



Véhicules VTOL électriques et hybrides pour une mobilité aérienne

Quels challenges ?

Université de Technologie de Compiègne – 20/03/2019

Claude Le Tallec

ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB

retour sur innovation

Aéronef VTOL à propulsion électrique distribuée (e-VTOL), une nouvelle ère de l'aviation ?

Deux indices :

1. En février 2018, la société "Bell Helicopter" a été rebaptisée "Bell" et a adopté un logo avec une libellule (dragonfly)



"The dragonfly can take off and land wherever it wants, fly quickly and efficiently in any direction, and hover at will. It represents the mastery of flight, something Bell strives to achieve."

2. En avril 2018, la vénérable American Helicopter Society (AHS), fondée en 1943, est devenue la "Vertical Flight Society", nom commercial pour AHS, en gardant un colibri dans son nouveau logo



*Vertical Flight Society to Highlight **Electric VTOL Revolution** at Heli-Expo 2019*

World eVTOL Aircraft Directory Adds 150th Aircraft Listing

Mobilité aérienne urbaine, d'où vient l'engouement actuel ?

Europe

- Activité « Pioneering the air transport of the future » dans le programme de recherche FP7 (2007) à la suite des conclusions de l'initiative « Out of the Box » financée en 2006 (ACARE)
- Concepts créatifs identifiés et évalués en fonction de leur faisabilité en termes d'acceptation par le client, d'économie, d'efficacité et de maturité technologique



Mobilité aérienne urbaine, d'où vient l'engouement actuel ?

Europe

- Nombre limité d'idées identifiées comme présentant le meilleur potentiel pour réaliser des changements radicaux
- Etude générique d'un système européen de transport aérien personnel (EPATS) lancée en janvier 2007
- Projet d'avion personnel PPlane coordonné par l'ONERA et associant 13 partenaires européens lancé en 2009
 - Aéronefs VTOL non retenus (acceptabilité sociale en milieu urbain)
 - Système de transport aérien personnel, à base d'aéronefs électriques entièrement automatisés
 - Aéronefs opérés au moyen d'une infrastructure au sol dédiée et spécifique (périurbaine)
- Projet d'aéronef VTOL myCopter coordonné par le Max Planck Institute et associant 6 partenaires européens lancé en 2011
 - Approche intégrée permettant de créer un premier système de transport aérien personnel viable basé sur des VTOL
 - Déplacements domicile-lieu de travail + vols à basse altitude en milieu urbain
 - PAV totalement ou partiellement autonomes
 - Pas de contrôle de la circulation aérienne

Mobilité aérienne urbaine, d'où vient l'engouement actuel ?

Europe : Projets d'aéronefs personnels PPlane et myCopter

- PPlane conclu à Bruxelles en octobre 2012 par la conférence commune USA/Europe "Comment préparer l'avenir" sur les systèmes d'aéronefs personnels
- Le concept PPlane n'est pas de la science-fiction (avancées liées aux efforts en cours pour rendre les aéronefs télépilotés ou drones sûrs)
 - Propulsion électrique distribuée
 - Automatisation avec "télépilotage" depuis le sol
 - Automatisation de la gestion du trafic
- myCopter (fin en 2014) : résolution de problèmes pour définir un système de transport aérien personnel utilisable par tous :
 - interface homme-machine (IHM) efficace et formation de pilotes/passagers
 - comportement automatique complet ou partiel d'un véhicule
 - impact social et économique d'un PAV et acceptation par la société en général



Mobilité aérienne urbaine, d'où vient l'engouement actuel ?

USA

- Octobre 2010 : Conférence «Aviation Unleashed» (L'aviation débridée) co-parrainée par le National Institute of Aerospace américain et la NASA Langley
 - «Explorer les frontières de l'imaginable en aviation : ce que les révolutions technologiques émergentes pourraient permettre à la société et à l'aviation »
 - Equipes PPlane et myCopter invitées
 - Analyse des évolutions technologiques et des orientations sociétales et identification de l'existence d'une confluence de trois évolutions et orientations majeures
 - Deux évolutions technologiques (automatisation et propulsion électrique distribuée)
 - Une nouvelle demande liée aux comportements des Millennials dans le cadre d'un recalibrage global de l'espace commercial du transport de voyageurs
- Conclusion de la conférence

Les technologies existantes sont en mesure d'augmenter considérablement l'utilisation de l'espace aérien en assurant le fonctionnement sûr, productif et efficace d'aéronefs ayant divers niveaux d'automatisation et utilisés soit à la demande, soit à horaire fixé à l'avance

Les travaux UBER

Contexte

Publication du White paper "*Fast-Forwarding to a Future of On-Demand Urban Air Transportation*" en **octobre 2016** :

"Imaginez que vous veniez de la Marina de San Francisco pour aller travailler au centre-ville de San Jose. Ce voyage prendrait normalement près de deux heures par voie terrestre et seulement 15 minutes par voie aérienne"

"Uber compatit à la douleur ressentie par les citoyens lors de leurs déplacements en ville dans le monde entier. Nous estimons qu'aider à résoudre ce problème est au cœur de notre mission et de notre engagement envers notre base de clients"

- Infrastructure pour supporter un réseau d'aéronefs à décollage et atterrissage verticaux (VTOL) plus économique que les routes, rails, ponts et tunnels
 - Vertiport (plusieurs pads avec possibilité de recharge) et Vertistop (1 pad, infrastructure minimale)
 - Installation sur toits de garage ou d'immeuble, sur échangeurs d'autoroute
 - Utilisation d'héliports/aérodromes existants

Les travaux UBER

Ce qui rend le concept possible

- Progrès technologiques : ils rendent possible la construction d'une nouvelle classe d'aéronefs VTOL, les "e-VTOL"
- Plus d'une douzaine d'entreprises, avec autant d'approches de conception différentes, travaillent avec passion pour faire du concept e-VTOL une réalité
- Alternative à l'hélicoptère classique bruyant, inefficace, polluant et coûteux pour une utilisation à grande échelle ("*Helicopters don't fly, they beat the air into submission.*")
 - Emissions polluantes : Aucune en opération avec la propulsion électrique
 - Bruit :
 - Les e-VTOL seront **probablement** assez peu bruyants pour opérer dans les villes sans déranger le voisinage
 - À l'altitude de vol, le bruit des véhicules électriques sera **à peine** audible.
 - Même pendant le décollage et l'atterrissage, le bruit sera **comparable au bruit de fond** existant
 - Sécurité : Concepts e-VTOL nettement plus sûrs que les hélicoptères d'aujourd'hui
 - Multiples redondances aux niveaux sustentation et propulsion
 - Risque d'erreurs humaines réduit par une automatisation très poussée (pilotage manuel impossible : nombreux actionneurs et commandes)

1. Ambition : Voler dans un e-VTOL doit être plus sûr que voyager en voiture
2. Fixation d'un objectif de sécurité à partir du constat qu'aujourd'hui le niveau de sécurité en taxi aérien aux USA (Part 135, hélicoptère et aile fixe) est deux fois moins bon que la conduite automobile
 - Perte de conscience de situation et perte de contrôle (CFIT, collisions aériennes...)
 - Automatisation (réduction de la charge de travail du pilote)
 - Propulsion électrique distribuée (DEP) qui augmente la robustesse du contrôle en cas de vent violent ou de rafales (contexte urbain)
 - Défaillances de la propulsion
 - Redondance de la DEP
 - plusieurs moteurs électriques (généralement six ou plus) et autant de contrôleurs
 - architecture de bus de batterie redondante
 - Panne moteur non catastrophique (vitesse et capacité de montée réduites mais autorité de contrôle totale)

Les travaux UBER

Bruit

1. e-VTOL utilisés directement au-dessus des zones urbaines densément peuplées et à proximité immédiate de celles-ci
2. vols de sécurité publique (EVASAN) tolérés par la communauté car peu fréquents et à valeur sociale claire, opposition probable à toute autre utilisation d'aéronefs bruyants

Objectifs sonores quantitatifs et qualitatifs à définir avec soin !

Règles utilisées pour les hélicoptères non adaptées pour les e-VTOL

- Bruit des e-VTOL utilisés à partir de vertiports / vertistops : se rapprocher de la moitié du niveau sonore d'un camion circulant sur une route résidentielle (75-80 dB(A) à 50 ft) soit environ 62 dB L_{Amax} à 500 ft de hauteur sol (0,25 fois le bruit du plus petit hélicoptère à quatre places actuellement sur le marché)
- "Gêne long terme" : les opérations d'e-VTOL ne devront pas contribuer à cette gêne en dépassant le plus petit changement de bruit de fond détectable par une personne (augmentation d'environ 1 dB de l'indicateur Day Night Level (DNL))
- "Gêne court terme" : les opérations d'e-VTOL ne devront pas augmenter le nombre de réveils nocturnes de plus de 5%
- Analyses et adaptations: les opérations d'e-VTOL devront être mesurées de manière continue, site par site, afin d'établir le niveau réel du "bruit de fond jour-soir-nuit" (DEN)

Les travaux UBER

Définition d'un VTOL à niveau de bruit réduit ?

1. Hélicoptère intrinsèquement bruyant :

- Trois principales sources de bruit spectralement différentes : rotor principal, rotor de queue et moteur
- Vitesse d'extrémité de pale du rotor (VEP) élevée pour atteindre une vitesse de croisière raisonnable (650 km/h de VEP pour une vitesse de croisière de 240 km/h), bruit de pale d'autant plus élevé VEP est grande
- Rotor de grand diamètre tournant à faible vitesse nécessaire pour le stationnaire : génération de bruit à basse fréquence

2. e-VTOL équipés de plusieurs petits rotors

- Diamètre réduit et RPM augmenté
- Maintien de bas niveaux perçus de bruit
- Contrôle de la direction de la poussée sans recours à un rotor de queue ou à des mécanismes complexes

Surface rotor de 45 m²

1 rotor de 7,6 m
530 rpm
VEP : 740 km/h (Mach 0,6)

26 rotors de 1,5 m
1700 rpm
VEP : 490 km/h (Mach 0,4)

VEP divisée par 1,5 conduit à diminuer l'énergie du bruit d'un facteur 8 à 12

Les travaux UBER

Définition d'un VTOL à niveau de bruit réduit ?

