cargo et les taxis aériens privés.	Vertiports testés et prêts à être mis en service	Vertiport totalement en service
TIC	-	<ul style="list-style-type: none"> » Phase de test des livraisons automatisées par drone. » Transport de passagers sans pilote MAU non disponible en Europe 	<ul style="list-style-type: none"> » Intégration des opérations de drone cargo dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement » Transport de passagers sans pilote MAU toujours pas disponible en Europe 	<ul style="list-style-type: none"> » Chaîne d'approvisionnement des marchandises entièrement autonome et sans papier pour l'itinéraire le plus fréquenté » Transport aérien autonome de passagers non entièrement intégré en phase d'essai en Europe » Opérations publiques de transport de passagers avec personnel local entièrement intégré

D'ici à 2025, un large éventail de tests et d'expériences visant à évaluer les différents aspects techniques et commerciaux sera réalisé, y compris de nouveaux concepts pour étayer les revendications et les ambitions de la mobilité personnelle en concurrence avec les conceptions de mobilité existantes.

Une fois que les pionniers auront commencé à introduire leurs concepts sur le marché, l'accent sera mis sur l'accélération du développement technologique et l'augmentation des innovations de déploiement, dans un écosystème dynamique marqué par un groupe d'acteurs en expansion et un nombre croissant de concepts différents. Par conséquent, au cours de la décennie 2025-2035, la concurrence autour de la mobilité verticale s'intensifiera.

2.3 QUESTIONS RELATIVES À LA RÉGLEMENTATION AÉRIENNE

La réglementation des opérations de transport de personnes via la MAU vise à garantir la sécurité des occupants et des autres utilisateurs de l'espace aérien, tandis que le transport de marchandises dangereuses vise à garantir la sécurité des personnes non impliquées, des biens au sol et des autres utilisateurs de l'espace aérien.

Une grande diversité de réglementations et de normes régit les deux types de transport classés à haut risque. Les protocoles et les procédures portent sur les aéronefs, les stations au sol, les vertiports et les opérations, entre autres, et définissent un niveau minimal de sécurité.



D'un autre côté, les opérations à risque moyen sont réglementées selon un mode axé sur l'exploitation, fondé sur des évaluations des risques qui sont prédéfinies ou effectuées par le demandeur et évaluées par l'autorité compétente ; comme il s'agit d'une évaluation subjective, le niveau minimal de sécurité n'est pas garanti.

Les réglementations relatives à l'industrie des aéronefs urbains exigent une certification constante pour une technologie qui progresse encore, suivant le rythme rapide et imprévisible du développement du marché de la MAU. Par conséquent, les entreprises et les équipes de développement doivent étudier les dangers et tous les impacts de la MAU afin de garantir le développement sans faille de véhicules certifiés. La réglementation relative aux véhicules VTOL (versions électriques et configurations de propulsion incluses) est en cours d'élaboration, car les infrastructures pertinentes et les technologies nécessaires sont encore en cours de conceptualisation.

La nouvelle réglementation U-Space, publiée en 2021, a défini les rôles et les responsabilités et identifié les exigences pour les opérateurs et les prestataires de services pour les systèmes aériens sans pilote (UAS), les opérateurs et les prestataires de services U-Space (USSP), y compris les procédures de services d'enregistrement et

d'assistance, les rapports d'accidents et d'incidents. Elle a également défini l'autorité compétente de chaque État membre de l'UE, les fabricants, et la responsabilité des distributeurs.

Par ailleurs, dans le cadre de la gouvernance de l'espace aérien urbain en vue des progrès techniques et opérationnels de la MAU et d'une intégration plus poussée dans les concepts de mobilité urbaine, il est obligatoire d'intégrer et de reconnaître les villes et les régions en tant qu'autorités compétentes, en définissant leurs rôles et leurs responsabilités.

L'intégration de l'UAS dans l'espace urbain doit tenir compte des représentants des organisations de développement, de l'industrie, des agences et autres acteurs essentiels lors de l'élaboration des normes, couvrant ainsi un plus large éventail de sujets. Les premières présentations d'organisations de développement normalisées sont attendues entre 2025 et 2035.

Enfin, la gestion du trafic aérien doit modifier les règles, politiques et procédures existantes pour couvrir la perspective opérationnelle, en accueillant les solutions, concepts et modèles innovants de la MAU.



3 LE SEGMENT AÉRIEN DANS LE CADRE DE LA MOBILITÉ URBAINE

3.1 LES PARTIES PRENANTES

Les villes, les industries, les petites et moyennes entreprises (PME), les investisseurs, les chercheurs et autres acteurs de la ville intelligente sont réunis dans le cadre de l'initiative européenne sur les villes et communautés intelligentes (EIP-SCC), qui fait participer le public, l'industrie et d'autres groupes intéressés à l'élaboration de solutions innovantes liées à la gouvernance des villes.

Cependant, les documents de planification stratégique à long terme ne contiennent toujours pas de connaissances essentielles sur l'attitude des citoyens à l'égard du

déploiement de la mobilité, comme en témoigne l'absence actuelle de réglementation et d'infrastructures spécifiques. Les acteurs de la planification urbaine et des transports ont été sollicités pour interagir avec les acteurs de l'aviation et de l'ATM dans les domaines de l'infrastructure énergétique, du financement et des marchés publics afin d'élaborer des recommandations en matière de politique et de planification pour le développement durable des villes européennes et de leurs services de transport compatibles avec le déploiement des services de MAU. Les acteurs et les parties prenantes identifiés figurent au tableau 3.

Tableau 3: Acteurs et parties prenantes et domaines respectifs

Domaine	Acteurs et Parties prenantes
Transport urbain et planification urbaine	<ul style="list-style-type: none"> » Transport (y compris logistique) et opérateurs d'infrastructure » Services urbains intelligents basés sur la MAU » Police et investisseurs privés » Start-up et écosystème local d'innovation » Autorités publiques en matière de protection de l'environnement » Autorités publiques chargées des affaires sociales (cohésion sociale, inclusion sociale, sécurité de l'emploi) » Institutions éducatives » Citoyens/société civile
Aviation et ATM	<ul style="list-style-type: none"> » Opérateurs aéroportuaires » Opérateur de Vertiport » Opérateurs d'aviation générale (loisir et professionnel) » Opérateurs de l'aviation commerciale » U-space/UTM (gestion du trafic urbain) » Opérateurs UAS et MAU » Pilotes UAS » Fabricants UAS » Contrôleur du trafic aérien (ATC) » Prestataire de services de navigation aérienne (ANSP) » Autorités aéronautiques nationales (NAA) » Gouvernement national/régional/local » Autorités militaires et opérateurs militaires.
Infrastructure énergétique	<ul style="list-style-type: none"> » Gestionnaires de réseau/réseau intelligent » Producteurs d'énergie à partir de sources renouvelables » Producteurs d'énergie fossile » Distributeurs d'énergie » Investisseurs » Start-up » Citoyens
Financement et marchés publics	<ul style="list-style-type: none"> » Gouvernement national/régional/local » Fournisseurs d'infrastructures de services » Public et privé » Investisseurs » Citoyens

