

N°2 / Décembre 2022

Trajectoire(s)

ONERA
LUMNI

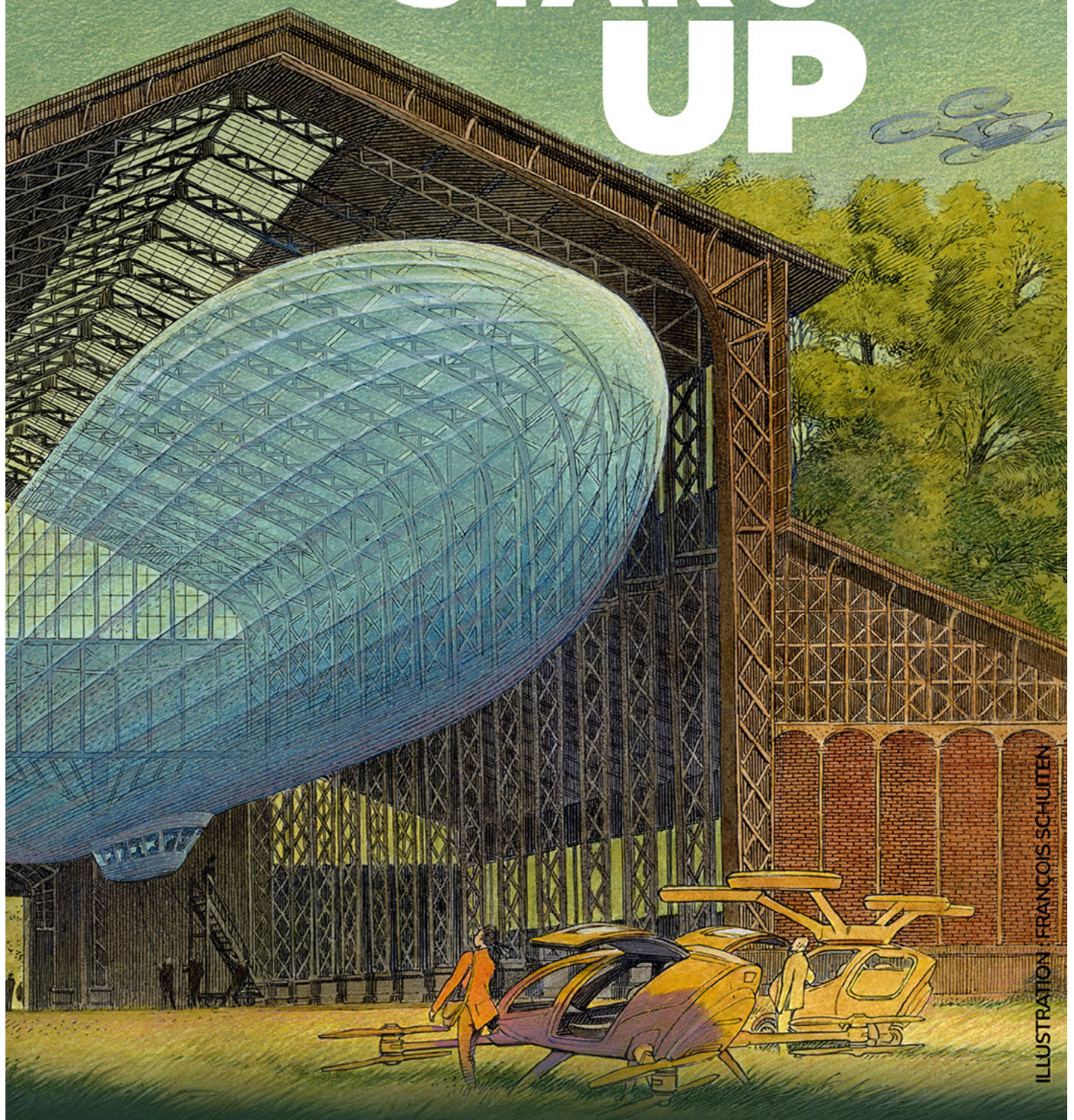
Les nouvelles mobilités

Les actes du colloque de Meudon
des 22 & 23 septembre 2022



LE FESTIVAL DE L'ESPACE

STAR's UP



MEUDON-HANGAR Y 22>25 SEPT. 2022

Ville de Meudon

MEUDON
VALLEY

ONERA
LUMNI

Région
Île de France

ARTAGON

CULTURE & PATRIMOINE

BIT?

cesa

arianespace
arianespace

EUTELSAT

hussar
academy

nexity

hp

acton mobility

cnes

l'Observatoire
de Paris

PSL

S.A.F.

CNRS

université
PARIS-SACLAY

MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Président

Bruno Chanetz, ONERA - Palaiseau

Secrétaire Général

Alain Durand, Sopra Steria Next - La Défense

Trésorier

Philippe Castera, Dassault Systèmes - Vélizy

Vice-Président

Pierre-Elie Weiss, ONERA - Meudon

Alexis Bourgoing, ArianeGroup - Les Mureaux

Vincent Chabridon, EDF - Chatou

Pierre Cordesse, Air liquide, Grenoble

Carsten Döll, ONERA - Toulouse

Frédéric Feyel, SafranTech - Châteaufort

Florian Gaudfrin, CEA - Toulouse

Bruno Mangin-Birrer, Dassault Aviation - Saint-Cloud

Florin Paun, Joint European Disruptive Initiative, Issy-Les-Moulineaux

Nicolas Rivière, ONERA - Toulouse

Éditeur

Association Alumni-ONERA
6 chemin de la Vauve aux Granges
BP 80100
91123 Palaiseau Cedex

Directeur de la publication

Bruno Chanetz

Création graphique

Arnaud Le Ouédéc, Ici la Lune

4 Mot du président

par Bruno Chanetz

6 Ouverture

par François Desgardin, Denis Larghero, Stéphane Demilly, Bruno Chanetz et Jean-Philippe Regnault

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

12 Déroulé de la session

13 Le projet VTOL

Paris 2024
par Alban Negret

15 Mobilité aérienne interurbaine et aérodynamique optimisée

par Benjamin Deveaux

17 MACA : L'eVTOL de sport

et de compétition, les bases d'un futur championnat
par Christian Pineau

19 La famille d'avions Cassio : La réponse de VoltAero au défi de l'aviation éco responsable

par Arthur Grunwald

21 BERTHELET : Véhicules autonomes et mobilité servicielle : retour d'expérience

par Aurélien Berthelet

23 L'enjeu de la sécurité et de la préservation de vie dans le déploiement de la mobilité aérienne interurbaine

par Arnaud Violland

26 LE SAAM VERSPIEREN : Au Service de l'Aviation Electrique et des Nouvelles Mobilités

par Quentin Rose

29 « Mobilité pour tous, autonomie pour tous », la mobilité autonome à la rencontre des territoires