3. Bruit du moteur

- Hélicoptères conventionnels équipés de moteurs à pistons souvent sans silencieux d'échappement ou bien de turbomoteur
- Arbres de transmission et boîte de vitesse générateurs de bruit

Propulsion électrique distribuée + automatismes

Les rotors/hélices peuvent :

- Générer de la sustentation et/ou de la poussée
- Être arrêtés si inutiles dans une phase de vol
- Être orientables
- Limiter l'effet de souffle au niveau du sol

Les travaux UBER

Emissions

1. Transports = plus grande source d'émissions de gaz à effet de serre aux USA pour près de 1,8 milliard de tonnes de CO₂, soit 26% du total des émissions
2. Communautés urbaines naturellement préoccupées par la pollution par le plomb dans les carburants et par les émissions de particules du large éventail de solutions de transport dans et au-dessus de leurs villes
3. Toute nouvelle forme de transport urbain de masse doit clairement être écologiquement responsable et durable

Entièrement électriques, les e-VTOL constituent une solution de transport urbain et inter-urbain convaincante :

- Pas d'émission de carbone en vol
- Réduction significative des émissions de carbone à mesure que les services publics adoptent les énergies renouvelables telles que l'éolien et le solaire pour générer l'électricité du réseau

Les travaux UBER

Quelles performances faut-il viser ?

- Les analyses précédentes concernant le bruit et la sécurité conduisent à sélectionner, pour l'application "taxi aérien", des aéronefs utilisant plusieurs petits rotors et des systèmes de propulsion électrique distribué alimentés par des batteries
- Il est essentiel de comprendre comment cette décision de conception a une incidence sur l'utilité et sur l'économie de l'exploitation de tels aéronefs et si cela limite les cas d'utilisation envisagés

Efficacité en vol stationnaire ↔ Efficacité en vol de croisière



Opérations d'e-VTOL :

- Capacité de décoller avec une montée rapide sur une trajectoire à forte pente pour atteindre une altitude de croisière de quelques milliers de pieds
- Décélération pour atterrir verticalement à la fin du voyage
- Besoin limité de vol stationnaire de durée supérieure à une minute : la plupart des transitions verticales de décollage et d'atterrissage ayant lieu en environ 30 secondes

Les travaux UBER

Quelles performances faut-il viser ?

Méthode de définition

- Différente de celle utilisée pour les hélicoptères qui sont optimisés pour le vol stationnaire plutôt que pour la croisière (vol stationnaire prolongé pour recherche et sauvetage, inspection des lignes électriques, décollage et atterrissage dans des endroits non préparés, etc.)
- Comment optimiser un e-VTOL qui nécessite une puissance en vol stationnaire de durée limitée et de l'énergie pour une croisière longue ?
 - Avions : aile pour la sustentation + hélice pour un vol de croisière efficace
 - Hélicoptère : rotor pour la sustentation et pour la croisière (efficacité limitée)
 - e-VTOL : les compromis qui déterminent l'utilisation ou non d'une aile ou d'un rotor dépendent principalement de la vitesse, de la portée, des exigences de vol stationnaire, ainsi que des contraintes de conception liées à la zone d'atterrissage

Continuum d'approches depuis des concepts multiroteurs fixes jusqu'à des variantes d'avions à volets soufflés en passant par des concepts multiroteurs orientables – avec des ailes ou sans aile !

Les travaux UBER

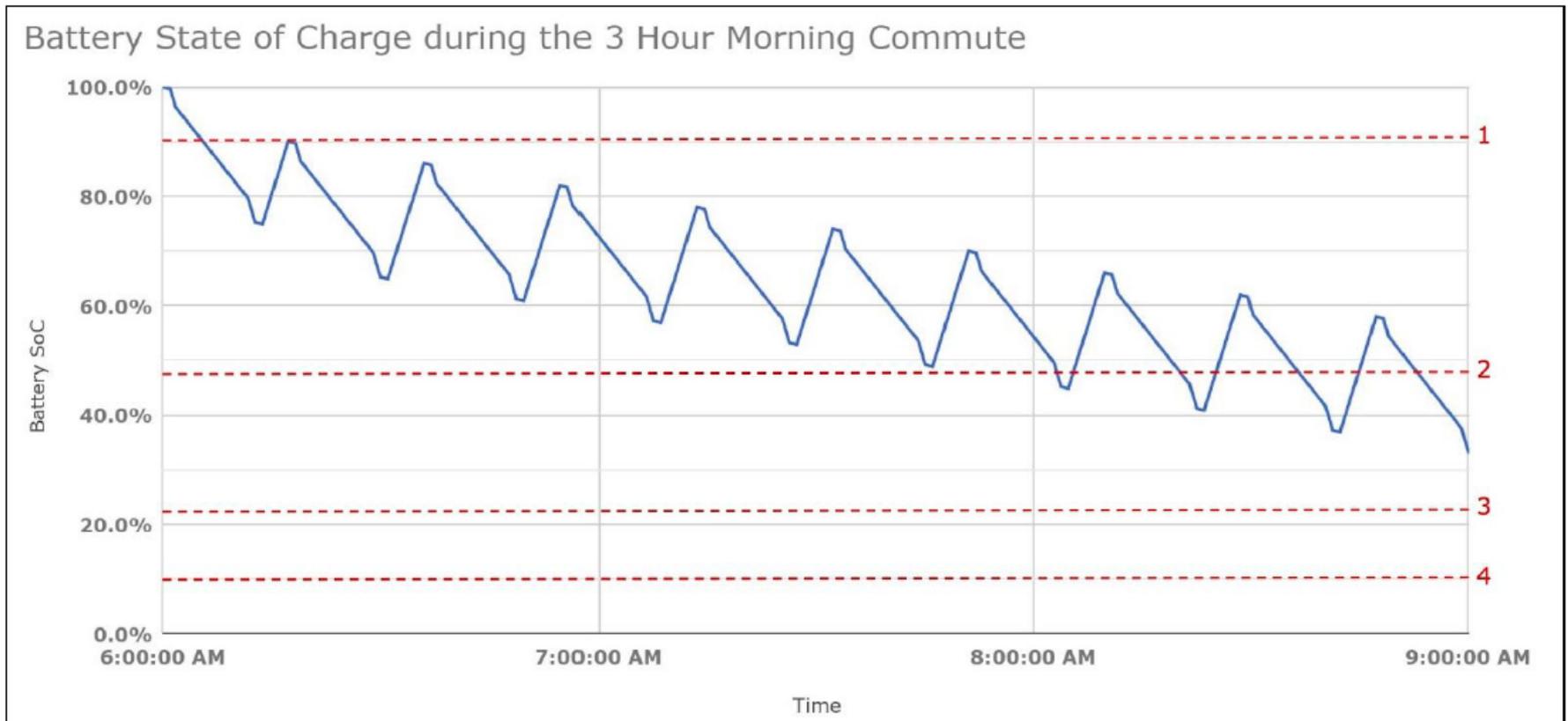
Vitesse et rayon d'action

- Les opérateurs d'e-VTOL devront éventuellement disposer de divers types de véhicules à capacités de vitesse et de portée différentes
- Un e-VTOL optimisé pour des trajets courts ne nécessitera pas autant de vitesse qu'un e-VTOL capable de trajets longs, un objectif pourrait être de diviser le temps de parcours par un facteur de deux à quatre par rapport à un moyen de transport terrestre
- Une vitesse de vol comprise entre 240 et 320 km/h semble, selon la NASA, optimale pour la propulsion électrique distribuée (DEP)
 - Gamme d'e-VTOL minimale à court terme : deux voyages de 50 milles à la vitesse maximale, avec suffisamment d'énergie pour deux décollages et atterrissages, tout en respectant les 30 minutes de réserve (règles de vol aux instruments) de la FAA (plus le vol vers un vertiport/vertistop de dégagement) et un maintien de charge de batterie de 20%
 - Ce type de mission a un besoin en énergie similaire à celui nécessaire à un vol unique de 200 milles à la vitesse de vol optimale

Les travaux UBER

Batterie

- Missions probablement accessibles dans les prochaines années avec des aéronefs de finesse 10 (12 à 17 souhaités) et une énergie spécifique de la batterie de 400 Wh/kg



Uber Elevate Mission and Vehicle Requirements - 2016

Les travaux UBER

Charge marchande

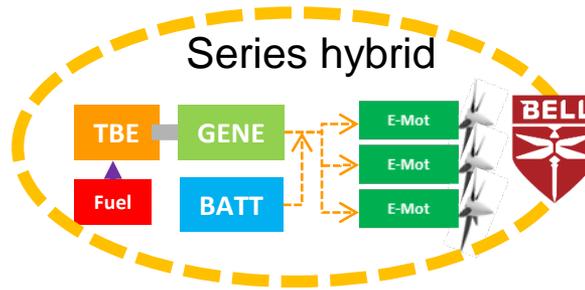
- Le poids de la charge utile, et donc le nombre de passagers, détermine la taille globale du véhicule
- Pour les opérations initiales (2023 – 20XX), la charge utile sera réduite par le poids du pilote
- Au fil du temps, il est fort probable que les e-VTOL deviendront entièrement automatiques (stratégie de constitution de preuves statistiques pour la certification en augmentant progressivement le niveau d'automatisation)
- Un VTOL à deux places est un minimum (un seul passager si pilote nécessaire)

La capacité idéale pour des taxis aériens serait un aéronef de 2 à 5 passagers (y compris le pilote, s'il y en a un)