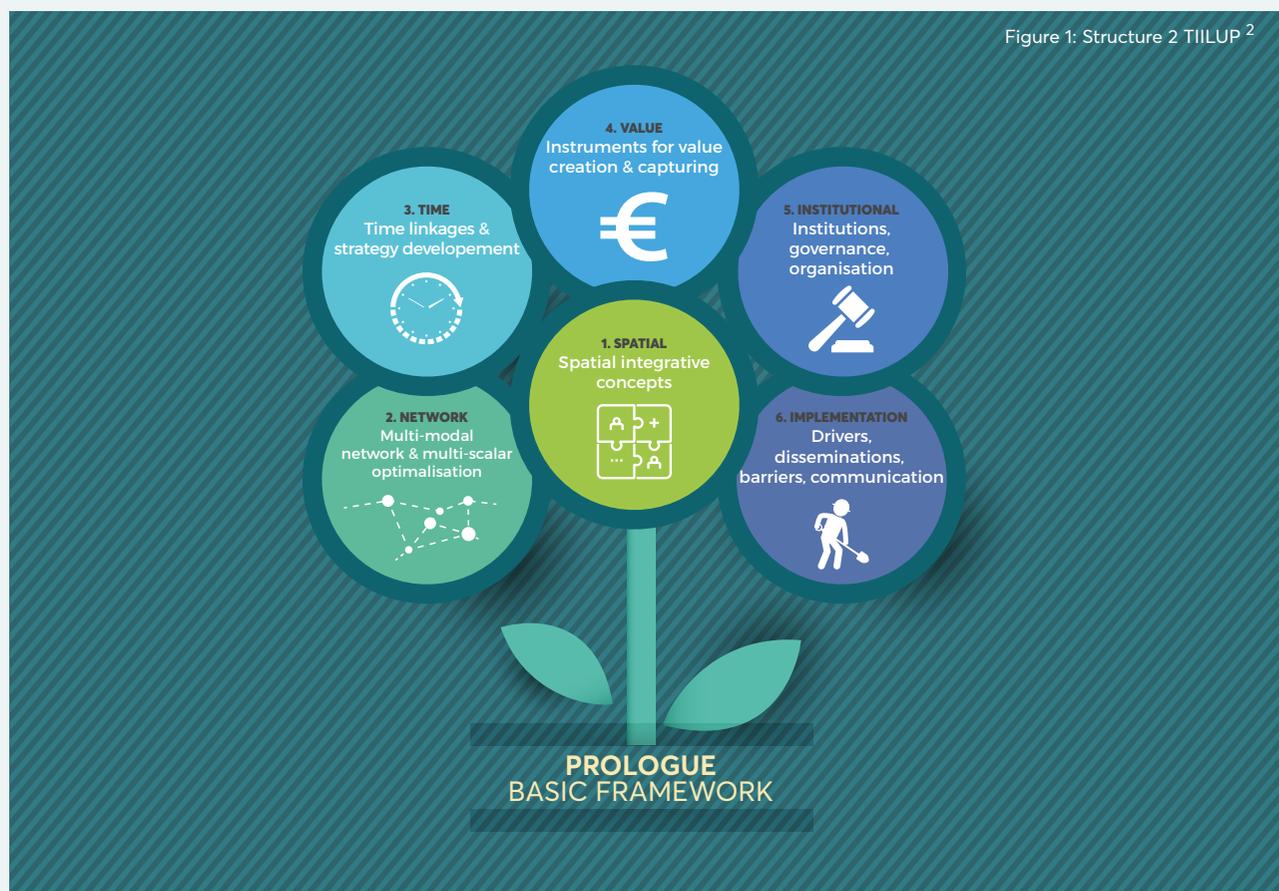
CONTRAINTES OPÉRATIONNELLES

Alors que les technologies de vol ont atteint un haut niveau de préparation (la plupart sont en phase de certification), les villes doivent réaliser des investissements pour adapter les infrastructures existantes et en créer de nouvelles pour accueillir ce nouveau mode de transport. Par ailleurs, certains aspects liés à la réglementation, à la certification, à l'intégration de l'ATM et de l'UTM, à l'environnement et aux services U-Space doivent être traités de manière adéquate pour permettre une mise en œuvre efficace de la MAU dans les villes européennes : gestion des infrastructures et utilisation du sol, approvisionnement en énergie, services U-space, intégration de l'ATM, réglementation et gestion des risques, aspects environnementaux et limites de l'intégration du transport multimodal.

3.2 STRATÉGIES D'INTÉGRATION DURABLE DANS LES ZONES URBAINES

Dans le cadre d'une dimension disciplinaire plus large (Figure 1), l'intégration des concepts spatiaux aux infrastructures et réseaux complémentaires respectifs garantit une intégration transparente de la mobilité avec tous les modes de transport. Par conséquent, pour promouvoir des interfaces physiques intégrées, les solutions suivantes sont nécessaires:

- » Examiner les concepts intégratifs d'agglomération spatiale et de transport (développement axé sur le transport en commun ou corridors multimodaux).
- » Assurer une optimisation du réseau multimodal à différentes échelles spatiales.
- » Changer les paradigmes associés à l'évolution des modes de vie et des liens avec la mobilité et l'accessibilité.
- » Combiner la création de valeur et la capture de valeur dans l'infrastructure combinée et le développement spatial.
- » Tenir compte de la dimension institutionnelle de la gouvernance favorisant la mise en œuvre des moteurs de la planification intégrée pour aborder les obstacles.



² Infrastructure de transport intégrée à l'aménagement du territoire (TIILUP): https://www.nuvit.eu/wp-content/uploads/2018/08/tiilup-scoping-study_dec2013.pdf

4 LA MAU DANS LE FUTUR PROCHE

Dans une perspective à court et moyen terme, il existe une grande incertitude quant à la manière dont l'intégration pourrait se produire. Parallèlement à l'augmentation de la densité de population, les zones urbaines doivent encore fournir des solutions de mobilité pendulaire. Par conséquent, la mobilité aérienne urbaine devra être intégrée au réseau des villes dans une perspective de système global, en garantissant la sûreté et la sécurité, l'acceptation par le public, les systèmes de mobilité réglementaires et organisationnels pertinents, l'intégration du trafic de la MAU dans un environnement de transport urbain multimodal, l'adaptation, l'évolution et l'intégration des infrastructures, ainsi que la durabilité de l'empreinte environnementale globale.

La MAU est destinée à servir dans le créneau spécifique de la post-livraison, des livraisons d'urgence ou des voyages d'affaires et ne sera considérée comme une option intégrée à la mobilité que lorsque les développements technologiques permettront de proposer des prix abordables aux usagers. Par ailleurs, dans la perspective d'une modalité de travail à domicile croissante, les déplacements domicile-travail tendent à diminuer considérablement, et la MAU sera un facilitateur de la prestation de services.

4.1 BESOINS ET ATTENTES EN MATIÈRE DE MOBILITÉ ET DE MAU

Les besoins majeurs de la MAU sont liés à des emplacements et des bâtiments appropriés pour les vertiports, à des niveaux de sécurité similaires à ceux des avions commerciaux et à de faibles niveaux de bruit pour une meilleure acceptation sociale.

Actuellement, le développement des vertiports repose sur des collaborations entre des acteurs expérimentés en matière d'infrastructures et les constructeurs d'avions de MAU (bien que les constructeurs aient également démontré avoir développé certains de leurs concepts). Les vertiports seront des zones facilement accessibles aux clients,

avec des dimensions et un nombre adaptés aux volumes de trafic prévus et de la ville concernée. La connexion au réseau électrique est obligatoire pour les processus de recharge des batteries des avions de la MAU.

Des niveaux de sécurité élevés constituent une condition essentielle des opérations de la MAU. Ainsi, le fait de garantir des normes comparables à celles de l'aviation générale assure l'acceptation sociale de ce nouveau concept de transport. Enfin, le bruit généré par les véhicules constitue un risque important pour l'acceptation du déploiement de la MAU. Par conséquent, pendant toutes les phases d'exploitation, le bruit doit être limité à un niveau bas adéquat et acceptable.

Des attentes positives sont nées de l'acceptabilité sociale de l'utilisation du système de transport de la MAU. En effet, elle permet d'améliorer le temps de réponse en cas d'urgence, de réduire les embouteillages et les émissions au niveau local, de développer les zones reculées, de créer de nouveaux emplois et d'occuper une position de leader sur le marché pour l'Europe, l'Asie et les États-Unis.

Une définition complète du concept d'opérations (ConOps) pour les drones cargo (détaillant l'aire d'atterrissage des drones, le drone cargo, le couloir des drones, les opérations des drones, les services spécifiques à l'UTM et les opérations des drones cargo) a été élaborée, ainsi qu'un ConOps complet pour l'application au transport de passagers décrivant les opérations de la MAU (phases de pré-vol, de départ, en vol, d'approche, d'atterrissage et d'après-vol).

Ces deux documents constituent les lignes directrices pour faire progresser les opérations, avec en commun deux affirmations : l'objectif principal de tout changement dans les cadres réglementaires est toujours de garantir la sécurité de l'espace aérien, et les services de la MAU doivent être flexibles et évolutifs. Le contexte et les hypothèses pour chaque type de drone figurent dans les encadrés de couleur.