par Nicolas Marescaux

32 Des eVTOLs autour de Paris pour les JO de 2024 ?

La réglementation sera-t-elle au rendez-vous ?
par Olivier Jouans

DEMAIN OU 10 ANS

35 Déroulé de la session

36 L'évolution des mobilités urbaines à 2030

par Andreas Nienhaus, Alexandre Bayen, traduit et présenté par Jean-Louis Dropsy

39 Nouvelles mobilités demain ou à 10 ans : aspects cognitifs, sociétaux et juridiques des nouvelles mobilités

par Jean-Paul Mizzi

45 La Confiance : le carburant social des nouvelles mobilités

par Laurent Chaudron, Lisa Chouchane et Jean-Paul Mizzi

47 L'aéronef autonome pour une mobilité aérienne en ville durable

par Paul Cassé

48 L'aéronef autonome pour une mobilité aérienne en ville durable

par Michel Aguilar

52 Blue Spirit Aero et l'émergence d'une aviation hydrogène

par Olivier Savin

55 Aura Aero, une ambition industrielle pour l'aviation décarbonée

par Wilfried Dufaud

56 La propulsion hybride-électrique

par Benoît Ferran

58 La SNCF innove pour une mobilité durable dans tous les territoires

par Patricia Jonville

APRÈS DEMAIN OU 30 ANS

62 Déroulé de la session

63 Quels avènements possibles des mobilités pour 2040 et 2060 ?

par Alain Sauvant

67 Les nouvelles mobilités, un chemin pavé d'ambitions pour la recherche

par Fabrice Cuzieux

71 La ville et son jumeau virtuel

par Jacques Beltran

73 Prise en compte dans l'aménagement urbain des nouvelles mobilités

par François Desgardin

76 Ville durable et Inter-modalité : Comment créer de la valeur sociale ?

par Bertrand Quélin

80 Smart City 2050 : quelle place pour l'homme au cœur d'un système de mobilités ?

par Laurence Vanin

82 La mobilité aérienne, une question d'urbanisme

par Pascal Terracol

85 L'autoroute électrique au service de la décarbonation du transport routier

par Pierre Delaigue

88 Décarbonation des mobilités et infrastructures de transport

par Nicolas Hautière



Ce numéro est entièrement dédié au colloque *Nouvelles mobilités* qui s'est tenu les 22 et 23 septembre 2022 au Hangar Y à Meudon. A cette occasion, un jeune de l'assistance a pris la parole pour exprimer sa crainte de l'avenir : « *je me demande si vraiment l'avenir que vous êtes en train de montrer est un avenir souhaitable parce que franchement je ne me ressens pas du tout dans cet avenir. Finalement ça me donne juste envie de crever de voir ça* ». Il poursuivait reprouvant le progrès technologique car à l'origine de la disparition des espèces. Ses propos révélaient le mal-être d'une génération reprochant à celles qui l'ont devancée d'avoir détruit la planète par l'industrialisation et le développement des échanges internationaux. De fait beaucoup de jeunes seraient atteints du syndrome d'éco-anxiété, un mal-être qui se nourrit des peurs liées aux crises environnementales à venir. Sans vouloir nous exonérer de notre responsabilité de grand prédateur de matières premières et de ses conséquences, il nous faut cependant dresser un bilan plus nuancé de la situation actuelle en reconnaissant les formidables progrès engendrés par la révolution industrielle.

En effet, la transition énergétique a permis de construire le monde moderne et de nous faire bénéficier de toutes les commodités de la vie actuelle. Je veux parler de la transition énergétique du XIX^{ème} siècle, qui nous a fait basculer dans l'ère moderne. En dépit des anathèmes

proférés par Maître Cornille : « *la vapeur, qui est une invention du diable, tandis que moi je travaille avec le mistral et la tramontane, qui sont la respiration du bon Dieu...* »¹, nos moulins à vent, dont la production d'énergie intermittente suffisait dans une société proto-industrielle, ont progressivement disparu, le charbon, puis le pétrole et le gaz représentant un potentiel énergétique combien plus efficace et plus facilement mobilisable.

Plus que tout autre secteur, celui de l'aéronautique doit son essor et son existence même au pétrole. Si le premier véhicule automobile à avoir franchi le cap des 100 km/h en 1899 est bien le véhicule électrique la *Jamais-Contente*, c'est le moteur à explosion qui a fait décoller le plus lourd que l'air. A la fin du XIX^{ème} siècle, le médecin Etienne-Jules Marey énonçait que la puissance de l'homme devrait être 200 fois plus grande pour qu'il puisse s'élever en actionnant des ailes artificielles. La faiblesse musculaire de l'homme est telle qu'en effort prolongé il ne développe qu'une puissance de 500 W. Selon Jean-Marc Jancovici, professeur à l'Ecole des Mines, fondateur du *shift project* et adepte des comparaisons évocatrices² : « *la puissance développée par un simple robot ménager équivaut à celle de quatre cyclistes*. Et de poursuivre : « *un occidental vit comme s'il avait deux cents esclaves à son service* ».

Notre société occidentale est tiraillée entre deux craintes contradictoires : celle du manque de ressources fossiles pour maintenir ses acquis et celle d'une utilisation abusive de ces mêmes ressources qui mettrait l'humanité en péril. Henri Madelin dénonçait en 1974 : « *Il y a une mythologie qui se pare de couleurs scientifiques lorsqu'il est question du futur*. Le thème de l'épuisement des réserves est

un thème qui revient périodiquement dans l'histoire pétrolière. En 1923 déjà, le suédois Arrhenius, prix Nobel de chimie, annonçait avec inquiétude l'épuisement des réserves dans vingt ans³. A la même époque en 1931, Paul Valéry avait déclaré, ayant à l'esprit la démesure du productivisme : « *le temps du monde fini commence* ». Et dès 1912, Paul Claudel faisait dire à Anne Vercors, paysan libre du quinzième siècle : « *Tel a été le mal du monde, que chacun a voulu jouir de ses biens, comme s'ils avaient été créés pour lui, et non point comme s'il les avait reçus de Dieu en commende*⁴ ».

Notons que les rendements céréaliers ont augmenté en moyenne dans un rapport 20 depuis l'époque médiévale. Quand Anne Vercors énonçait : « *Et depuis 10 ans il n'est pas une heure de mon travail qu'il (Dieu) n'ait quatre fois payée et une fois encore*⁴ », il exprime que ses terres champenoises lui rapportent cinq fois la semence, ce qui était exceptionnel pour l'époque, la moyenne étant de quatre. Elle avoisine maintenant 80. Le monde entier profite de ces hauts rendements céréaliers. En effet, malgré l'augmentation de la population mondiale, la faim dans le monde touchait trois fois moins de personnes en 2017 qu'en 1970. Ce que Jean-Marc Jancovici illustre en énonçant « *que de nos jours un SDF vit mieux qu'un baron du moyen-âge* ».

Cette abondance est bien sûr due à la mécanisation ainsi qu'aux engrais et aux herbicides. Pour l'avoir oublié le Sri Lanka, dut abandonner, fin 2021, le projet de devenir le premier pays au monde pratiquant une agriculture exclusivement biologique et lever l'interdiction qui frappait le glyphosate et qui avait fait drastiquement baisser les rendements agricoles, conduisant le pays au bord de la famine.