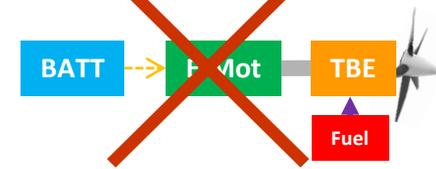
- Opérations à la demande avec un pilote pour le court terme
- Possibilité de diminuer le coût avec des opérations "navette" (tous sièges occupés)
- Augmentation du nombre de passagers (5 à 6) vraisemblablement impossible (bruit) bien que désirable d'un point de vue économique

Concept d'e-VTOL Propulsion

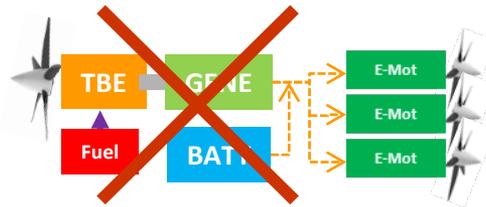
Turbo engine
TBE



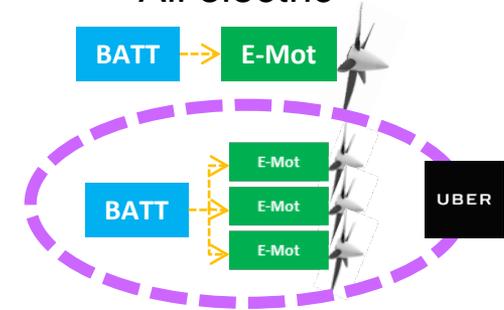
Parallel hybrid



Series/parallel partial hybrid



All electric



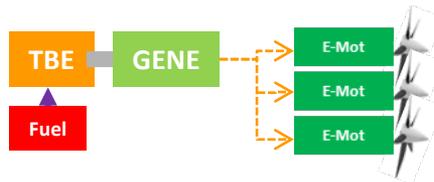
Electric generator
GENE



Electric engine
E-Mot



Full turboelectric

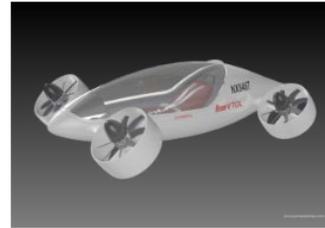


Partial turboelectric

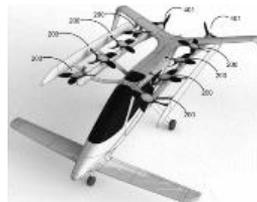


(modified from James L. FELDER, NASA)

Aéronef : multiples approches de conception



Surefly



Avianovations Hepar



CityAirbus demonstrator (Airbus photo)

Variantes d'e-VTOL

Poussée orientable (Vectored thrust)

- *L'un quelconque des propulseurs est utilisé à la fois pour la sustentation et pour la propulsion horizontale*

Sustentation + vol horizontal (Lift + Cruise)

- *Les propulseurs utilisés pour le vol horizontal sont complètement indépendants de ceux utilisés pour la sustentation – pas de poussée orientable*

Sans voilure – multicoptère (Wingless - Multicopter)

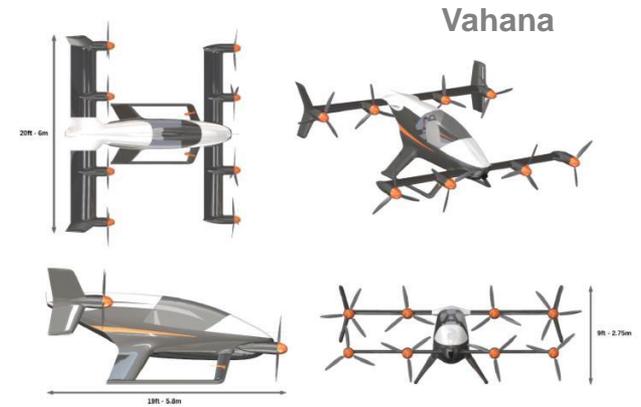
- *Pas de propulseur spécifique pour le vol horizontal, propulseurs uniquement pour la sustentation*

Hélicoptère Electrique (Electric Rotorcraft)

- *Aéronef eVTOL qui utilise une cellule d'hélicoptère*

Variantes d'e-VTOL

Poussée orientable (Vectored thrust)



Variantes d'e-VTOL

Sustentation + vol horizontal (Lift + Cruise)



Variantes d'e-VTOL

Wingless (Multicopter)

- *Pas de propulseur de croisière – Sustentation seulement*

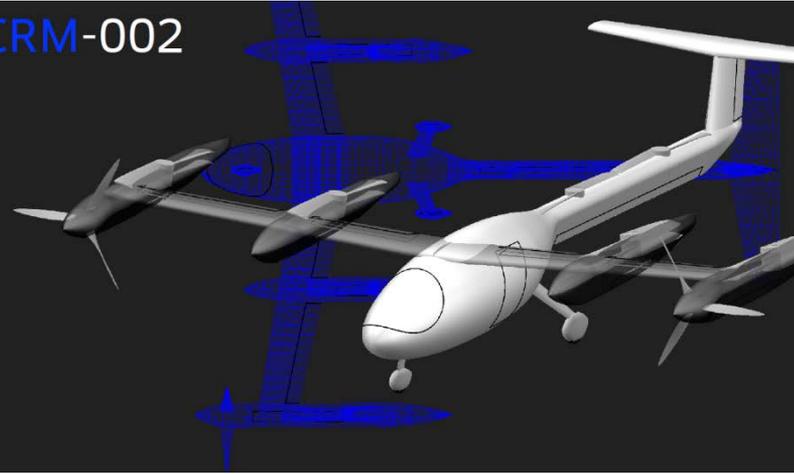


Les travaux UBER (2018 UBER Elevate summit) e-VTOL Common Reference Models

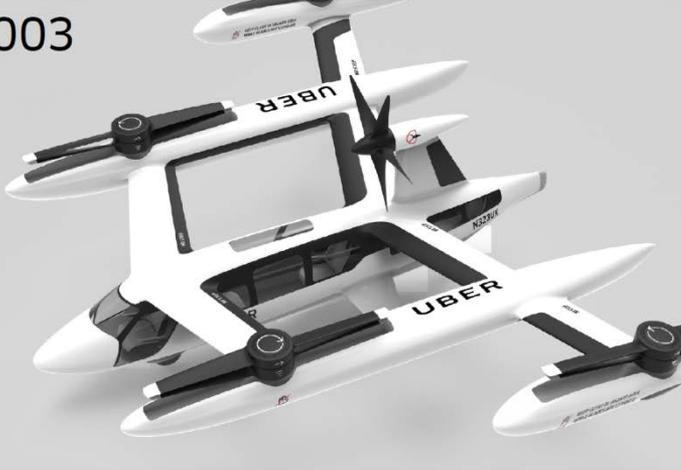
eCRM-001



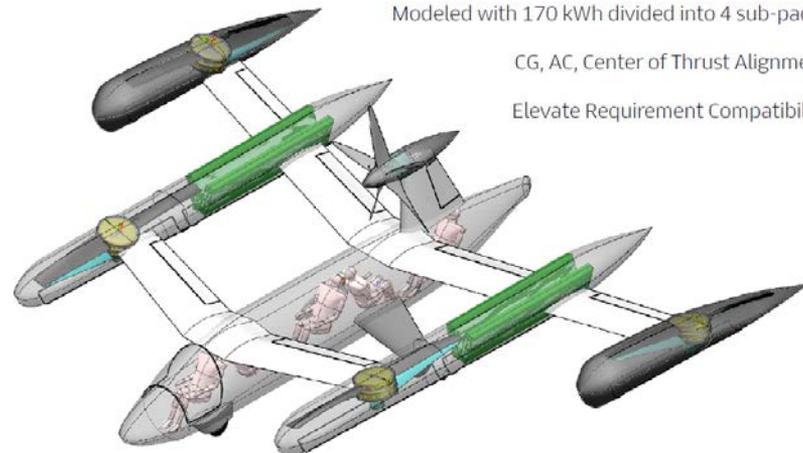
eCRM-002



eCRM-003



eCRM-003
Configuration



Modeled with 170 kWh divided into 4 sub-packs

CG, AC, Center of Thrust Alignment

Elevate Requirement Compatibility

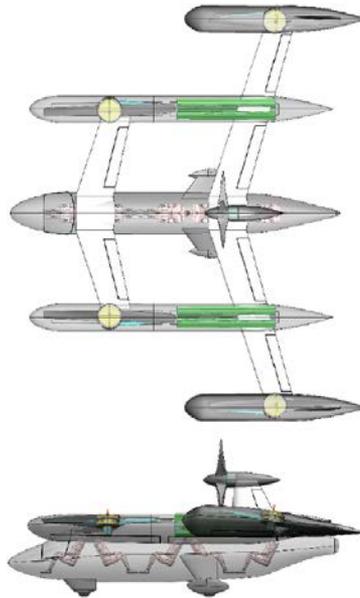
Les travaux UBER (2018 UBER Elevate summit)

e-VTOL Common Reference Models

eCRM-003

Configuration

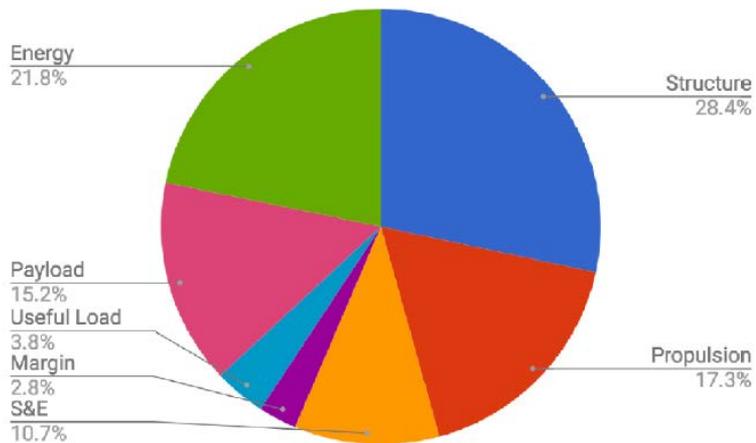
Geometry	
Front Wing Area Aft Wing Area (ft²)	57.9 112.2
Front Wing Span (ft) AR	18.1 5.6
Aft Wing Span (ft) AR	35.5 11.2
Wing c/4 Sweep Dihedral (deg)	-10.5 0
Fuselage Length Width Height (ft)	30.8 4.0 5.6
Lift Prop Diameter Cruise Prop Diameter (ft)	12.3 8.0