HYPOTHÈSES POUR LES DRONES

CARGO

- » Cadre réglementaire dont les principaux régulateurs sont l'UE et les autorités réglementaires nationales.
- » Les paramètres opérationnels et le maintien de la surveillance sont réglementés et établis par les autorités compétentes.
- » Au début, la livraison des marchandises sera uniquement assurée dans des zones appropriées (avec des aires d'atterrissage enregistrées) ; il y aura également des centres de tri des livraisons.
- » Les informations opérationnelles relatives à la livraison de marchandises par les drones seront accessibles à la demande par les autorités de contrôle.
- » Gestion coopérative du trafic effectuée conformément à un ensemble de règles communautaires (CBR) élaborées par la communauté et approuvées par les autorités de contrôle.
- » Les prestataires de services de livraison de marchandises par drone recevront/échangeront des informations pendant les opérations de livraison de marchandises.
- » Les opérateurs de drones se conforment à l'intention partagée et sont conscients de l'objectif des autres opérations à proximité.

HYPOTHÈSES POUR LES DRONES

PASSAGERS

- » Les véhicules de MAU fonctionneront dans un environnement réglementaire où les principaux organismes de réglementation sont la FAA, pour les États-Unis, et l'AESA, pour l'UE.
- » La FAA et l'AESA conservent l'autorité réglementaire et sont chargées de définir les paramètres opérationnels et de maintenir la surveillance.
- » Les opérateurs ne peuvent pas optimiser leurs opérations au détriment de l'optimisation de l'ensemble de l'environnement d'exploitation de la MAU.
- » La gestion coopérative du trafic est menée conformément aux règles communautaires (CBR) élaborées par la communauté et approuvées par les autorités de régulation.
- » Les autorités réglementaires se réservent le droit d'augmenter les exigences de performance opérationnelle des aéronefs individuels afin d'optimiser l'utilisation de la capacité de la structure de l'espace aérien.
- » Les opérateurs recevront/échangeront des informations des prestataires de services de MAU (PSU) pendant les opérations de MAU.
- » Les PSU pourront obtenir des informations de vol UTM via le réseau du prestataire de services UAS (USS), et le réseau USS pourra obtenir des informations de vol de MAU via le réseau des PSU.
- » Les opérateurs de MAU se conforment à l'intention partagée et les opérateurs, via les PSU, sont conscients de la finalité des autres opérations réalisées à proximité.
- » L'intervention des autorités de régulation en matière d'équilibrage de la capacité de la demande (DCB) peut être nécessaire pour soutenir les opérations à mesure que le nombre d'opérations de MAU augmente.



4.2 SCÉNARIO DE BASE - 2025

Ce nouveau système de transport urbain suscite un vif intérêt, notamment auprès des compagnies aériennes et des sociétés de gestion d'aéroports gravement touchées par la pandémie mondiale de COVID-19. Le développement des avions à décollage vertical a atteint un stade avancé, mais les infrastructures (telles que les vertiports) et les technologies de gestion et les réglementations sont encore en cours de développement³. Par conséquent, le scénario de base de la MAU jusqu'en 2025 est axé sur les opérations de transport public en zone urbaine effectuées avec un pilote à bord du véhicule, comme suit :

- » Livraison de marchandises : les livraisons automatisées par drone devraient être en phase de test. Par conséquent, il est prévu que la capacité à tirer pleinement parti des solutions TIC disponibles soit limitée.
- » Transport de passagers : la MAU sans pilote ne devrait pas être disponible en Europe.
- » Opérations de transport de passagers avec équipage au-dessus de zones densément peuplées, non couvertes par les solutions TIC disponibles en raison de l'échelle relativement marginale de l'opération.

4.3 SCÉNARIO INTERMÉDIAIRE – 2030

- » Livraison de marchandises: intégration de l'exploitation de drones cargo dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement - toutes les fonctionnalités sont disponibles (par ex., suivi des expéditions indiquant la position réelle du drone) et optimisation accrue de la durabilité des capacités des opérateurs cargo (réduction de l'empreinte carbone).
- » Transport de passagers: il est prévu que la MAU sans pilote ne soit pas disponible en Europe, et que les opérations de transport public de passagers avec équipage au-dessus des zones densément peuplées soient partiellement intégrées avec des modes limités dans une zone restreinte.

4.4 SCÉNARIO FINAL - 2035

- » Livraison de marchandises : chaîne d'approvisionnement en marchandises entièrement autonome et sans papier pour les itinéraires les plus chargés, entreposage automatisé et chargement/déchargement des marchandises - degré de densité attendu de l'intégration et de la numérisation des transports. Les zones métropolitaines peuplées exigent que les drones cargo opèrent uniquement entre infrastructures terrestres sécurisées dédiées (nœuds).
- » Transport de passagers: le transport aérien autonome de passagers devrait être en phase de test en Europe, mais pas encore totalement intégré. Le transport de passagers sans pilote (en utilisant les technologies de MAU) sera au point en 2050. Les opérations de transport public de passagers avec équipage au-dessus des zones densément peuplées seront entièrement intégrées localement avec des modes limités dans une zone limitée.

D'ICI 2050

Il est raisonnable de supposer que le transport de passagers sans pilote arrivera à son point de maturité en 2050, en raison des aspects d'intégration soulignés par les cas d'utilisation réalisables identifiés comme faisant partie d'un système de transport intégré. Ainsi, la durabilité et l'acceptation sociale de cette mobilité aérienne urbaine peuvent être facilitées.

Grâce à l'expérience acquise dans la conception et la construction des systèmes ATM, les solutions pour les systèmes UTM seront pleinement opérationnelles dans un parcours intermodal, s'appuyant sur les nouvelles technologies et un haut niveau d'automatisation pour gérer efficacement et en toute sécurité l'utilisation croissante des aéronefs sans pilote. Le point critique pour cette période sera l'intégration : physique, réseau, tarifaire (modes de paiement), information et institutionnelle.

Le rôle de la technologie dans les villes du futur sera décisif. L'automatisation, l'électrification, la connectivité et les services télématiques simplifieront la relation entre les moyens, les utilisateurs et le milieu environnant : une refonte innovante des infrastructures.

³ Dans la première phase, avant de passer à une automatisation complète du vol, les opérations seront conduites par un pilote de bord.



5 VILLES PILOTES ASSURED-MAU

Les villes fournissent efficacement des solutions organisationnelles, politiques et innovantes pour surmonter les obstacles à la mise en œuvre réussie de la MAU dans les anciens systèmes et les infrastructures vieillissantes. Ainsi, trois villes d'Europe ont participé à l'élaboration et à l'évaluation de scénarios de déploiement de la MAU dans des cas d'utilisation (UC):

5.1 MÉTROPOLITAIN DE HAUTE-SILÉSIE ET DE ZAGŁĘBIE (GZM - POLOGNE)

Depuis 2018, GZM travaille de manière intensive à la mise en œuvre de la MAU. Actuellement, l'espace aérien urbain est principalement une zone de test. En raison du manque d'alternatives en matière de transport urbain, la MAU représente une option pour soutenir les stratégies urbaines, la gestion des urgences sanitaires, la gestion des risques et la protection de l'environnement. Cependant, l'approche actuelle des gouvernements locaux à l'égard de la perspective d'un espace aérien urbain dominé par le commerce et surréglementé a pour effet de diminuer l'acceptation du public.

La zone métropolitaine de GZM est consciente que la MAU est la troisième dimension de la mobilité urbaine et que les responsabilités liées aux réglementations aériennes feront partie de leur agenda.

GZM est confronté aux défis suivants : fournir des services de transport dans la zone post-industrielle au développement infrastructurel strict et à la forte densité de population au cœur de GZM, rendre ces services accessibles dans les zones rurales éloignées du centre de l'agglomération et construire une mobilité aérienne urbaine durable pour un usage médical - y compris le transport et le suivi médical.

5.2 VILLE MÉTROPOLITAINE DE BARI (MCB – ITALIE)

Le plan de mobilité durable de MCB est axé sur l'accessibilité et l'interconnexion des villes, la réduction de la pollution atmosphérique et la diminution de la consommation d'énergie grâce à la construction d'un terminal d'échange modal à côté de la gare centrale de Bari, qui devrait également intégrer la MAU.