1. Alphonse Daudet, Les Lettres de mon Moulin, 1869

2. Jean-Marc Jancovici, conférence à Loudun (Vienne), le 22 octobre 2019 : <https://www.youtube.com/watch?v=Ubx9YbMz8gM>

3. Henri Madelin, La mythologie de l'or noir, supplément à l'Encyclopaedia universalis, Universalis, 1974

4. Paul Claudel, L'annonce faite à Marie, Gallimard, 1912

Nous sommes les enfants gâtés et rebelles de la révolution industrielle, désirant à la fois le maintien du niveau de vie actuel et une exploitation vertueuse des sources d'énergie d'où l'attrait pour une croissance verte. Cependant Jean-Marc Jancovici met en garde contre le mythe d'une transition heureuse et lorsqu'on lui demande si un scénario 100% énergies renouvelables est possible, il répond : « *Bien sûr que c'est possible. En l'an de grâce 1500, le monde était 100% énergies renouvelables* ² ».

La croissance mondiale, liée à l'énergie abondante, a permis ce formidable bond en avant en l'espace de deux siècles et ce malgré des conflits mondiaux d'une rare intensité. A présent, la sagesse nous impose d'innover afin de corriger les effets les plus dévastateurs liés au « progrès », sans pour autant condamner en bloc

notre société de consommation, car des restrictions conduiraient inévitablement à un raidissement politique pour gérer la pénurie. L'inspirateur du principe de précaution, Hans Jonas (1903-1993) « *voyait dans le communisme le meilleur des régimes pour maîtriser le consumérisme de son humain prédateur et sauver la planète* ⁵ ». Et Pierre Bescond ajoute, commentant l'ouvrage de Bruno Durieux duquel il extrait la citation précédente : « *Pour l'auteur, l'écologisme [qu'il ne faut pas confondre avec l'écologie - Ndlr] est donc une religion mortifère de la société civile, un mouvement qui appelle au retour de régimes autoritaires* ⁵ ». Et la gestion de la pandémie COVID 19 a montré combien la tentation de la dictature n'était pas l'apanage des seuls régimes extrémistes, et que la dérive tyrannique avait aussi affecté les démocraties.

Gardons à l'esprit que depuis 2000 ans nous vivons « les derniers temps ». Alors conservons avec une joyeuse espérance, la foi en la technique pour apporter les bonnes réponses à la crise existentielle des plus jeunes et au sauvetage d'une maison commune qui nous est à tous si chère! ■

Bruno Chanetz

directeur de recherche à l'ONERA
président d'Alumni-ONERA

5. Pierre Bescond, Note de lecture du livre « Contre l'écologisme : pour une croissance au service de l'environnement » de Bruno Durieux, Lettre 3AF n°46, 2021

Ouverture du colloque



Bruno Chanetz, Denis Larghero, Stéphane Demilly et Jean-Philippe Regnault (Crédit Philippe Lacroute)

FRANÇOIS DESGARDIN, PRÉSIDENT DU FESTIVAL STAR'S UP

Le festival star's up est un festival qui entame sa quatrième année d'existence. L'idée de départ c'était de fédérer tous les écosystèmes de l'aérospatiale, de l'espace et puis un peu plus large cette année puisque la thématique retenue c'est les nouvelles mobilités. On essaie d'agréger des professionnels, des étudiants. Et bien entendu on est soutenu par un certain nombre d'institutionnels à qui je vais avoir le plaisir de passer la parole dans quelques minutes.

Et puis on a eu la chance de croiser un Monsieur plein d'énergie avec une grosse personnalité qui s'appelle Bruno Chanetz et qui nous a fait l'immense plaisir de nous accompagner maintenant depuis deux ans en organisant un colloque qui est d'ores et déjà l'un des colloques en France qui réunit le plus de spécialistes sur les thématiques qu'on va aborder aujourd'hui et je lui en rends un hommage tout particulier parce qu'il a une énergie incroyable et qu'on lui doit beaucoup.

Je vais passer la parole à Monsieur le Maire de Meudon qui nous accueille sur son territoire.

DENIS LARGHERO, MAIRE DE MEUDON, VICE-PRÉSIDENT DU CONSEIL DÉPARTEMENTAL DES HAUTS-DE-SEINE

Merci beaucoup François,

Et surtout bienvenu à toutes et à tous. C'est un moment particulier, c'est un moment à la fois historique comme vous avez pu le mesurer, après la présentation qu'on vous a faite, et un moment d'émotion particulier évidemment pour le maire de Meudon qui a connu ce lieu fermé depuis 40 ans. Et donc c'est un symbole particulièrement fort pour moi en tant que Maire de cette commune. Je pense à tous mes prédécesseurs qui ont essayé de trouver des solutions pour faire revivre ce lieu, pour redonner son âme d'une certaine manière à ce lieu et en partie à notre ville de Meudon, qui vous l'avez compris, s'est bâtie sur la conquête, sur le développement, sur l'innovation, sur la science. Et donc c'est un moment assez unique que je suis vraiment très heureux de pouvoir partager avec vous, c'est-à-dire pas avec n'importe qui, c'est-à-dire avec la communauté scientifique, c'est-à-dire avec les jeunes c'est-à-dire avec celles et ceux qui vont faire que ce lieu va vivre et se déployer, de manière évidemment pas uniquement Meudonnaise mais bien au-delà, pour faire revivre un site multiple, emblématique.

Et à cet instant je veux remercier particulièrement Frédéric Jousset et Didier Gouband, qui sont les investisseurs, les aménageurs sans lesquels ce lieu ne serait pas ce qu'il est ce matin devant vous et je crois que nous leur devons beaucoup, d'avoir accepté aussi d'une certaine manière de pré-ouvrir ce lieu avant même qu'il ne soit totalement achevé.

Merci infiniment de partager ce moment avec nous. En terme de transports je pense que c'était un tout peu compliqué peut-être pour les uns et pour les autres. Voyez qu'on n'est encore pas tout à fait parfait et c'est bien dans le thème des mobilités. On a encore beaucoup à faire en terme de mobilités.

On se prépare en plus à vivre un moment assez unique, dans quelques instants, à savoir l'ouverture des grandes portes qui se trouvent au fond du Hangar, peut-être pour laisser passer un dirigeable. La dernière fois qu'un dirigeable, comme vous le savez, est parti d'ici, c'était il y a 140 ans et c'était pour une première mondiale. Et évidemment ce sera un moment particulièrement précieux pour nous.

Et je remercie évidemment devant vous Bruno Chanetz, le sénateur Demilly d'être avec nous aujourd'hui, comme ils l'ont été l'année dernière autour du colloque sur Albert Caquot, qui était un moment aussi très fort pour célébrer une personnalité très importante qui a travaillé, ici, ici-même et donc ce lien est très fort entre les ballons Caquot, entre aujourd'hui sur ce que nous allons vivre autour du thème des nouvelles mobilités.