Mass Properties

	(lb)	(% BMTOW)
Structure	1,639.7	28.4%
Wing Group	402.5	7.0%
Basic Structure	402.5	7.0%
Secondary Structure	0.0	0.0%
Control Surfaces	0.0	0.0%
Rotor	100.7	1.7%
Blade Assembly	73.4	1.3%
Hub and Hinge	27.3	0.5%
Rotor Support Structure	0.0	0.0%
Empennage	135.1	2.3%
Horizontal Tail	111.9	1.9%
Vertical Tail	23.2	0.4%
Tail Rotor	0.0	0.0%
Fuselage	502.9	8.7%
Basic	474.4	8.2%
Wing and Rotor Fold/Retraction	0.0	0.0%
Tail fold/tilt	0.0	0.0%
Canopy/Windows	0.0	0.0%
Crashworthiness	28.5	0.5%
EngineSection	0.0	0.0%
Pod	122.9	2.1%
Pod	122.9	2.1%
Pod	73.7	1.3%
Pod	73.7	1.3%
Alighting	105.3	1.8%
PropulsionGroup	1,003.0	17.3%
Motor Group	907.3	15.7%
Motors	187.1	3.2%
Controllers	209.6	3.6%
Gearboxes	510.6	8.8%
Prop	95.7	1.7%

	(lb)	(% BMTOW)
Systems and Equipment	617.3	10.7%
Flight Control	301.2	5.2%
Cockpit Controls	30.0	0.5%
FBW System	40.0	0.7%
System Controls	231.2	4.0%
APU	0.0	0.0%
Instruments	50.0	0.9%
Electrical Actuators	0.0	0.0%
Furnishing	204.5	3.5%
AirCond	61.6	1.1%
Anti-Icing	0.0	0.0%
Vibrations	0.0	0.0%
Empty Weight Margin	163.0	2.8%
Weight Empty	3,423.0	59.2%
Useful Load	220.0	3.8%
Crew	220.0	3.8%
Fluids	0.0	0.0%
Operating Weight Empty	3,643.0	63.0%
Payload	880.0	15.2%
Passengers	880.0	15.2%
Baggage	0.0	0.0%
Energy Group	1,258.1	21.8%
Battery Group	1,258.1	21.8%
Battery	314.5	5.4%
Battery Cooling	0.0	0.0%
Voltage Converters	0.0	0.0%
Charging Point	0.0	0.0%
Basic Mission Takeoff Weight	5,781.1	100.0%

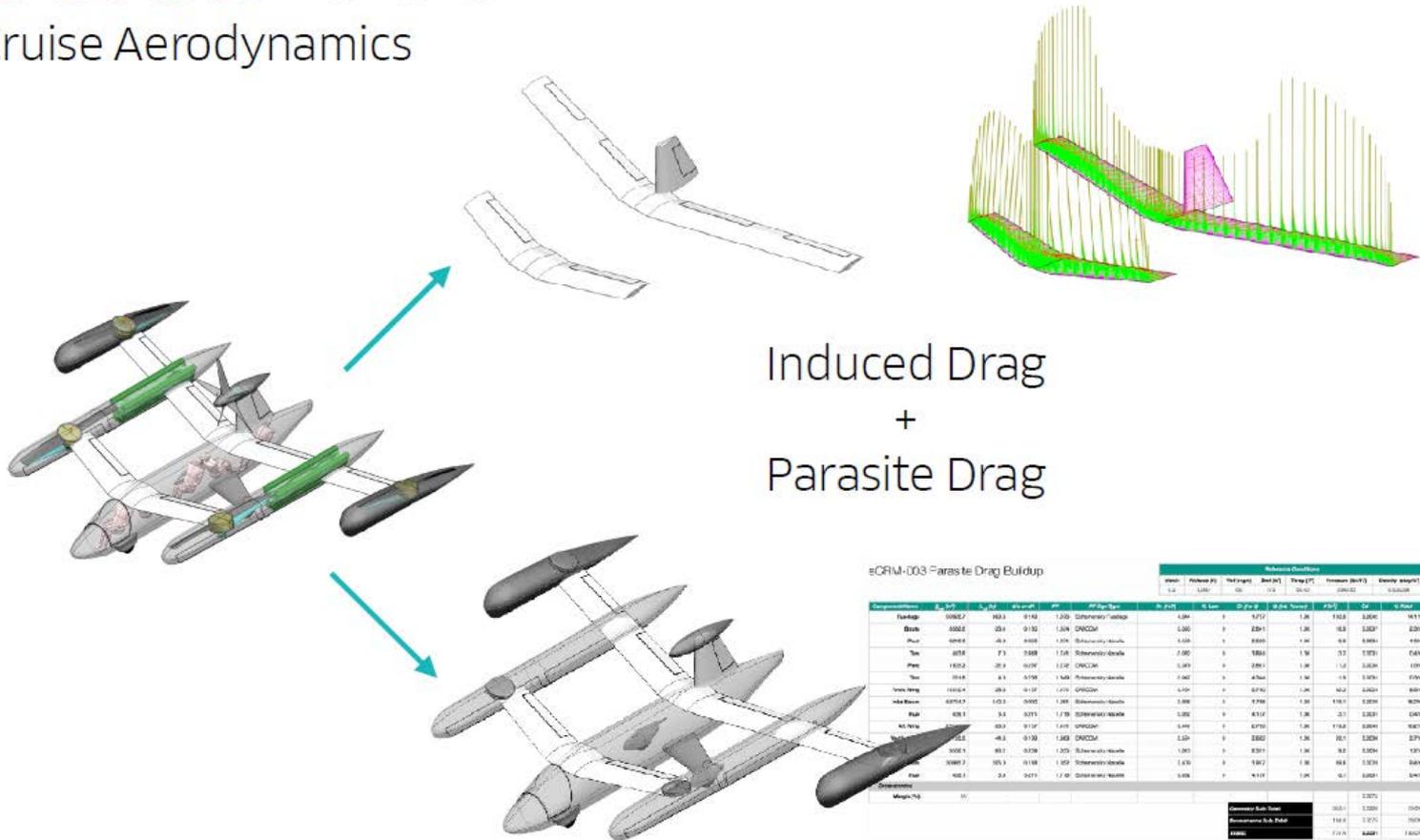


Les travaux UBER (2018 UBER Elevate summit)

e-VTOL Common Reference Models

eCRM-003

Cruise Aerodynamics

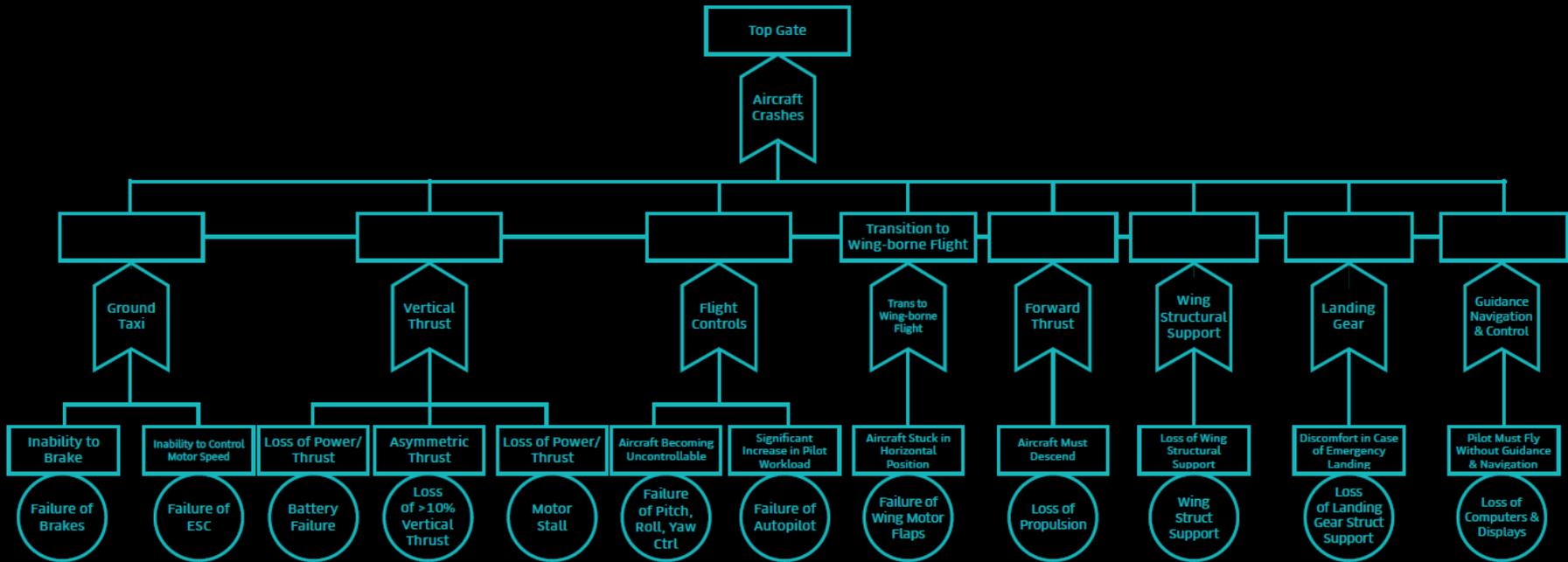


OpenVSP feeds Aero Analyses Directly

Les travaux UBER (2018 UBER Elevate summit)