A court terme, MCB encouragera l'utilisation de drones pour soutenir les pompiers et les activités de protection

civile et surveiller les bâtiments. Il est également prévu que les services de livraison de marchandises résolvent les problèmes de logistique urbaine au centre-ville et dans les zones à accès conditionné d'ici 2025/2030. En 2030, MCB proposera vraisemblablement aussi des services de MAU pour les livraisons urgentes aux hôpitaux. D'ici 2035, le déploiement de la MAU pour transporter des passagers à la demande et livrer des marchandises par drones dans des segments à trajets multiples pourrait être une réalité.

5.3 VILLE MÉTROPOLITAINE DE PORTO (MCP – PORTUGAL)

Le contexte économique global de MCP exige une perspective beaucoup plus large lorsqu'on examine l'agenda vert en matière de mobilité.

Porto a déjà mis en œuvre des politiques visant à promouvoir l'utilisation des transports publics terrestres, ce qui ne résoudra pas, à terme, tous les problèmes de mobilité rencontrés par les municipalités de MCP. Par conséquent, en explorant le potentiel de la MAU, MCP escompte ce qui suit:

- » Intégration des opérateurs logistiques depuis l'aéroport et le port pour éviter la congestion croissante des routes;
- » Livraison de médicaments disponibles uniquement à l'hôpital principal du nord du Portugal (dans la ville de Porto) aux municipalités moins peuplées, évitant ainsi les flux de patients vers la zone de l'hôpital principal;
- » Services de surveillance dans les logements sociaux et actions de protection civile, en utilisant des drones pour remplacer le travail humain; et,
- » Améliorer l'interconnexion entre toutes les municipalités de la métropole.



6 CAS D'UTILISATION ASSURED-MAU

Les scénarios de cas d'utilisation les plus pertinents ont été définis sur la base des principaux services de mobilité des marchandises et des passagers de la MAU. La définition des opérations conceptuelles fait référence à tous les acteurs, réglementations et procédures impliqués (tableau 2). Le concept de mobilité aérienne avancée (AAM) est né de l'intégration de cas d'utilisation non spécifiques aux opérations en milieu urbain, tels que l'utilisation commerciale (interurbaine et intra-urbaine), la livraison de marchandises, les services publics et les véhicules privés/de loisirs. Par conséquent, l'AAM examine le plus large éventail de possibilités dans le domaine du transport de passagers et de marchandises dans les zones urbaines et périurbaines, en mentionnant la description de l'efficacité, de la sécurité et du transport écologique des personnes et des marchandises par

VTOL et eVTOL dans le domaine de la logistique dans une nouvelle dimension du réseau de transport urbain. Les cas d'utilisation (CU) les plus probables, qui sont censés être des types d'opérations réalisables à l'horizon temporel, compte tenu du niveau de maturité technologique (TRL) et des réglementations prévues. Les CU diffèrent en termes de type de charge utile, de distance de vol maximale disponible (y compris le retour), de profil de mission, de niveau U-SPACE attendu, de mode de vol, d'échelle d'exploitation, de cadre réglementaire, de gestion des opérations, de configuration et de composants des UAS, et d'infrastructure liée au sol, de solutions TIC et d'aspects d'intégration dans les modes de transport de surface. Les objectifs de déploiement des CU pour chaque scénario temporel sont présentés dans le tableau 4 :

Tableau 4: Synthèse des CU

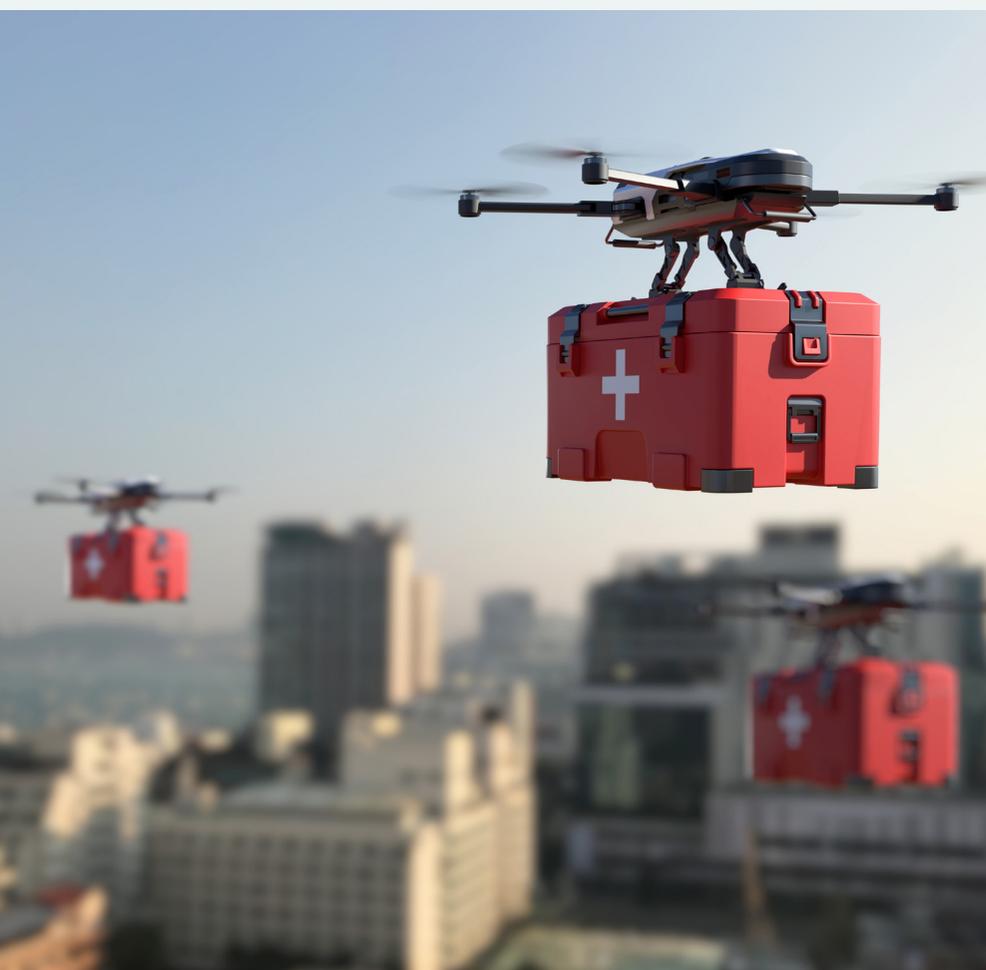
Objectif de déploiement	2025	2030	2035
Définition mission	Petite échelle de marchandises jusqu'à 30 km, supervisé par un homme, plan manuel, vol automatique	Marchandises régulières, jusqu'à 50km, IA supervisée, plan et vol automatiques	Transport personnel spécial et régulier de passagers à petite échelle, jusqu'à 400 km, supervisé par IA+, plan et vol automatiques
Spécification UAS	VTOL	VTOL	VTOL, ULM à ailes fixes
Infrastructure	Public	Public/privé	Sites publics non aménagés



6.1 CU2025|1 – LIVRAISON DIRECTE DU DERNIER KILOMÈTRE

C'est l'un des premiers types d'opérations de transport par drone susceptibles d'être déployés dans les zones urbaines. En raison de sa mission relativement peu complexe, il permet de recueillir les premières expériences nécessaires à des opérations plus sophistiquées et axées sur les besoins réels du marché (livraisons avancées du dernier kilomètre). Dans un premier temps, lors de la mise en œuvre du test, le déroulement des opérations automatisées devrait être supervisé par un opérateur. Opération commerciale simple de livraison locale de petits colis légers d'un point de distribution défini vers des destinations finales, destinée à remplacer les voitures sous-utilisées et les camions légers servant aux livraisons par coursier.

La zone couverte est le centre-ville (fonctions résidentielles et commerciales), les zones résidentielles densément peuplées proches du centre-ville et les zones commerciales de banlieue (l'activité principale devrait se concentrer sur les environnements moins exigeants en matière d'obstacles aériens, de conditions de vol et de contraintes).