Alors tous mes vœux accompagnent bien sûr ce colloque, tous mes vœux accompagnent *star's up*, qui va manifester aussi l'ouverture de ce lieu au grand public. C'est un très grand défi, c'est un très grand chantier qui prend forme aujourd'hui avec vous et je souhaite bien sûr le meilleur à ce colloque et aux échanges qui vont suivre. Merci beaucoup à celles et ceux qui vont participer à la journée d'aujourd'hui et de demain, cher Bruno. Monsieur Le sénateur, cher Stéphane ...

STÉPHANE DEMILLY, SÉNATEUR DE LA SOMME, MEMBRE DE LA COMMISSION DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE AU SÉNAT

Mesdames, Messieurs,
Bonjour à tous,

Je souhaite remercier le Président Bruno Chanetz pour l'organisation de ce colloque. Je salue l'arrivée du commandant Philippe Lacroute ! (*qui vient de s'asseoir au premier rang [NDLR]*). Merci à Monsieur Le Maire de Meudon pour son accueil et son soutien. Tout d'abord, je voudrais te dire que c'est un lieu magique. Il est vraiment magnifique de l'intérieur et de l'extérieur.

Nous sommes ici dans un centre historique de recherche et de développement de l'aéronautique française. Ce hangar en particulier est le premier hangar à dirigeables au monde, et l'un des rares qui subsistent en Europe.

La question des mobilités est au cœur de nos sociétés depuis longtemps. Elle représente aujourd'hui plus que jamais un enjeu déterminant pour répondre à l'urgence climatique, énergétique et sociale.

Repenser notre mobilité peut constituer un levier efficace de réduction des émissions, mais nous devons pour cela changer nos habitudes.

Nous devons soutenir la transition énergétique des secteurs ferroviaire, aéronautique et maritime, pour le transport de marchandises et la mobilité des personnes au quotidien.

Lors de ce colloque, de nombreuses interventions porteront sur l'aéronautique. J'en suis ravi en tant que Sénateur de la Somme, né à Albert, le berceau de l'industrie aéronautique française.

Les discours « anti-aérien » ou « l'avion-bashing » s'est durci ces dernières années. Pourtant, la réalité de l'impact environnemental de l'avion est inversement proportionnelle à la place qu'il occupe dans le débat public.

Le transport aérien ne représente que 2 % des émissions de gaz à effet de serre. Sur le territoire français uniquement, ce chiffre descend à 1,4 % des émissions carbone, là où le secteur routier en est responsable de 25 % (INSEE).

Le secteur aérien est de plus mobilisé depuis longtemps en faveur de l'amélioration de son bilan carbone, notamment pour parvenir à la neutralité d'ici 2050.

Je me réjouis de voir présents au programme de ce colloque un nombre important d'experts de l'aéronautique, réunis ici pour parler d'aviation décarbonée et durable.

Il est crucial de penser des stratégies de mobilité efficaces, résilientes et viables d'ici 10 ans, 20 ans, 30 ans !

La prise en compte de nos territoires sera bien sûr primordiale.

Une coopération soutenue entre les acteurs locaux et le Gouvernement sera nécessaire afin de penser de nouvelles solutions de mobilité, en respectant l'organisation des territoires et avec l'objectif de garantir un mode de vie soutenable pour tous nos concitoyens.

J'y serai bien sûr attentif lors de mes travaux au Sénat, et je suis certain que ce colloque sera porteur d'échanges constructifs en faveur d'une mobilité durable.

Je vous remercie.

BRUNO CHANETZ, PRÉSIDENT D'ALUMNI-ONERA

Au nom des membres du conseil scientifique de ce colloque, je remercie Monsieur le sénateur Stéphane Demilly d'avoir apporté à cet événement le parrainage de la commission sénatoriale de l'aménagement du territoire et de développement durable. Je remercie également Denis Larghero, maire de Meudon et vice-président du conseil départemental des Hauts-de-Seine de soutenir cette manifestation. Merci à vous, chers Stéphane et Denis pour votre sympathique accueil.

Cette quatrième édition de *star's up* à Meudon est le deuxième événement organisé en partenariat avec Alumni-ONERA. En 2021 nous avons réalisé le colloque sur le futur de l'aérostation et des dirigeables au centre d'art et de culture de Meudon. Vous trouverez les actes de ce colloque à votre disposition sur le stand ONERA. Parmi les participants de ce colloque, deux reviennent cette année pour la présente édition consacrée aux nouvelles mobilités :

- Flying Whales, le dirigeable pour transport de charges lourdes ;
- Dirisolar, le dirigeable touristique.

Mais le présent colloque est spécifiquement consacré aux nouvelles mobilités. Parmi les concepts novateurs de ce secteur : les VTOL, ces aéronefs à décollage et atterrissage vertical, conçus pour décongestionner la circulation en ville. Ils préfigurent ce que pourraient être les voitures et taxis volants de demain.

Cependant la voiture volante fait rêver depuis bien longtemps. On se souvient de *Fantomas* s'envolant, en 1965, à bord d'une DS dont les ailes se déploient, laissant ses poursuivants – Jean Marais et Louis de Funès – au sol dans leur Jeep !

Mais déjà il y a plus d'un siècle, en 1921, René Tampier présentait au 7e salon de l'aéronautique, au Grand-Palais, son avion-automobile : un biplan aux ailes rétractables, convertible en automobile, roulant la queue en avant et l'hélice en arrière. Une photographie du printemps 1922 le montre circulant rue Royale.

Revenons au futur, sachant que dès 2024, à l'occasion des Jeux Olympiques de Paris, il est prévu des démonstrations de VTOL. Le secteur de la mobilité urbaine aérienne est en effet en pleine effervescence. On a compté plus de 500 projets existant dans le monde. Nous verrons la présentation de quelques-uns d'entre eux au cours de ces deux journées. Mais la vision est plus large. Nous aborderons aussi le secteur des véhicules terrestres autonomes, celui des nouvelles propulsions, les aspects réglementaires et assurantiels, ainsi que la vision de la ville future, sans oublier une réflexion éthique sur ce nouveau domaine.

Mais avant les trois sessions de présentation individuelles, intitulées aujourd'hui, demain et après-demain, cette première matinée verra les intervenants d'une table ronde inaugurale tenter de répondre à la difficile question : « comment concilier nouvelles mobilités et sobriété énergétique ? ».

Je précise que les actes du colloque seront publiés dans un numéro spécial de la nouvelle revue TRAJECTOIRE(S), dont vous trouverez le premier n°, également sur le stand ONERA.

La Maire de Poitiers déclarait récemment : « L'aérien ne doit plus faire partie des rêves d'enfant ». Je vous souhaite cependant un excellent colloque avec une part de rêve, bienvenue dans le contexte anxieux qu'on nous impose depuis trop longtemps.

Je vais maintenant passer la parole à Jean-Philippe Regnault qui est vice-président du festival *star's up* avec qui nous collaborons avec bonheur depuis deux ans.

JEAN-PHILIPPE REGNAULT, VICE-PRÉSIDENT DU FESTIVAL STAR'S UP

Merci Bruno, Merci Monsieur le Maire, merci Monsieur le Sénateur,

On va faire bref pour plonger dans le vif du sujet. Je vois cette belle assemblée avec tous les étudiants, tous les experts.