e-VTOL Common Reference Models

Safety by Design

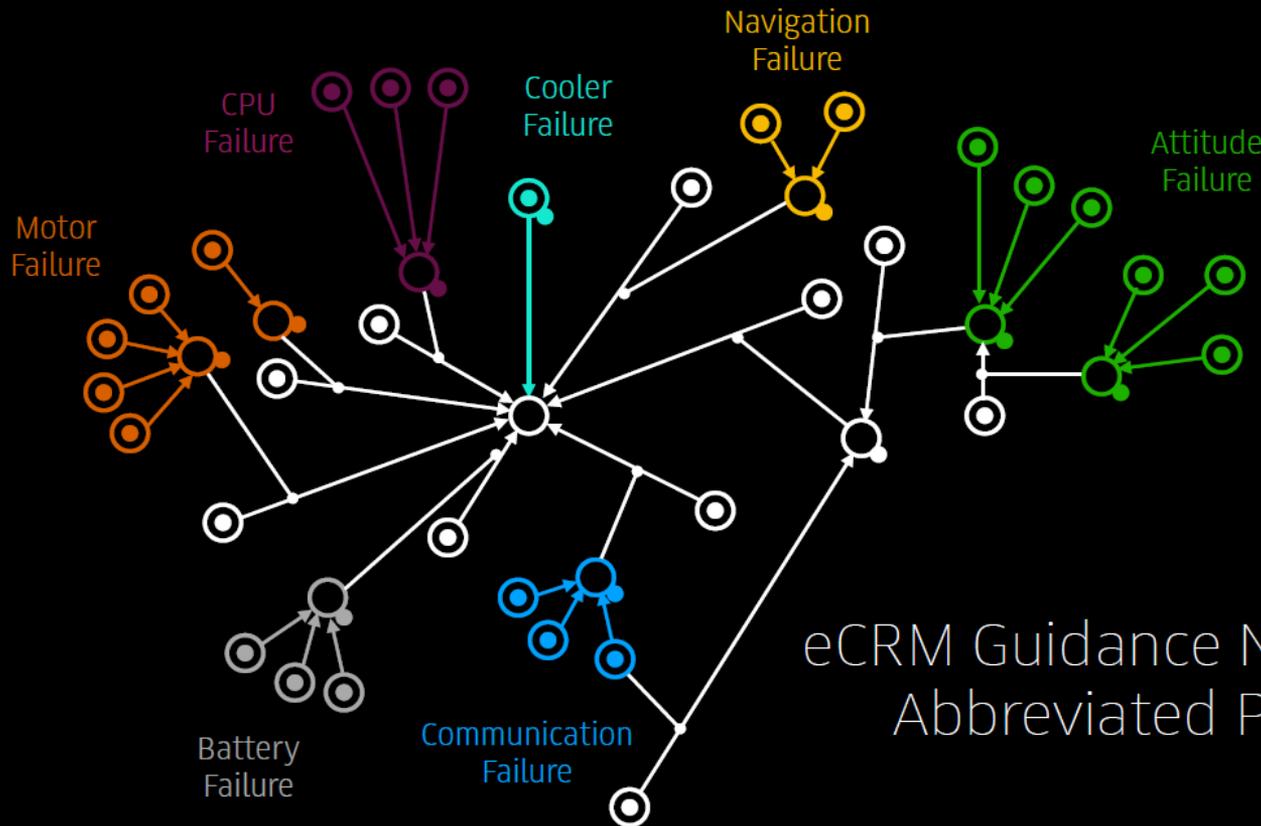


eCRM Fault Tree Analysis

Les travaux UBER (2018 UBER Elevate summit)

e-VTOL Common Reference Models

Safety by Design



eCRM Guidance Navigation & Control
Abbreviated Petri Net Analysis

Les travaux UBER

Automatisation

- Les rêves de beaucoup d'économistes se heurtent à la réalité !

SAE level	Name	Narrative Definition	Execution of Steering and Acceleration/Deceleration	Monitoring of Driving Environment	Fallback Performance of Dynamic Driving Task	System Capability (Driving Modes)
Human driver monitors the driving environment						
0	No Automation	the full-time performance by the <i>human driver</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even when enhanced by warning or intervention systems	Human driver	Human driver	Human driver	n/a
1	Driver Assistance	the <i>driving mode</i> -specific execution by a driver assistance system of either steering or acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	Human driver and system	Human driver	Human driver	Some driving modes
2	Partial Automation	the <i>driving mode</i> -specific execution by one or more driver assistance systems of both steering and acceleration/deceleration using information about the driving environment and with the expectation that the <i>human driver</i> perform all remaining aspects of the <i>dynamic driving task</i>	System	Human driver	Human driver	Some driving modes
Automated driving system ("system") monitors the driving environment						
3	Conditional Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the dynamic driving task with the expectation that the <i>human driver</i> will respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	Human driver	Some driving modes
4	High Automation	the <i>driving mode</i> -specific performance by an automated driving system of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> , even if a <i>human driver</i> does not respond appropriately to a <i>request to intervene</i>	System	System	System	Some driving modes
5	Full Automation	the full-time performance by an <i>automated driving system</i> of all aspects of the <i>dynamic driving task</i> under all roadway and environmental conditions that can be managed by a <i>human driver</i>	System	System	System	All driving modes

Non car aéronef trop complexe →

Non car aéronef trop complexe →

Automatisation minimum ? →

Automatisation désirable car environnement complexe →

Les travaux UBER

Infrastructure et opérations

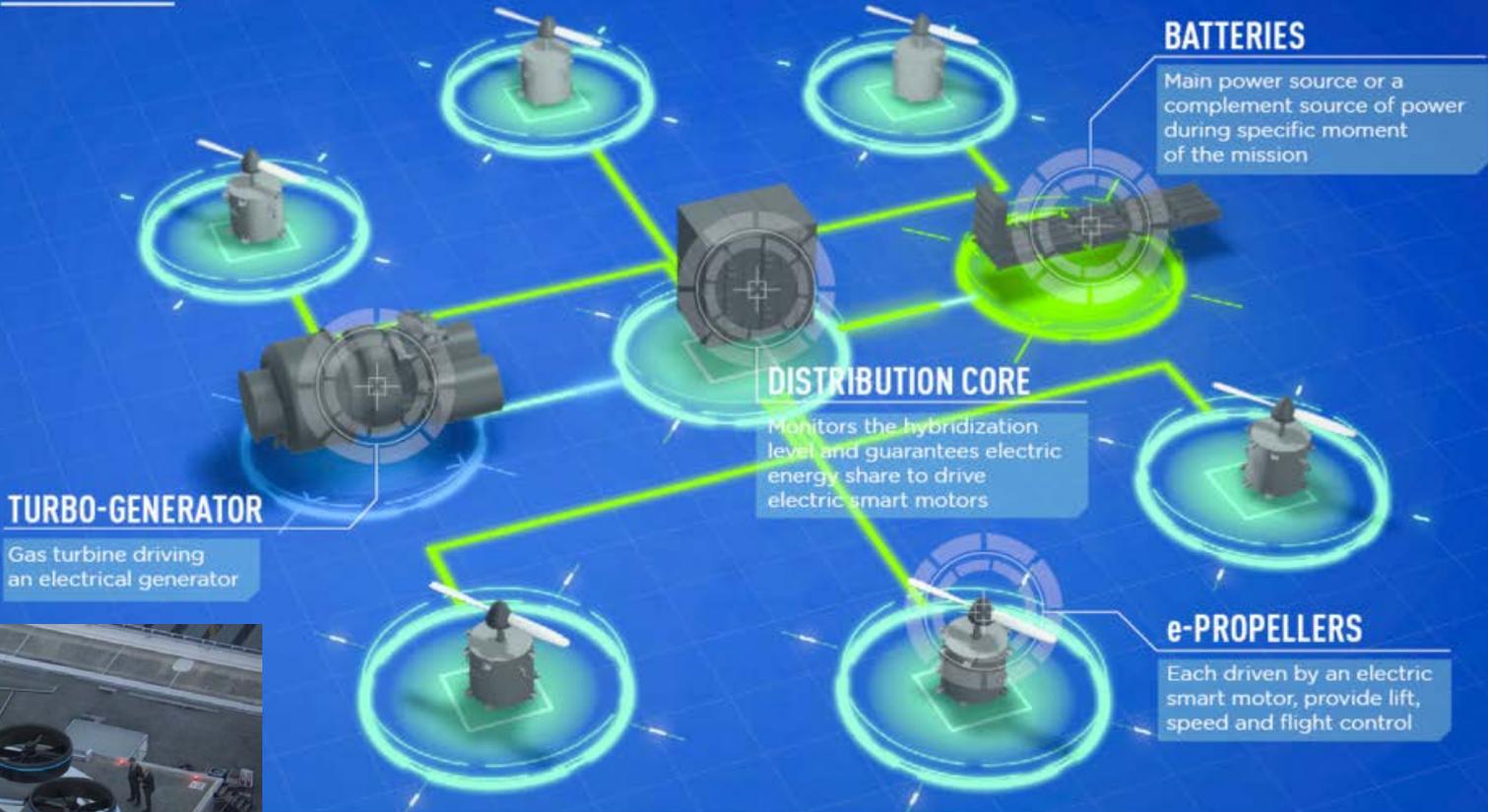
- Opérations d'e-VTOL : infrastructures à adapter à la demande locale :
 - Hélicoptère, vertiport, vertistop
 - Centres de maintenance et de stockage
 - Moyen de recharge
 - Centre d'opérations (gestion des flottes, des ressources humaines, circulation aérienne...)