Les services logistiques privés sont caractéristiques de la MAU fournie aux petites entreprises (grands centres commerciaux dans les périphéries des banlieues et petites zones d'activités dans le centre ville). Les opérations couvriront le dernier kilomètre de la plate-forme logistique intermodale du centre-ville, comprenant des casiers de dépôt de colis sur le toit de bâtiments publics ou privés ou dans une zone d'espace public spécifique. La zone de terminus des vols n'est pas située dans un espace densément peuplé.

6.2 CU2025|2 – SERVICES PUBLICS POINT-À-POINT

Il exécute des missions de service public hautement prioritaires, dans le cadre d'un partenariat public-privé et sous la direction d'une entité publique, ce qui permet de faire face à des opérations à risque commercial accru justifiées par un intérêt public élevé (par ex., le transport médical de sang, de médicaments, d'échantillons médicaux ou autres charges légères). Les opérations relient directement les points sous gestion publique tels que les hôpitaux, les laboratoires, ou d'autres entités proposant des services publics.

Le CU fournit des soins de santé pour les grands hôpitaux, les campus de santé et les services médicaux locaux (pharmacie, clinique médicale) soutenus par un centre logistique intermodal hospitalier et une hélistation dans une installation de services médicaux locaux située dans une zone à faible densité de population pour le terminus des vols.

6.3 CU2030|3 – LIVRAISON AVANCÉE DU DERNIER KILOMÈTRE

Les livraisons du dernier kilomètre, plus complexes et qui nécessitent des transporteurs plus lourds pouvant livrer plusieurs colis au cours d'une seule mission. Les opérations seront entièrement automatisées, mais elles seront toujours supervisées par un opérateur. Cependant, l'intervention humaine sera nettement moins nécessaire, permettant ainsi de réaliser un plus grand nombre d'opérations.

Vols de centre-ville (fonctions résidentielles et commerciales), zones résidentielles densément peuplées proches du centre ville et zones commerciales de banlieue reliées aux grands centres commerciaux dans

les banlieues et aux petites zones d'activité dans le centre ville par des services logistiques privés basés sur une plate-forme logistique intermodale de centre-ville du dernier kilomètre, des casiers à colis répartis sur le toit de bâtiments publics ou privés, ou dans un espace public ouvert spécifique. La zone de terminaison des vols n'est pas située dans un espace densément peuplé.

6.4 CU2030|4 – POINT À POINT PUBLIC

Le grand intérêt du public pour les tâches prioritaires liées au service public (complexes et exigeant un risque plus élevé, comme le transport médical d'équipements de premiers soins, de sang, de médicaments, d'échantillons médicaux ou d'autres charges légères, directement depuis le site de l'accident ou vers celui-ci, permet de réaliser des opérations plus risquées, qui sont destinées à relier directement des points relevant de la gestion publique tels que les hôpitaux, les laboratoires ou autres entités. Couvre les grands campus hospitaliers et toutes les zones desservies de la ville offrant des soins de santé, la sécurité publique et la gestion des urgences sur la base d'un centre logistique multimodal hospitalier et de tout espace disponible au sol ou sur des bâtiments élevés (s'il répond aux exigences minimales de sécurité pour le décollage et l'atterrissage) dans une zone à faible densité de population (pour le terminus des vols).

6.5 CU 2035|5 – TRANSPORT MÉDICAL DIRECT DE PERSONNES

Les opérations d'essai directes sont supervisées initialement par un opérateur dans une zone métropolitaine unique, permettant le transport médical sans pilote entre les hôpitaux de passagers/patients admissibles, qui ne nécessitent pas d'assistance médicale pendant le vol, fournissant des services de soins de santé entre les grands campus hospitaliers en utilisant les hélicoptères des hôpitaux pour le décollage et la fin de vol. Le CU devrait permettre d'acquérir l'expérience nécessaire pour que des opérations commerciales plus complexes de transport de passagers sans pilote remplacent progressivement les services médicaux d'urgence traditionnels par hélicoptère.

6.6 CU2035|6 – TRANSPORT AÉRIEN PERSONNEL AUTOMATIQUE

Compte tenu des concepts d'aéronefs certifiés et commercialisés en 2035, les véhicules aériens atteignent des zones densément peuplées en partageant l'espace aérien avec le trafic sans pilote. Les aéronefs pilotés ne sont autorisés à pénétrer dans la zone U-SPACE qu'en mode de vol automatique (pilote automatique actif), introduisant ainsi les opérations de transport de passagers entièrement autonomes de demain. Cependant, il n'est pas encore possible de réaliser des opérations sans pilote.

Les opérations, initialement assistées par un pilote humain dans l'aéronef, seront autorisées à décoller et à atterrir de manière automatique dans les aéroports/verports à trafic mixte. Elles seront basées sur un centre de transport multimodal qui comprend des hélicoptères à proximité des gares, des ports et des aéroports, reliés aux transports urbains routiers, ferroviaires et fluviaux pour acheminer les passagers du transport événementiel et touristique vers l'héliport de destination.

6.7 ESTIMATION DU COÛT ENVIRONNEMENTAL ET DE L'ÉNERGIE POUR LES CAS D'UTILISATION ASSURED-MAU

Le coût complet du cycle de vie et l'efficacité énergétique de chaque CU ont été calculés en tenant compte d'une composante d'empreinte environnementale monétisée, en identifiant les sources et en estimant les valeurs des coûts d'investissement, d'énergie, d'exploitation, de retard, d'immobilisation, d'environnement et de fin de vie. Les résultats obtenus des analyses eLCC (coût du cycle de vie environnemental) pour tous les cas d'utilisation ont fourni des informations capitales sur les domaines qui devraient être pris en compte par les décideurs, ainsi que par les fournisseurs et les exploitants de MAU en termes d'indicateurs de performances clés (KPI) en termes de coûts selon les critères de neutralité climatique, de durabilité, d'efficacité et d'aspects sociaux.

La prise de conscience croissante des coûts externes générés par le transport, stimulée par la stratégie du Green Deal de la Commission européenne, peut sans aucun doute être identifiée comme l'une des principales justifications de ce type d'approche. En effet, elle permet de comparer les coûts des transports urbains et périurbains en donnant

une image précise, axée sur l'environnement, et de jeter les bases d'un futur système de haut niveau, durable et neutre sur le plan climatique, entièrement intégré et hiérarchisé, dans lequel la MAU jouera un rôle décisif.

Dans l'hypothèse d'une situation économique favorable, d'autres coûts - liés à l'accessibilité de l'espace aérien, au niveau insatisfaisant d'intégration de l'ATM, à la lourdeur du processus de certification, à la lenteur ou à l'absence de progrès des options de motorisation, aux failles de la cybersécurité, au faible (ou à l'absence de) degré d'automatisation - pourraient réduire la rentabilité. En outre, même si les contribuables finissent par penser que la MAU est sûre et abordable, certains groupes bloquent souvent toute forme d'amélioration (ou d'activité) dans leur environnement local. Ces fameux groupes NIMBYs - Not In My Backyard (Pas chez moi) pourraient faire croître rapidement les coûts de développement (ou d'amélioration) de l'infrastructure et des opérations de la MAU au-delà d'un niveau raisonnable.

Quel que soit le type d'opération - passagers ou cargo - la règle générale selon laquelle "plus la demande est forte, plus les coûts unitaires sont faibles" vaut également pour les services de MAU.

Sans aucun doute, la principale contribution financière aux opérations de MAU doit être apportée au stade initial, lorsque la totalité de l'infrastructure et des avions doit être achetée. Ce coût varie de 3,5 millions d'euros pour le transport de petites marchandises à 12 millions d'euros pour le transport de passagers.

Dans la phase opérationnelle de la MAU, où figurent les coûts de l'énergie, de l'exploitation, des retards et des temps

morts, de l'environnement et de la fin de vie, les dépenses d'exploitation représentent près de 99 % de tous les coûts identifiés. En chiffres, cette catégorie de coûts va de 471 000 EUR/an pour le transport de petites marchandises à près de 2,5 millions EUR/an pour le transport de passagers. Les sous-catégories dominantes dans les vols de fret de petite/moyenne taille sont les coûts des vols, les dépenses administratives générales et les coûts d'amortissement. En revanche, dans les vols de passagers et de gros fret, l'impact accru des frais est associé aux coûts des vols et des services aux passagers (pour les vols de fret, il s'agit du chargement/déchargement des colis).