Je voudrais projeter une petite image. Monsieur le Maire, c'était il y a trois ans. Séquence émotion. C'est un peu Ushuaia ! On était exactement là, Denis, tu te souviens. Vous reconnaissez un petit peu le Hangar Y. Sur la photo il y a François Schuiten, le monsieur qui est là, c'est lui qui a fait le magnifique dessin du Hangar Y que vous avez vu sur l'affiche dont une édition d'art est disponible à vendre sur le site de Meudon Valley. N'hésitez pas ça vous fera un bon petit souvenir. Il y a Laurent Durieux, qui est son compagnon coloriste. François Schuiten, pour ceux qui connaissent est le grand scénariste et réalisateur de BD Belge

Et Denis tu leur présentais ce projet. Et quand je vois ce résultat, franchement je crois qu'on peut applaudir tous les gens qui ont travaillé pour avoir ce bâtiment restauré de cette manière. C'est quand même un exploit architectural.

Tu citais Art Explora et effectivement ce bâtiment va devenir le vaisseau amiral d'Art Explora. C'est une fondation qui a pour vocation de rendre l'art accessible au plus grand nombre. Et cette année d'ailleurs, en parallèle de cette volonté que nous avons aussi dans *star's up* de toujours mettre cette petite poussière artistique, car on avait déjà fait une belle sérigraphie sur le Hangar Y il y a 4 ans déjà. Donc Artagon, en partenariat avec Art Explora, aide des jeunes artistes, en particulier de l'art contemporain, que nous allons aussi rencontrer avec M. Le Maire. Ils sont présents parmi vous, ce qu'on appelle en résidence. Ils sont en train de réaliser des œuvres autour de cette thématique de transport. Voilà on associe la science – comme disait Bruno le rêve, car tu as raison il faut rêver par rapport à ces sujets là - et la partie artistique.

Et enfin Monsieur le Maire en parlait tout à l'heure. Tu évoqué tout à l'heure, Denis, que ça faisait 130-140 ans qu'un dirigeable n'était pas revenu dans le hangar Y. Donc maintenant je parle à mes amis de Flying Whales. Maestro musique !

Vous avez dû sentir un petit vent froid car les portes ont été ouvertes de manière majestueuse. C'est du direct. Il y a eu une petite répétition, mais on va voir ce que ça va donner, le tout piloté par les étudiants de l'ESTACA, bravo à eux ! ■

Le colloque Les nouvelles mobilités des 22 et 23 septembre 2022 dans le Hangar Y de Meudon

PAR BRUNO CHANETZ

Ce colloque de deux jours sur Les nouvelles mobilités s'est tenu au Hangar Y de Meudon, grandiose hangar à dirigeables, classé Monument historique, qui vient de faire l'objet d'une restauration exemplaire, grâce à Didier Gouband, dont la société Culture et Patrimoine est concessionnaire du bâtiment et Laurent Jousset, président de la fondation Art Explora, mécène des lieux. Comme en 2021 pour le colloque sur *Le futur de l'Aérostation et des dirigeables*, cet événement était organisé dans le cadre du festival Meudonnais annuel *star's up*, le conseil scientifique étant composé de nombreux membres d'Alumni-ONERA et de *star's up*.

Liste des membres du conseil scientifique

- Bruno Chanetz, Alumni-ONERA
- Jean-Guillaume Baylin, Safran Landing systems, Star's up
- Philippe Castera, Dassault Systèmes, Alumni-ONERA
- Laurent Chaudron, Theorik-Lab, Alumni-ONERA
- François Desgardin, Nexity, Star's up
- Alain Durand, Sopra Steria Next, Alumni-ONERA
- Vincent Godec, ONgineer, Star's up
- Marc Greiller, Airbus
- Jean Hermetz, ONERA
- Jean-Paul Mizzi, Université Gustave Eiffel
- Florin Paun, Alumni-ONERA
- Yvon Moysan, Hussaracademy
- Jean-Philippe Régnauld, Accenture, Star's up

La thématique des Nouvelles mobilités avait été initiée par une table ronde Alumni-ONERA/3AF à l'hôtel de l'industrie le 17 novembre 2021, à l'occasion de laquelle la 3AF avait publié un fascicule rassemblant les articles des quatre orateurs de la soirée, disponible sur le site à la rubrique HCS :

https://www.3af.fr/global/gene/link.php?doc_id=4595&fg=1

Parmi les participants du colloque dédié à l'aérostation de 2021, deux sont revenus cette année présenter leurs concepts sur des stands installés dans le Hangar Y :

- Flying Whales, le dirigeable pour transport de charges lourdes ;
- Dirisolar, le dirigeable touristique.

De plus, Avions Mauboussin dont le CEO David Gallezot, avait participé à la table ronde du 17 novembre 2021 à l'hôtel de l'industrie, occupait également un stand, l'immensité du Hangar Y

permettant à la fois la tenue du colloque, du Hackathon associé et des expositions.

Au cours de colloque, l'accent fut mis sur les concepts les plus novateurs dans le secteur des nouvelles mobilités avec les VTOL, aéronefs à décollage et atterrissage vertical, conçus pour décongestionner la circulation en ville. Ils préfigurent ce que pourraient être les voitures et taxis volants dans un proche futur, puisqu'à l'occasion des Jeux Olympiques de Paris en 2024, il est prévu des démonstrations. Le secteur de la mobilité urbaine aérienne est en effet en pleine effervescence. On a compté plus de 500 projets existant dans le monde. Quelques-uns, parmi les projets de *start-ups* françaises, ont été présentés au cours de ces journées.

Mais la vision était plus large, ce colloque ayant aussi abordé le secteur des véhicules terrestres autonomes, celui des nouvelles propulsions, les aspects réglementaires et assurantiels, ainsi que la vision de la ville future, sans oublier une réflexion éthique sur ce nouveau domaine.

La cérémonie d'ouverture s'est achevée par de superbes images d'un dirigeable radiocommandé pénétrant dans le Hangar Y :

<https://coworkingchannel.news/colloque-les-nouvelles-mobilites-2022-partie-1-ouverture/>



Modèle réduit de Flying Whales (crédit Flying Whales)



Le colloque nouvelles mobilités (crédit : Jean Molveau)

Mais avant les trois sessions de présentation, intitulées aujourd'hui ou 3 ans, demain ou à 10 ans et après-demain ou à 30 ans, la première matinée s'est terminée par deux tables rondes, animées avec talent par Jean-Louis Dropsy, où les intervenants eurent à répondre à la difficile question : « comment concilier nouvelles mobilités et sobriété énergétique ? » :

<https://coworkingchannel.news/colloque-les-nouvelles-mobilites-2022-session-1-table-ronde-comment-concilier-les-nouvelles-mobilites-et-la-sobriete-energetique-partie-1/>

<https://coworkingchannel.news/colloque-les-nouvelles-mobilites-2022-session-1-table-ronde-comment-concilier-les-nouvelles-mobilites-et-la-sobriete-energetique-partie-2/>

Toutes les autres sessions sont également accessibles sur le site de notre partenaire : **coworking channel (CC)** :

<https://coworkingchannel.news/>



Hangar Y : entrée nord (crédit Jean Molveau)



Hangar Y : entrée sud (crédit star's up)

L'industrie
aéronautique
**vous
passionne ?**



REJOIGNEZ
OLIVER WYMAN !