Concept d'e-VTOL

Propulsion hybride électrique du Bell Nexus

HYBRID-ELECTRIC PROPULSION SYSTEM



Les travaux UBER

Planche présentée le 4 mars 2019 @ Heli-Expo 2019 (Atlanta)



Uber Elevate: "Impossible Challenges"

1. Flight demos in 2020; operational in 2023
2. Technology: all-electric (not hybrid) for 5 seats (pilot + 4 pax)
3. Infrastructure (physical and ATM/UTM)
4. Pilot shortage vs. autonomy
5. Regulations



Bell



Aurora Flight Sciences



Pipistrel Vertical Solutions



Karem Aircraft



EmbraerX

"It always seems impossible until it's done" – Nelson Mandela

Les e-VTOL et le U-Space

Infrastructure et opérations

- Opérations d'e-VTOL à intégrer dans l'espace aérien
- Seules quelques villes dans le monde (Sao Paulo et New York) ont réussi à mettre en place, à un degré raisonnable, des activités d'hélicoptères urbains commerciales (Sao Paulo : 420 hélicoptères avec 193 héliports actifs)
- A noter, le concept émergent de "U-Space" en Europe :

"U-space est un ensemble de nouveaux services et de procédures spécifiques conçus pour permettre un accès sûr, efficace et sécurisé à l'espace aérien pour un grand nombre de drones. Ces services reposent sur un haut niveau de numérisation et d'automatisation des fonctions, qu'elles soient embarquées sur le drone lui-même ou faisant partie de l'environnement au sol. U-space fournit un cadre permettant de prendre en charge les opérations de routine des drones, ainsi qu'une interface claire et efficace pour les services de l'aviation pilotée, des fournisseurs de services ATM / ANS et les autorités"

Connected airplanes and rotorcrafts, drones, urban air mobility and air taxi and services



SESAR INFO DAY – U-space call

Les travaux FAA et AESA

Certification

- Avant de pouvoir être utilisés dans un pays, les VTOL devront se conformer à la réglementation établie par les autorités aéronautiques chargées d'assurer la sécurité aérienne
- Cette réglementation fait respecter des normes pour la conception de véhicules, pour leur production, pour les licences de pilote et contient des exigences de maintenance et d'exploitation

e-VTOL sont des aéronefs nouveaux, les normes à respecter ne sont pas encore formalisées !

FAA et AESA ont adopté un processus « consensus based standards »

Un moyen d'avancer progressivement vers une certification de l'aéronef pourrait être :

1. Utilisation d'un certificat de navigabilité expérimental avec restrictions levées au fil de l'expérience acquise
2. Apport de preuves qu'un niveau de sécurité satisfaisant est atteint au cours des premières expérimentations/utilisations opérationnelles

Rédaction d'un document "Special Condition" discuté le 27/02/2019



Electric & Hybrid Aviation Project

- EHAP supports the needs of industry for the development of electrical & hybrid aircraft
- EHAP is a focal group to ensure internal coordination and progress.
- EASA remains open to involvement in further activities.

The Special Condition discussed today is the first step of a Regulatory framework to enable the safe introduction and operation of electrical and hybrid aviation VTOLs en Europe.

Les travaux FAA et AESA

Certification

- Entraînement des pilotes



Aéronefs très automatisés :

- Quel niveau d'automatisation ?
- Phase "pilote à bord" pour commencer : quels rôles pour le pilote ?
- Y aura-t-il une phase « télépilote » ?
- Prendre en compte l'expérience acquise avec l'exploitation des drones pour la phase « sans pilote à bord »

- Certification des opérateurs : ne semble pas soulever de problèmes spécifiques

Afin de faire progresser le plus efficacement possible le développement de l'UAM, la NASA envisage d'organiser une série de Grands Défis à l'échelle de l'écosystème UAM :

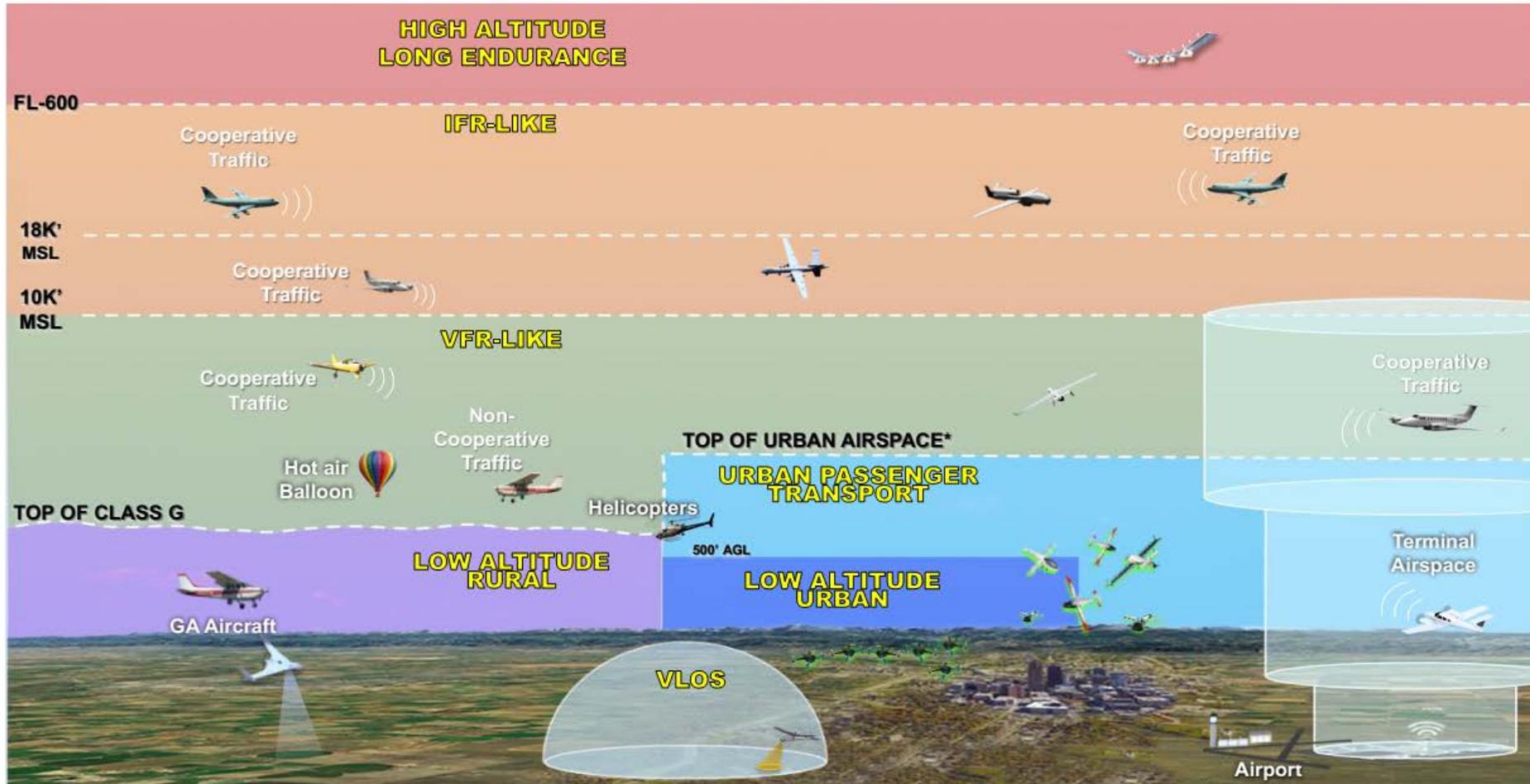


Credits: NASA / Lillian Gipson

- Renforcement de la la confiance du public dans la sécurité de ce moyen de transport
- Dissémination de ce qu'est l'UAM au niveau des populations
- Captation de l'imagination de ces populations



Commercial Operating Environments (OE)



The GOF U-space project at a glance

Flight Information Management System (FIMS) safe, cross-border drone operations

- ⇒ Integration of UTM and ATM systems
- ⇒ Cross-agency / country drone (UAV) information management system
- ⇒ Accessibility of a Common operational picture
- ⇒ Enable Joint Operations / authority collaboration