Les coûts énergétiques varient de 300 EUR/an à 26 000 EUR/an. Il convient de rappeler que la majeure partie de ces coûts est liée à la consommation d'énergie de l'avion pendant le vol, tandis que le reste est destiné aux infrastructures au sol. De plus, le coût énergétique est fortement corrélé à la distance parcourue et à la taille de l'avion - plus le vol est long et plus l'avion est grand, et plus le coût énergétique est élevé.

Les retards sont une autre source de coûts pour les fournisseurs et les opérateurs de MAU. Ceux-ci peuvent entraîner jusqu'à 45 000 EUR/an de remboursements pour les destinataires de colis et jusqu'à 900 EUR/an pour les passagers. Selon la taille de l'avion et la distance parcourue en une seule opération, les coûts environnementaux totaux peuvent varier entre 1 000 euros/an pour le transport de petites marchandises et jusqu'à 8 000 euros/an pour le transport de passagers. Les redevances d'émission de carbone contribuent le plus à ces coûts. Toutefois, le coût de la fin de vie (recyclage) est relativement faible par rapport aux autres dépenses. Le coût annuel varie entre 128 EUR/an et 564 EUR/an, en corrélation avec le nombre d'appareils disponibles et leur durée de vie.

Dans le cadre de la rentabilité des opérations de MAU, le ratio de convoyage constitue un élément d'information de grande valeur pour tous les prestataires de MAU dans le domaine du transport de passagers. En raison du repositionnement des avions nécessaire en cas d'indisponibilité dans un vertiport donné, les 20% supposés de toutes les opérations peuvent ne pas être monétisés, ce qui réduit le bénéfice net des prestataires de MAU.



7 LES DÉFIS DE LA MISE EN ŒUVRE DES SERVICES DE MAU EN EUROPE

La MAU requiert la capacité de contrôler et de synchroniser les activités de logistique, en déployant des véhicules volants et en développant tout un écosystème autour d'eux : passagers, avions et mécanismes de soutien dans un environnement de transport multimodal très complexe.

La croissance de la mobilité partagée, des services à la demande et des modèles de paiement à l'usage au cours des dernières années a remis en question la technologie traditionnelle prévue jusqu'alors. Par ailleurs, la profusion de nouvelles données sur les préférences en matière de mobilité et la tarification permettra aux prestataires de services de mobilité d'anticiper la demande de MAU, de donner la priorité aux corridors les plus attrayants, de gérer l'efficacité des réseaux et d'intégrer les différents modes de transport.

Par ailleurs, les infrastructures représentent une contrainte majeure pour la MAU. Elles sont essentielles pour transformer la logistique du dernier kilomètre et la mobilité des personnes, améliorer la durabilité environnementale, la circulation et l'efficacité de l'ensemble de l'activité urbaine.

7.1 OBJECTIFS ET ATTENTES DES PARTIES PRENANTES

La collaboration entre les différentes parties prenantes (par ex. les acteurs traditionnels, les start-up, les organismes publics ou les organismes de recherche) est essentielle pour que le grand public puisse saisir les avantages sociaux de la MAU et sa viabilité d'un point de vue commercial. Les prestataires et les exploitants d'infrastructures, les sociétés immobilières, les exploitants de plates-formes de transport et les détaillants ont un rôle important à jouer dans la construction des fondations du futur paysage de la MAU. Ces acteurs ont un rôle déterminant à jouer dans l'avenir de la mobilité urbaine, qu'il s'agisse de réaménager des zones urbaines, de réaffecter des bâtiments actuels ou de construire des infrastructures de MAU en partant de zéro.

L'inclusion d'acteurs "actifs" permet d'identifier et de partager les besoins et les exigences qui légitiment les voies empruntées et les décisions, en faisant remonter à la surface les questions qui méritent d'être étudiées. Par conséquent, le comité consultatif élargi (EAB) d'experts



d'ASSURED MAU a été consulté par le biais d'enquêtes, d'entretiens et d'ateliers. Les enquêtes visaient à recueillir des impressions et des ressentis préalables pour anticiper la MAU, sans être biaisées par la présentation des cas d'utilisation de la MAU. Les entretiens ont porté sur les thèmes du financement et de l'acceptation par le public, des contraintes opérationnelles et de la validation des composants du système LCC, afin de trouver une explication aux résultats de l'enquête en ligne. Enfin, au cours de l'atelier, les avantages, inconvénients, lacunes et suggestions des cas d'utilisation proposés ont été débattus.

L'EAB a été divisé en trois groupes thématiques cités ci-dessus, variés et étendus, couvrant tous les types d'organisations potentiellement impliquées dans le déploiement de la MAU:

- » Industrie de la fabrication et de la maintenance
- » Industrie des infrastructures
- » MAU/ Opérateur aérien Industrie
- » Organisme de recherche
- » Institutions publiques, réseaux et associations de citoyens impliqués dans la stratégie, la politique et l'élaboration de règle.

Les 83 membres de l'EAB (41 pour le groupe thématique "Stratégie, financement et acceptation publique", 22 membres pour les "Contraintes opérationnelles", et 12 membres pour les "Composants du système LCC") représentent les 15 États membres de l'UE, les États-Unis (Université de l'Ohio), Israël (ville de Yerouam) et 5 organismes et réseaux européens (niveau supranational).

7.2 ANALYSE DES PARTIES PRENANTES DE L'eLCC MAU

Du point de vue de l'urbanisme, la mise en œuvre de la MAU nécessite des espaces physiquement conçus et utilisés qui fournissent des services numériques et de l'électricité pour les demandes énergétiques. Par conséquent, le dialogue et la collaboration entre les entités juridictionnelles et de transport, les autorités de planification urbaine, les organismes communautaires, les ONG et les acteurs du secteur privé sont essentiels pour développer une politique cohérente autour de la MAU.

Les législateurs doivent définir un cadre permettant de ne pas étouffer l'innovation tout en répondant aux préoccupations essentielles que sont la sécurité des passagers et le respect de la vie privée. La réglementation

de l'ensemble de l'écosystème de la MAU doit être conçue pour faire en sorte que les "voitures volantes" deviennent une réalité. Outre un cadre solide régissant les exigences de sécurité liées à l'augmentation du trafic aérien, les réglementations relatives à la conception des véhicules de MAU, à la durabilité, à l'interopérabilité, à la sécurité et à la confidentialité des données doivent être harmonisées au cours des prochaines années. La réglementation secondaire sur la réduction de la pollution sonore et les mesures opérationnelles préventives est également essentielle en fonction de l'échelle à laquelle la MAU est déployée dans les villes.

D'autres facteurs essentiels sont l'acceptation sociale des passagers et la propension économique à payer pour ce type de services. L'acceptation et la confiance dans la technologie autonome et ses systèmes de sécurité correspondants favoriseront le déploiement à grande échelle des solutions de MAU. À l'échelon communautaire, les idées préconçues selon lesquelles la technologie autonome risque de faire disparaître des emplois pourraient constituer un obstacle. Les questions environnementales, principalement les préoccupations relatives à la pollution sonore et à l'esthétique de la ville, pourraient également entraîner une résistance à l'acceptation des eVTOL.

D'un point de vue économique, le prix du trajet offert par les sociétés d'exploitation et les coûts d'opportunité associés à ce prix constituent un facteur déterminant de l'ampleur de l'adoption des services de MAU.

7.3 LA MAU EN TANT QUE COMPOSANTE D'UN SYSTÈME DE TRANSPORT MULTIMODAL ET SES PERSPECTIVES D'AVENIR

L'intégration des transports est un processus organisationnel par lequel les éléments de planification et de mise en œuvre du système de transport sont réunis entre les modes, les secteurs, les opérateurs et les institutions afin d'accroître les avantages nets pour l'environnement et la société. Les principaux impératifs du développement de systèmes de transport intégrés sont une interface physique entre les modes, une intégration opérationnelle entre les modes, une intégration des services - tarif commun, système de billetterie, etc.