 **OliverWyman**

**MAKE AN IMPACT.
YOUR OWN WAY.**

SESSION

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

JEUDI 22 SEPTEMBRE

Animateurs : Jean-Guillaume Baylin et Vincent Godec



Jean-Guillaume Baylin est diplômé de l'I.U.T de Ville d'Avray (1996) – Pilote privé (1996). Diplômé de l'école d'ingénieur ESILV (2000) Axe Mécanique des Systèmes. De 2000 à 2007 : Ingénieur consultant Design & Stress pour le compte de grands groupes du secteur Aérospatial (Airbus, Dassault-Aviation, SAFRAN) sur des programmes variés tels que Ariane 5, Rafale, moteur CF-34. Il rejoint ensuite Safran Landing Systems à Vélizy-Villacoublay (ex Messier-Bugatti-Dowty) - tout d'abord au sein du BE Militaire puis au support technique en charge du support en service de toute la flotte Airbus. En 2011 il rejoint les équipes de l'après-vente et est en charge aujourd'hui du support client en contact direct avec les compagnies aériennes de la zone Europe-Africa-Middle-East (EAME). Membre fondateur du festival Stars'up de Meudon depuis 2018.



Vincent Godec a démarré sa carrière internationale dans la mobilité dans le début des années 90 chez PSA pour développer les premiers services d'information temps réel liés à la navigation. Ensuite il devient responsable Europe des nouveaux services navigation pour la société Navteq (devenue HERE, leader mondial de la cartographie) jusqu'en 2007. Puis Il occupe le poste de directeur général de Mediamobile et Be Mobile France (leader européen des services d'information trafic routière) jusqu'en 2021. Depuis 2022, il est directeur d'Engineer France et Benelux, spécialisée dans les solutions de recharge de micromobilité.

- 14h00 **Alban Negret**, **Aéroports de Paris** : Advanced Air Mobility : nouveaux usages et nouveaux services à l'horizon des JOP 2024
- 14 h 15 **François Le Marechal**, UAM - Strategy & Partnerships, **Airbus Urban Mobility GmbH** : Comment Airbus contribue à la création d'écosystèmes de mobilités aériennes efficaces, durables et inclusives ? (article non parvenu)
- 14 h 30 **David Gallezot**, président, **Avions Mauboussin** : La mobilité aérienne régionale écoresponsable
- 14 h 45 **Christian Pineau**, vice-président business development, **MACA** : L'eVTOL de sport et de compétition, les bases d'un futur championnat
- 15 h 00 **Arthur Grunwald**, chef du programme Cassio, **VOLTAERO** : Le projet Cassio : comment soustraire l'aviation générale de l'équation environnementale ?
- 15 h 15 **Aurélien Berthelet**, directeur général, **Berthelet** : Véhicule autonome et mobilité servicielle : retour d'expérience
- 15 h 30 **Vincent Abadie**, maître expert des systèmes d'aide à la conduite et des véhicules autonomes, **Stellantis** : Véhicules autonomes, réalité et perspectives (article non parvenu)
- 15 h 45 PAUSE
- 16 h 15 **Arnaud Violland**, CEO, **Safetyn SAS** : l'enjeu de la sécurité et de la préservation de vie dans le déploiement de la mobilité aérienne urbaine
- 16 h 30 **Quentin Rose**, expert des nouveaux enjeux assurantiels liés aux évolutions de la mobilité (taxis volants), **SAAM Verspieren Group** : L'assurance au service de l'aviation électrique
- 16 h 45 **Nicolas Marescaux**, directeur adjoint Réponses Besoins Sociétaux et Innovation, **MACIF** : « Mobilité pour tous, autonomie pour tous », la communauté d'intérêt véhicule autonome Movin'On
- 17h 00 **Olivier Jouans**, **DGAC** : VTOL : La réglementation sera-t-elle au rendez-vous ?
- 17 h 15 FIN DE LA PREMIÈRE JOURNÉE

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

Le projet VTOL Paris 2024

PAR ALBAN NEGRET, AÉROPORT DE PARIS, GROUPE ADP



Le Volocopter 2X en vol lors de l'inauguration du vertiport de Pontoise (crédit : Volocopter)

Au sein du Groupe ADP, dans un contexte fortement concurrentiel, nous repensons nos aéroports comme des laboratoires vivants pour des dynamiques de mobilité innovantes et une aviation durable. Nous nous engageons plus que jamais à réinventer l'aviation de demain et à accélérer le développement de l'Advanced Air Mobility.

En coopération avec la Délégation générale de l'aviation civile (DGAC) et le soutien de l'Agence européenne de la sécurité aérienne (EASA), nous menons aujourd'hui une approche multi-acteurs public-privé, pour lancer l'industrie de la mobilité aérienne avancée et répondre à ses besoins complexes et interdisciplinaires. C'est l'essence même de la communauté industrielle et académique que nous avons structurée en Île-de-France et lancée sous le nom d'Advanced Air Mobility Alliance. Aux côtés de cette collectivité et de notre partenaire stratégique, le groupe RATP, nous avons défini une feuille de route incrémentale pour lancer les services de Mobilité Aérienne Avancée en Île-de-France et les intégrer progressivement dans le mix de mobilité urbaine existant. Notre feuille de route sur 10 ans s'aligne sur les projections du marché et les objectifs de certifications et repose sur une vision holistique combinant véhicules, infrastructures, gestion de l'espace aérien,

opérations et réglementations, avec un objectif de déploiement à grande échelle d'ici 2030 et une phase d'accélération autour des Jeux olympiques de 2024 et Jeux Paralympiques. Nous étudions actuellement différents scénarios de services pré-commerciaux à l'horizon 2024 avec deux lignes :

- la première entre l'Héliport de Paris et l'aérodrome de Saint-Cyr l'Ecole à côté du Château de Versailles ;
- le second entre les aéroports Paris-Charles de Gaulle et Le Bourget et la ville de Paris, sur un site à déterminer.

Les Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024 apporteront l'élan nécessaire pour franchir une frontière stratégique et accélérer le déploiement à grande échelle d'ici 2030 avec un réseau étendu de routes urbaines et périurbaines.

Pour préparer le terrain pour une mise à l'échelle opérationnelle et renforcer notre préparation au lancement de services commerciaux, il est essentiel de relever les défis de la technologie, de l'acceptabilité et de la sécurité. C'est le point de départ de notre feuille de route. Le Groupe ADP a fait de l'un de ses aérodromes de la région parisienne, à Pontoise, un site expérimental pour tester

et valider les futures technologies, opérations, infrastructures et réglementations sur la mobilité aérienne. Cet aéroport est considéré comme un terrain de jeu technique et une plateforme d'acceptabilité où les futurs utilisateurs, collectivités et acteurs institutionnels pourront s'interfacer avec cette technologie et réagir à son déploiement. De plus, cet endroit servira de support aux autorités locales et européennes pour poursuivre leurs travaux dans le cadre réglementaire sur les orientations de l'espace aérien et des infrastructures.