Large scale demonstration



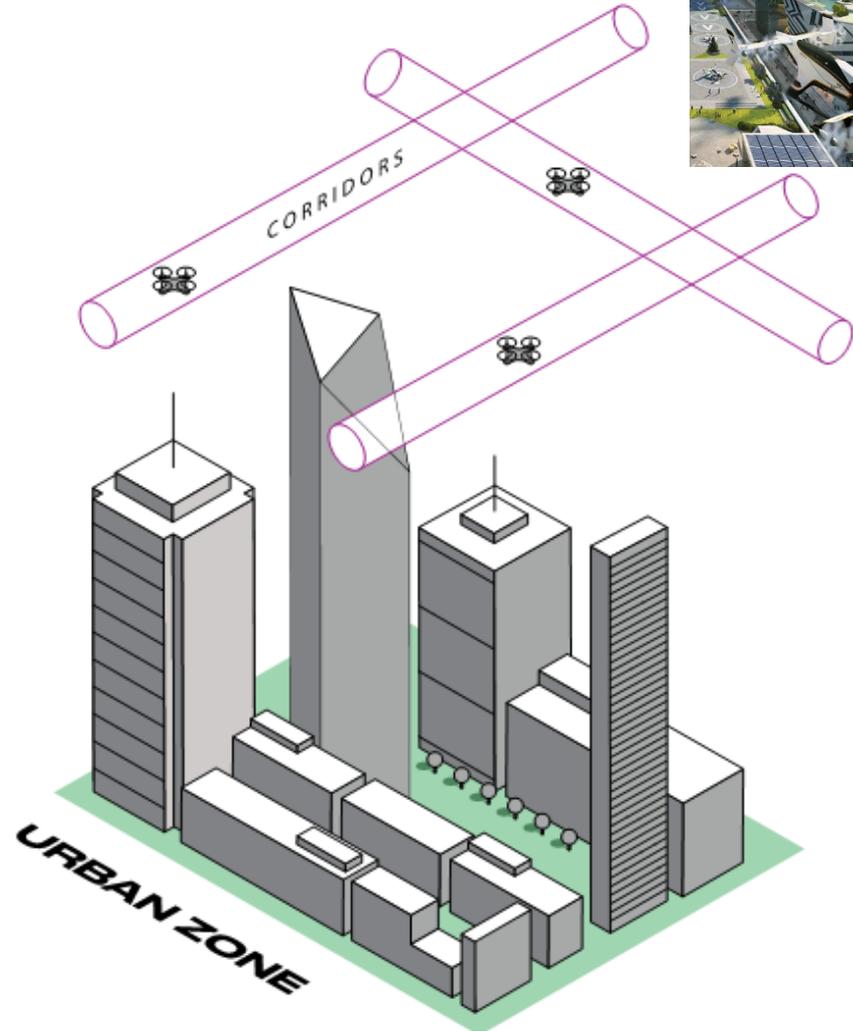
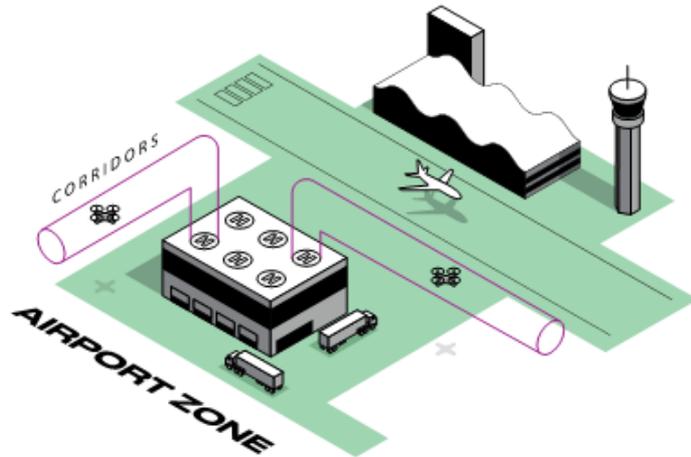
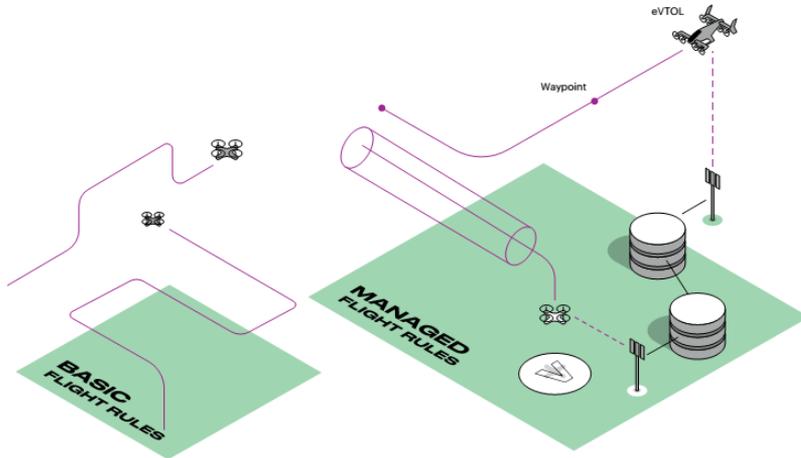
UAV use-case demonstrations

<p>Urban drone fleet ops in Helsinki with <u>Police intervention</u></p>	<p>Co-operation with Search and Rescue forces and general air traffic (GA)</p>	<p>Maritime traffic surveillance combined with border guards over Gulf of Finland</p>	<p>International parcel delivery between Helsinki and Tallinn</p>	<p>Urban drone fleet ops in Tallinn in controlled airspace</p>	<p>100km+ inspection flights in forestry and utility inspection</p>	<p>Urban Air Mobility flight from Helsinki-Vantaa airport to downtown Helsinki</p>
--	--	---	---	--	---	--

Travaux AIRBUS

Intégration dans l'espace aérien – U-Space

Septembre
2018



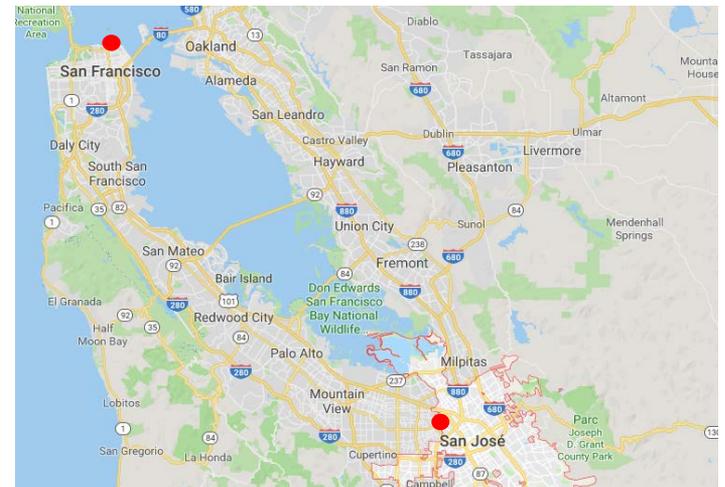
Acceptabilité sociale

Taxi aérien, pour quoi faire ?



Trajet quotidien du lieu d'habitation au lieu de travail

Trajet ville-aéroport



Acceptabilité sociale

Taxi aérien, pour quoi faire ?

Trajet La Défense - Orly

arriver + tôt partir + tard

Départ à 17:24 - Arrivée à 18:26

M 1 6 RE9 B M ... 01h02
Environ 10 min

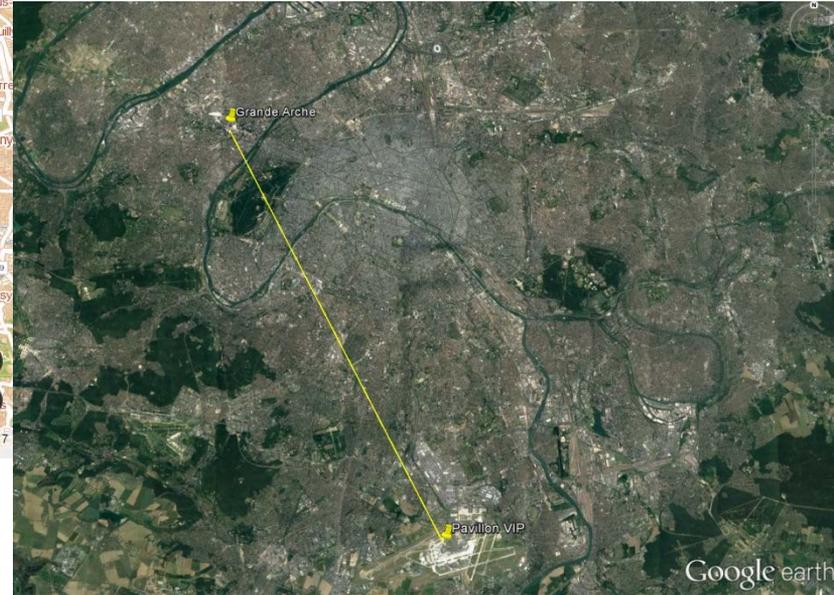
zones: 1.4
Tarification spéciale
Voir le détail du trajet

Départ à 17:22 - Arrivée à 18:26

M 1 RE9 B M RER A ... 01h04
Environ 14 min

e-VTOL

- Trajet de 8 minutes
- Coût ? Estimation : 150 €



RATP : Trajet de 62 minutes, coût : 14,55 €

36 07

Commandez un G7

Départ: TOUR COEUR DEFENSE

Arrivée: Orly Ouest

Quais: Maitland / Maitland

Coût estimé: 45.53 €

Durée estimée: 37 min

Taxi (estimation G7)

- Trajet de 40 minutes
- Coût : 50 €

Acceptabilité sociale

Est-ce raisonnable économiquement ?

Analyse très préliminaire
et simplifiée

- Notion de vitesse généralisée et de valeur du temps : *La vitesse généralisée des transports tient compte du temps de déplacement et aussi du temps de travail nécessaire à payer le déplacement [1]*
- Coût généralisé C_g : coût privé du déplacement (C_p) + coût du temps de déplacement (C_t)
- Calcul des vitesses généralisées de nos options avec les hypothèses :
 - $d = 20$ km (pour tous)
 - Valeur du temps : 7,61 € (SMIC net mensuel 01/2018), 10 fois le SMIC puis ?
 - 1 seule personne (pénalisant pour e-VTOL et Taxi)

La vitesse généralisée d'un trajet en e-VTOL devient égale à celle de la RATP pour une valeur du temps de 140 €/h

[1] À propos de la vitesse généralisée des transports. Un concept d'Ivan Illich revisité. Frédéric Héran, Revue d'Économie Régionale & Urbaine 2009/3

Acceptabilité sociale – Travaux AIRBUS

Urban Air Mobility : sur la voie de l'acceptation du public (février 2019)



Les gens sont-ils prêts à voir leur ciel rempli d'avions, de drones et d'autres véhicules aériens ?

La réponse est de plus en plus affirmative, selon une étude préliminaire récente sur l'acceptation par le public de la mobilité aérienne en milieu urbain.