Bien que l'intégration des infrastructures physiques contribue à une mobilité sans rupture, elle ne garantit pas à elle seule sa mise en œuvre. Seule une intégration

opérationnelle entre les modes peut permettre d'atteindre un objectif de ce type.

L'intégration du segment du transport vertical aux systèmes de mobilité traditionnels dans les environnements urbains et périurbains n'a pas été mise en œuvre à l'échelle globale du concept de mobilité, ce qui rend difficile l'extrapolation d'hypothèses ou de conclusions à partir des rares exemples existants dans le monde.

L'intégration du service est encore plus difficile. Par exemple, lorsque la MAU est utilisée pour relier des zones périphériques difficilement accessibles par d'autres moyens (par ex., en Norvège), dans ces conditions, l'exploitation du service doit être financée puisque le service doit être équivalent au transport public.

L'intégration de la mobilité aérienne urbaine dans le champ de la mobilité terrestre, bien qu'il s'agisse d'une tendance émergente, dépend encore entièrement de facteurs tels que l'âge de la population, l'évolution des stratégies nationales qui favorisent le déploiement parmi les navetteurs, le bien-être de la population et les questions de sécurité.

7.4 ACCEPTATION PAR LA POPULATION

L'acceptation par la population est étroitement liée aux avantages perçus et aux répercussions sur la qualité de vie, la santé, le bien-être social et économique. Elle a été abordée dans le cadre d'un processus co-créatif impliquant les points de vue des différentes parties prenantes.

De nombreux obstacles doivent être surmontés pour que les véhicules de MAU soient largement acceptés par la société. Les préoccupations relatives aux nuisances publiques et à la pollution ambiante, les restrictions d'utilisation, le respect de la vie privée, la sûreté, la sécurité, les capacités, les facteurs économiques et réglementaires doivent être pris en compte. Les préoccupations relatives à la vie privée sont liées au fait que les drones sont équipés de caméras vidéo en direct, qui pourraient être utilisées pour espionner et collecter des informations personnelles. Les préoccupations en matière de sécurité découlent de la possibilité de dysfonctionnements, d'accidents, de dommages ou de dégâts causés à des personnes, à d'autres aéronefs ou à des bâtiments.

La sécurité concerne également la livraison de colis en toute sécurité dans des scénarios de livraison

généralement associés à des activités criminelles telles que le piratage et le détournement de drones ou leur utilisation à des fins criminelles. Des liens de communication et des plateformes de données sécurisés sont essentiels pour garantir que seules les personnes autorisées puissent accéder aux données sensibles. En revanche, la technologie de géofencing permet de s'assurer que les drones volent uniquement dans l'espace aérien qu'ils peuvent traverser.

Des solutions innovantes doivent relever ces défis afin d'accroître la fiabilité et la disponibilité des fonctionnalités et de la sécurité fonctionnelle et de réduire les coûts et la consommation d'énergie.

L'industrie tente d'établir la stratégie de déploiement la plus probable, limitée ou contrainte, en fonction de ce qui sera confirmé par l'acceptation de la part des villes et des citoyens. Du point de vue des villes, l'intégration de la MAU aux objectifs environnementaux fixés par l'Union européenne représente un défi considérable. De plus, les villes doivent incorporer une nouvelle couche fonctionnelle dans un espace rare et apprécié à sa juste valeur : les espaces publics.

Toutes ces activités seront façonnées par la perception de la population à l'égard du nouveau mode de transport et des infrastructures et systèmes correspondants. Cependant, à ce stade, les perceptions et les intérêts des principales parties prenantes sont difficiles à intégrer (compte tenu de l'incertitude qui règne sur le sujet).

Le déploiement de la MAU peut évoluer dans des niches spécifiques pour lesquelles l'acceptation par la population pourrait être positive, comme l'utilisation de drones ou/et d'avions pour les services d'urgence. En revanche, d'autres utilisations plus fréquentes, dont le bénéfice perçu pour le bien public est moindre, comme les applications de livraison, les drones ou/et les avions, devraient susciter une plus forte opposition. En outre, plus le dispositif est grand et lourd, moins il a de chances d'être accepté en raison du bruit escompté, de l'intrusion visuelle et, surtout, de la perception de la sécurité.

Pour l'instant, ni l'industrie ni les villes ne prévoient de stratégie pour internaliser les coûts de ces externalités imposées à la société. Enfin, et toujours avec un niveau significatif d'incertitude, se pose la question de l'accessibilité financière des services. Dans le cas des marchandises de moindre valeur, la question de savoir si elles doivent être transportées par voie aérienne ou le montant que les clients seraient prêts à payer pour

ce type de système n'est pas encore tranchée. Dans le cas des "taxis aériens" pour le transport de passagers, il est probable que la population ait plus de mal à accepter ce mode de transport.

7.5 NIVEAU D'ACCESSIBILITÉ FINANCIÈRE

Un niveau significatif d'incertitude plane encore sur le thème de l'accessibilité financière à la MAU. Par conséquent, l'accessibilité financière peut être abordée sous différents angles, en fonction du modèle économique adopté pour le déploiement de la MAU et de la politique de la ville en matière de

mouvements aériens.

À court terme, on peut s'attendre à des livraisons de colis avec un faible niveau de mise en œuvre dans les zones urbaines. L'industrie peut soutenir l'investissement initial dans le cadre d'une stratégie de pénétration du marché et pas nécessairement comme une activité lucrative avec une grande marge bénéficiaire.

À moyen et long terme, lorsque le niveau des opérations est appelé à augmenter et les processus respectifs à devenir plus complexes, il est obligatoire de relier le modèle commercial choisi à l'acceptation publique et aux plans de développement des villes. Si les villes ont une vision de la MAU comme solution de transport plus propre, les subventions publiques sont susceptibles de favoriser le modèle économique.



Cependant, les attentes concernant les récentes impositions de limitations environnementales sur les véhicules de transport terrestre et les forts mouvements des citoyens sont défavorables à toute solution qui entraîne des nuisances sonores et visuelles. Par conséquent, la possibilité de subventionner la MAU semble complexe et peu probable, sauf dans des créneaux spécifiques, tels que le transport lié à la santé et les liaisons depuis les régions montagneuses éloignées et les zones similaires.

L'émergence des véhicules autonomes dans le transport routier, notamment dans le cadre du covoiturage, risque de compliquer la question de l'accessibilité financière de la MAU. Les véhicules autonomes contribueront à réduire les coûts opérationnels des solutions de mobilité terrestre. Cela deviendra une réalité à court terme, et la compétitivité de la MAU par rapport à cette option constituera un défi à relever.

L'incertitude entourant les modèles commerciaux a des conséquences sur la pertinence du thème de l'accessibilité financière. Initialement, le prix abordable peut jouer un rôle pertinent dans la prise de décision des utilisateurs vers des niches spécifiques telles que les navettes d'aéroport. D'autre part, le caractère abordable n'est pas forcément déterminant pour que les utilisateurs choisissent cette option pour les déplacements de luxe en taxi aérien ou interurbain. Ainsi, l'option de la MAU sera probablement considérée comme une option qui existe et qui est disponible pour ceux qui peuvent se la permettre. Les actions et les caractéristiques de la demande d'opérations influenceront l'acceptation du public envers ces solutions.

7.6 INSTRUMENTS DE FINANCEMENT

En raison du coût élevé des travaux pilotes et de démonstration, seul un budget limité a pu être alloué à la mise en œuvre expérimentale de changements ou de services d'essai, ce qui a constitué une restriction à l'exploitation du potentiel de ces actions. Cette perception est partagée par les villes métropolitaines de Bari et Porto, qui sont réceptives à la mobilité aérienne urbaine et ont récemment rejoint la Communauté des villes de l'initiative MAU

(UIC2) de l'EIP-SCC. Néanmoins, les villes ont dû faire face à des restrictions financières pour mener des projets pilotes et des ateliers de sensibilisation visant à améliorer l'acceptation sociale.