Fort de son expertise dans les domaines de la gestion, de l'exploitation, de l'aménagement et de l'ingénierie des aéroports et aéroports, le Groupe ADP planifie le futur réseau de vertiports franciliens et adapte ses infrastructures aéroportuaires pour répondre à la fois aux prérequis des constructeurs d'e-VTOL en termes de de la recharge, de la maintenance et des opérations côté piste, avec la durabilité et la modularité comme principes de conception clés.

Alban Negret est chargé de l'encadrement de l'équipe Innovation (15 chefs de projets), rattachée au Directeur Général Adjoint du Groupe ADP.

En charge de la mise en œuvre de nouvelles solutions et technologies au sein du vaste terrain de jeu aéroportuaire (~15 projets par an), de la diffusion de la culture de l'innovation, de l'investissement direct dans des start-ups (8 entreprises en portefeuille) et indirectement via des fonds de capital-risque et de l'exploration de nouveaux territoires, telle la Mobilité Aérienne Avancée.

Auparavant, Alban Negret était en charge de la feuille de route ADP sur la Mobilité Aérienne Urbaine (UAM) et de l'expérimentation des drones dans les aéroports à travers des partenariats, le développement d'infrastructures et la contribution aux nouvelles réglementations.

Ancien consultant en stratégie avec une large gamme d'expériences, axées sur l'aérospatiale et la défense et le transport aérien :

- support opérationnel et projets de croissance pour les clients de l'aérospatiale et de la défense ;
- définition de la stratégie et de la planification des affaires pour les compagnies aériennes/exploitants d'aéroports dans divers secteurs (Industrie, Distribution, Santé, Banque)
- Alban Negret est titulaire d'un master en formation d'ingénieur aérospatial et d'une licence professionnelle de pilote de drone DGAC. ■

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

Mobilité aérienne interurbaine et aérodynamique optimisée

PAR BENJAMIN DEVEAUX, INGÉNIEUR AÉRODYNAMICIEN CHEZ AVIONS MAUBOUSSIN

La marque mythique d'Avions Mauboussin a été relancée par David Gallezot qui a fondé l'entreprise en 2011. Celle-ci est implantée à Belfort depuis 2017 avec une équipe d'une dizaine de personnes. L'objectif est de permettre une mobilité aérienne interurbaine responsable. En d'autres termes, on souhaite relier directement le cœur des villes avec une solution de transport aérien rejetant peu de CO₂. Afin d'illustrer l'intérêt de cette mobilité interurbaine, considérons par exemple le trajet entre Paris la Défense et Canary Wharf à Londres. Le trajet par avion de ligne ou par Eurostar dure environ 3h30, porte à porte. Avec un avion pouvant décoller de l'héliport d'Issy-les-Moulineaux et atterrir à London City, le trajet porte à porte ne dure plus que 1h30. Puisque la piste d'Issy-les-Moulineaux ne fait que 300m de long, l'avion doit posséder la capacité de décoller et atterrir court (STOL en anglais). Ensuite, la réduction des émissions de CO₂ des Avions Mauboussin passe par le développement d'un système de propulsion hybride électrique – thermique innovant, projet baptisé *Zéphyr*. Le moteur thermique, dans un premier temps alimenté en carburant conventionnel, fonctionnera à terme avec de l'hydrogène. Enfin, la structure sera réalisée en composites naturels avec du bois et des fibres issues de filières responsables.

Le premier modèle d'Avions Mauboussin sera un avion léger biplace en tandem : Alérion M1h. Le second sera un avion multimoteur régional hybride de 6 places : Alcyon M3c. Le premier vol d'Alérion est prévu en 2023 et celui d'Alcyon en 2024. La conception d'Alcyon s'appuiera sur les briques technologiques développées pour Alérion.

Parmi ces briques technologiques, l'aérodynamique d'Alérion devra lui permettre de décoller et atterrir court tout en ayant un large rayon d'action. Cela demande donc d'avoir une aile générant un coefficient de portance élevé pendant les phases de décollage et atterrissage tout en ayant un coefficient de traînée minimal durant le vol de croisière. Pour atteindre ces objectifs, un travail d'optimisation du profil d'aile a été réalisé, ce qui est schématisé dans l'encadré. Le résultat est un profil à géométrie variable disposant d'un bec de bord d'attaque et d'un volet double fente. La philosophie de la conception d'Alérion étant « simplicité et efficacité », une attention particulière a été portée à la simplification de la géométrie du profil et de la cinématique des éléments mobiles.



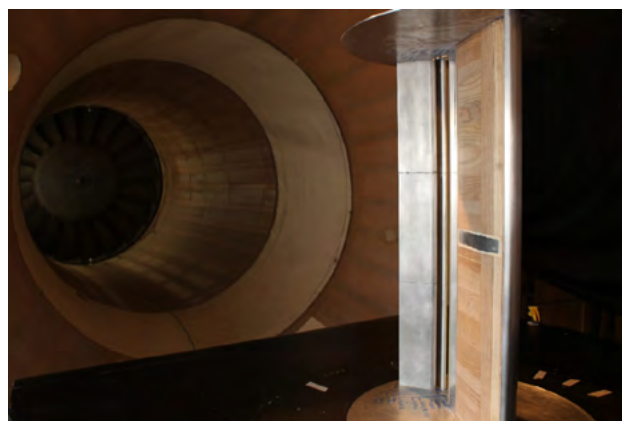
Alcyon M3c, un avion multimoteur régional hybride de 6 places



Alcyon M3c, un avion multimoteur régional hybride de 6 places

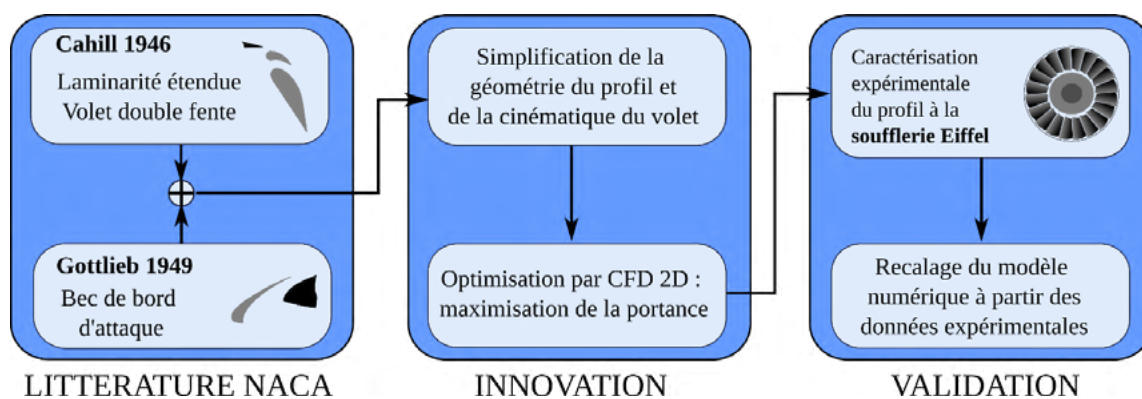
Une campagne d'essai réalisée au Laboratoire Aérodynamique Eiffel a permis de caractériser expérimentalement ce profil optimisé. Ces essais ont également permis d'évaluer la faisabilité de plusieurs solutions techniques. Des visualisations par fils de laine et des sondages dans le sillage ont été réalisés en complément des mesures d'efforts. Ces données expérimentales permettent d'une part d'analyser finement l'écoulement autour du profil, et servent d'autre part de référence pour valider les simulations numériques. La combinaison de l'approche expérimentale et numérique offre donc une caractérisation exhaustive de ce profil d'aile, posant ainsi des bases solides pour la suite du dimensionnement d'Alérion. ■