Acceptabilité sociale – Travaux AIRBUS

Urban Air Mobility : sur la voie de l'acceptation du public (février 2019)

Urban Air Mobility (UAM): on the path to public acceptance

>  **1,540** respondents

1 in 2 | support or strongly support UAM

>  **4** locations surveyed

MEXICO CITY

67% are likely or very likely to use UAM
16% are neutral

LOS ANGELES

46% are likely or very likely to use UAM
19% are neutral

SWITZERLAND

32% of respondents are likely or very likely to use UAM
24% are neutral

NEW ZEALAND

27% of respondents are likely or very likely to use UAM
25% are neutral

Key findings - Demographics

Likelihood to use

	Very likely	Very unlikely
Age	38.4	48.1
Gender	Male	Female
Area	Urban	Rural
Current Transport	Ridesharing	Biking
Current Commute Time	25 min	19 min

The **25-34** age range has the most positive initial reaction
55% view UAM positively
while only **15%** of **75-84** year olds view UAM positively

The TOP 5 concerns



Safety of the individuals on the ground



Type of sound generated from the aerial vehicles



Volume of sound generated from the aerial vehicles



The time of day when the aerial vehicles travel



The altitude at which the aerial vehicles are flying

Read the full report at: airbusutm.com

The Preliminary Community Perception Study was conducted by Airbus UTM, a division of Airbus' Urban Air Mobility Unit

AIRBUS

Etude de marché – Travaux NASA

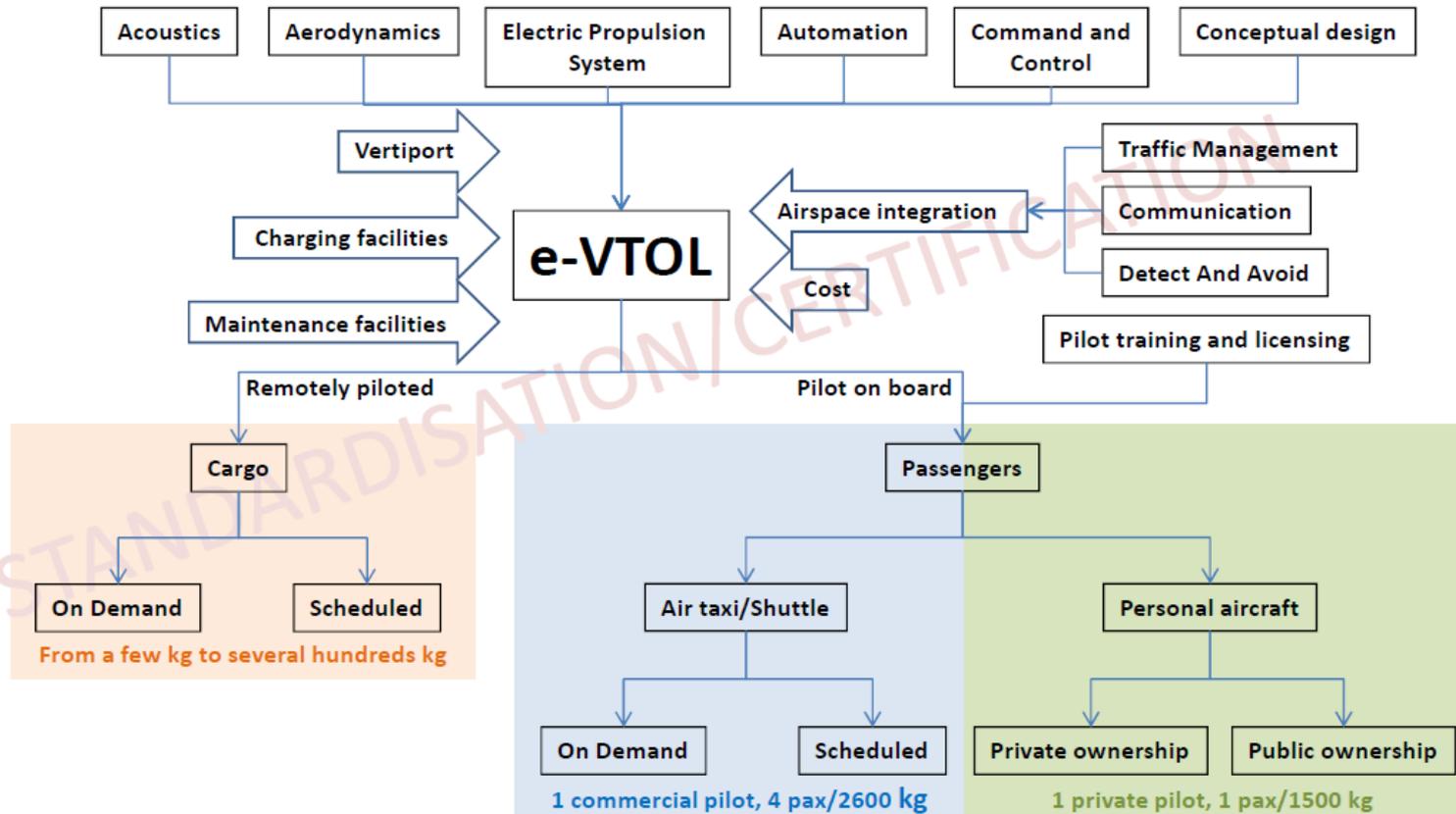
Etude du marché UAM (octobre 2018)

La NASA a commandé deux études de marché sur la mobilité aérienne, elles se sont terminées à la fin de l'année 2018

- L'étude de Booz Allen Hamilton a analysé 3 cas d'usage :
 1. Navette aéroport -> Marché viable
 2. Taxi aérien -> Marché viable
 3. Ambulance aérienne -> Marché non viable (contraintes technologiques)
Un coût du passager mile est précisé : \$6,25
La perception par le public est considérée comme un obstacle majeur
- L'étude dirigée par Crown Consulting, Inc. a analysé la viabilité de l'UAM, les barrières potentielles à son développement et les solutions envisagées pour 3 cas d'usage :
 1. Dernier kilomètre de la livraison de colis (viable 2030)
 2. Le « Air Metro » - route prédéterminée à horaire régulier (viable 2030)
 3. Le taxi aérien - trajet à la demande, "porte à porte" (improbable en 2030)

Les présentations de ces études sont aisément accessibles sur le web

UAM SOCIAL/COMMUNITY ACCEPTANCE

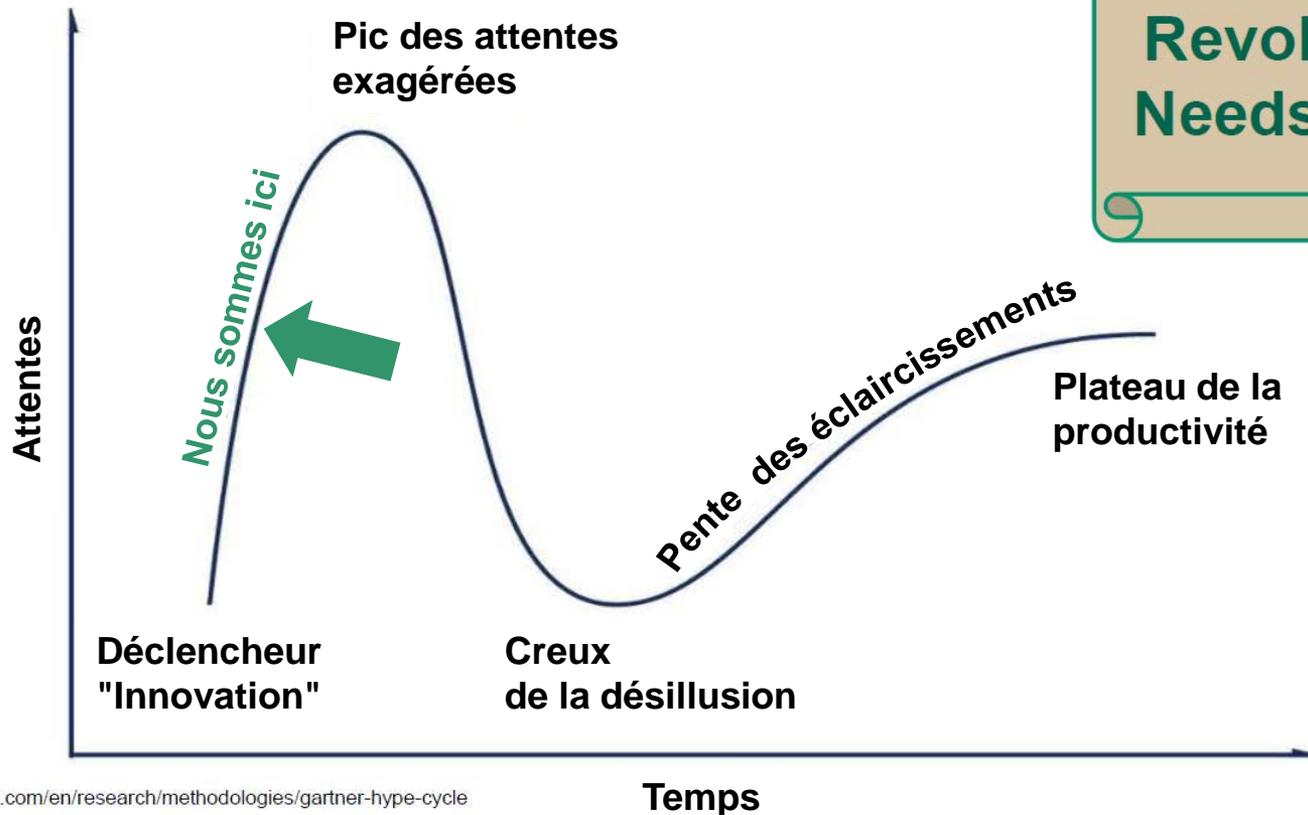


UAM MARKET DEMAND + Buzz Media

Comment conclure cette présentation ici, à l'UTC ?



"The Hype Cycle"



The eVTOL
Revolution
Needs YOU!

<https://www.gartner.com/en/research/methodologies/gartner-hype-cycle>

Transformational Costs

Enabled by paradigm shifts in technology and operations



eVTOL
Technology

Ridesharing
Economics

Scaled Manufacturing
& Autonomy

Mark Moore
Director of Aviation Engineering
Uber

8th Biennial Autonomous
VTOL Technical Meeting &
6th Annual Electric VTOL Symposium
Mesa Arizona
January 28 - February 1, 2019

Energy Cost - \$0.12 / kWhr

\$400 per kWhr Battery

750 Cycle Battery Life

(50/year) \$2.0M Vehicle Cost

700 to 2100 hr/year Utilization

2 -> 2.7 Avg Passengers

4 Passengers / No Pilot

\$200 per kWhr Battery

2000 Cycle Battery Life

(2000+/year) \$800k Vehicle