Les villes suivent les programmes de financement européens pour comprendre comment introduire le nouveau concept de mobilité aérienne dans la ville. Jusqu'à l'automne 2021, la mobilité aérienne urbaine (MAU) était explicitement mentionnée dans le thème des actions de recherche et d'innovation HORIZON-CL5-2022-D5-01-13: les technologies aéronautiques numériques au service des nouveaux modèles commerciaux, des services, des menaces mondiales émergentes et de la compétitivité industrielle (HORIZON-CL5-2022-D5-01-13), pourraient contribuer à transformer les technologies aéronautiques numériques qui permettront de nouveaux modèles commerciaux et produits européens ayant un impact minimal sur l'environnement et la compétitivité ; transformer l'aviation numérique, les technologies spatiales et les UAS.

Dans les programmes Horizon Europe, il y a un manque d'opportunités concernant une forme de mobilité nouvelle et innovante comme la MAU ; c'est à dire, dans l'appel à projet (Solutions propres et compétitives pour tous les modes de transport (HORIZON-CL5-2022- D5-01)), la mobilité aérienne est en concurrence avec d'autres modes de mobilité/transport.

De plus, les nouveaux projets doivent présenter un niveau de préparation technologique de 7-8, ce qui signifie que la technologie doit être testée, "qualifiée pour le vol" et prête à être mise en œuvre dans une technologie ou un système technologique existant. Cela implique que la proposition de recherche doit être élaborée à l'aide d'une plate-forme encore en cours de développement pour la MAU.

8 CONNAISSANCES ACQUISES PAR ASSURED-MAU DANS LES VILLES PILOTES

Pendant les essais réalisés dans les villes pilotes, il a été possible de comprendre les impacts locaux du déploiement de la MAU. Par conséquent, les villes sont conscientes de leur rôle dans la mise en place de services de MAU en fonction des besoins et des préférences de leurs citoyens.

Les acteurs urbains se considèrent co-créateurs de services, mais ils ont aussi une réelle influence sur la portée et la localisation des opérations de MAU/U-space. Cette influence devrait également s'appliquer aux décisions relatives aux infrastructures et aux instruments nécessaires pour atténuer les risques et les actions indésirables.

L'implication, l'engagement et la participation du public ont été les sujets mis en avant pour déployer la MAU. Les problèmes sont liés au choix de mener l'initiative dans un quartier urbain à forte densité de population, ce qui a entraîné des difficultés de gestion, résolues par la création d'une zone contrôlée au sol pour assurer la sécurité des opérations aériennes dans le MCB. La participation et l'acceptation du public ont été citées comme des questions essentielles dans les projets liés à la MAU dans le MCP, qui a déclaré que sans participation et acceptation suffisantes du public, tout programme de MAU socialement bénéfique pourrait échouer. En effet, les capacités, et les services innovants des solutions de MAU, démontrés dans le monde réel à un large public, ont permis de susciter un grand intérêt auprès des participants et des citoyens en général. La participation des citoyens et des parties prenantes à chaque étape de la planification et de la mise en œuvre

de la mobilité urbaine est également mise en avant dans le GZM, dont le cas pilote portait sur le transport des soins médicaux.

Par conséquent, les conclusions générales suivantes ont été tirées des projets pilotes des villes :

- » Engager les autorités locales, les experts des villes, les utilisateurs finaux et les clients - dans le processus de développement de services publics majeurs en fonction de leurs besoins ;
- » Coopérer avec les parties prenantes locales, centrales et internationales de l'écosystème de la MAU, y compris les secteurs public et privé, sur les cadres juridiques et technologiques;
- » Participer à des pilotages et des démonstrations;
- » Communiquer de manière simple et visible afin d'augmenter l'acceptation et le niveau de confort des habitants;
- » Lancer et coordonner un débat public dans lequel les avantages et les défis potentiels de la MAU sont discutés de manière impartiale et transparente;
- » Co-créer une simulation, en mettant l'accent sur les cas d'utilisation qui servent le bien public avec différents groupes de parties prenantes sous diverses formes;
- » Proposer au public des expériences de drones, de taxis aériens et leurs caractéristiques (services pilotes de MAU dans des laboratoires vivants ;
- » Entretenir une coopération permanente entre les différentes autorités pour encadrer la manière dont la MAU sera intégrée à la mobilité et à la planification urbaine;
- » Tirer parti des connaissances transmises par les villes dans les projets où les municipalités jouent un rôle actif.



9 RESSOURCES DE SOUTIEN

Ce document a été élaboré à partir des résultats publiés par le projet ASSURED-MAU «Recommandations en matière d'acceptation, de sécurité et de durabilité pour un déploiement efficace (H2020 GA No 101006696). Pour plus d'informations, veuillez consulter <https://assured-uam.eu/public-deliverables/>. Les détails techniques spécifiques sont disponibles dans les rapports dédié⁴:

D1.1	Rapport de révision de l'état de préparation technologique
D1.2	Rapport sur le cadre réglementaire
D1.3	Rapport sur les stratégies d'intégration de la mobilité urbaine
D1.5	Définition finale de ConOps
D2.1	Rapport sur la stratégie de déploiement de la MAU
D2.2	Rapport sur les contraintes opérationnelles
D2.3	Rapport d'estimation de la MAU eLCC+E
D2.4	Financement et acceptation par le public
D2.5	Scénarios possibles pour la MAU dans le futur système intégré de mobilité urbaine
D2.6	Scénarios définitifs pour la MAU dans le futur système intégré de mobilité urbaine
D3.1	Plan d'implication des parties prenantes
D3.2	Rapport de consultation des parties prenantes
D4.1	Normes et recommandations pour les composants de la MAU
D4.2	Normes et recommandations en matière de politique et d'urbanisme
D5.1	Cas Métropole GZM MAU
D5.2	Cas Métropole Bari MAU
D5.3	Cas de la zone de la métropole de Porto MAU
D5.4	Conclusions et observations sur le processus de mise en œuvre

10 ABRÉVIATIONS

AAM	Mobilité aérienne avancée
ANSP	Prestataire de service de navigation aérienne
ATC	Contrôleur du trafic aérien
ATM	Gestion du trafic aérien
CAGR	Taux de croissance annuel composé
CBRs	Règles basées sur la communauté
D2D	Porte-à-porte
DCB	Autorités de régulation Demande Capacité Équilibrage
AESA	Agence européenne pour la sécurité aérienne
EIP-SCC	Initiative européenne sur les villes et communautés intelligentes
eLCC	Coût environnemental du cycle de vie
eVTOL	Décollage et atterrissage vertical électrique
FAA	Administration fédérale de l'aviation USA
GZM	Métropole de Haute-Silésie et de Zagłębie - Pologne
TIC	Technologies de l'information et de la communication
IoT	Internet des objets
KPI	Indicateurs clés de performance
MCB	Ville métropolitaine de Bari - Italie
MCP	Ville métropolitaine de Porto - Portugal
NAA	Autorités aéronautiques nationales
PSUs	Prestataires de services
PME	Petites et moyennes entreprises
TRL	Niveau de préparation technologique
MAU	Mobilité aérienne urbaine
UAS	Système aérien sans pilote
CU	Cas d'utilisation
UIC2	Communauté des villes de l'initiative de MAU
USS	Fournisseur de services UAS
USSP	Prestataires de services U-space
UTM	Gestion du trafic urbain

⁴ Les livrables confidentiels ne figurent pas dans la liste.

CONSORTIUM ASSURED-UAM



Łukasiewicz Research Network – Institute of Aviation, Ł-ILOT, Poland,
www.ilot.lukasiewicz.gov.pl



Centro Italiano Ricerche Aerospaziali, CIRA, Italy,
www.cira.it



Centre of Engineering and Product Development, CEiiA, Portugal,
www.ceiia.com



Institute for Sustainable Society and Innovation, ISSNOVA, Italy,
www.issnova.eu



Distretto Tecnologico Areospaziale, DTA, Italy,
www.dtascarl.org



Górnśląsko-Zagłębiowska Metropolia, GZM,
www.metropoliagzm.pl



Royal NLR – Netherlands Aerospace Centre, NLR, The Netherlands,
www.nlr.nl



ACCEPTANCE SAFETY AND SUSTAINABILITY
RECOMMENDATIONS FOR EFFICIENT
DEPLOYMENT OF UAM

www.assured-uam.eu