Article déjà publié dans la Lettre 3AF n°47



Profil d'aile d'Alérion M1h dans la soufflerie Eiffel

Un profil optimisé pour l'aile d'Alérion M1h



AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

MACA : L'eVTOL de sport et de compétition, les bases d'un futur championnat

PAR CHRISTIAN PINEAU, VICE-PRÉSIDENT BUSINESS DEVELOPMENT, MACA



INTRODUCTION : LA S11 DE MACA : LA COURSE DE VÉHICULES VOLANTS EN MODE « STAR WARS » ?

Les fans de Star Wars sont légion et les membres de l'équipe de MACA en font partie : Leur objectif est en effet de lancer à court terme les spectaculaires courses de Podracers qui ont habituellement lieu sur Tatooine à l'occasion de la « Classique de la Boonta Eve ». Basée à Aix-en-Provence, MACA compte conquérir le marché des engins volants en créant une toute nouvelle catégorie de véhicules électriques alimentée à l'Hydrogène, à la frontière entre la voiture de course et un drone à taille humaine.



Baptisé S11, le projet prend naissance en 2018 au sein du groupe Airbus Helicopters : La première équipe en charge de la R&D réussit rapidement à faire voler un prototype à l'échelle 1/3 qui est approuvé par l'ONERA. L'aventure est alors lancée !

I. COURSES DE VÉHICULES VOLANTS : POURQUOI CE CHOIX ?

Le projet MACA s'inscrit dans le cadre d'une révolution dans la mobilité au même titre que le séisme créé par Tesla lorsqu'il a bousculé l'industrie automobile avec ses véhicules électriques.

Les concepteurs du projet ont conscience que les sports mécaniques servent de banc d'essai aux technologies innovantes et qu'une fois éprouvées sur différents circuits, lesdites technologies sont adaptées par l'industrie automobile sur les voitures de tourisme. L'objectif initial des premiers membres de l'équipe en charge de la création de la voiture de course volante sera de faire de la course de VTOL un laboratoire de développement permanent, en attendant de pouvoir adapter les briques technologiques qui seront développées sur les futurs V-TOL grands publics. Par ailleurs, les courses liées aux sports mécaniques "nouvelle génération" se devront d'être spectaculaires et respectueuses de l'environnement : la voiture de course volante fabriquée par MACA sera, à ce titre, composée de matériaux écologiques et durables.



Se concentrer sur le marché du divertissement présente également de nombreux avantages : Tout d'abord, cette stratégie doit permettre à Maca de devenir rapidement rentable, dans un contexte où la lente évolution des réglementations en matière de véhicules volants rend floues les projections financières des entreprises qui misent sur les trajets du quotidien (Certification). Le fait de limiter les courses de voitures volantes à des circuits fermés permet à MACA de s'affranchir d'une certification très complexe et coûteuse à obtenir : Un simple « Permit to Fly » est en effet nécessaire en matière de réglementation.

L'effet vitrine permettra d'inciter les collectionneurs aisés à s'y intéresser de plus près : MACA envisage en effet de vendre ses S11 à une clientèle privée, prête à débours des sommes conséquentes pour s'offrir un produit « unique » (Série limitée) et une expérience de mobilité hors du commun.

II. AUTONOMIE : L'HYDROGÈNE, LA CLÉ DU SUCCÈS

Les ingénieurs impliqués dans le projet prennent rapidement conscience qu'avoir recours à de simples batteries ne leur permettra pas d'obtenir l'autonomie nécessaire pour organiser des courses dignes de ce nom. Ils décident alors de miser sur une source d'énergie parfois présentée comme la clé pour décarboner l'industrie : l'hydrogène. « Nous sommes conscients que l'approvisionnement en hydrogène vert reste à ce jour un défi, reconnaissait en mai 2019 le principal responsable du développement du projet, mais notre R&D est focalisée sur cette technologie. Nous sommes pleinement convaincus que ses avantages écologiques finiront par s'imposer et que la S11 gagnera grandement en autonomie » : La future Formule 1 volante sera donc équipée d'une pile à combustible à Hydrogène.

III. CRÉATION D'UNE « SPIN-OFF » : MACA

Au sein d'Airbus Helicopters les progrès de l'équipe d'ingénieurs en charge du développement de ce « side project » sont très concrets pendant de longs mois. Mais l'année 2020 et la crise du COVID, qui restera liée à cette période, chamboulent peu à peu les plans de tous les acteurs du secteur aéronautique. La direction Innovation du groupe Airbus propose alors aux principaux développeurs du projet de « voler de leurs propres ailes » et de leur faire une donation, ce qu'ils acceptent pour lancer la société MACA en novembre 2020, entité qui sera totalement indépendante du groupe Airbus.

IV. PARTENAIRES STRATÉGIQUES ET CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES :

Afin de mener à bien son projet, MACA s'est, depuis qu'elle a hérité du statut de startup à part entière, entouré des meilleurs bureaux d'études et prestataires industriels, tous reconnus pour leur excellence technologique, notamment en matière de sports mécaniques : Red Bull Advanced Technologies, Ségula Technologies, et Cavok Engineering.

Caractéristiques principales de la S11 :

- Mensurations et Poids : 5 mètres de long - 400 Kilos
- Vitesse de Pointe : 250 km/heure
- Sécurité: Technologie Cognitive (Lidar et autres développement internes en cours)
- 85 % Recyclable : Matériaux composites en fibre de lin.



V. MODÈLE ÉCONOMIQUE

Afin d'assurer la pérennité du projet au long cours, le Business Model de MACA est bâti sur 3 piliers et différentes phases de développement dans les 8 prochaines années :

- 2022 - 2025 : Prévente des premiers véhicules avec "Permit to Fly" à des collectionneurs de voitures de sports de luxe (Modèles exclusifs)
- 2025:2030 : Promotion du championnat de voitures de courses volantes, avec l'aide de Red Bull Racing notamment + Sponsoring via des marques de luxe qui ont déjà approché la société.
- A partir de 2030 : Création d'une gamme de véhicules de type V-TOL destinés aux professionnels et au grand public.

VI. MARCHÉ CIBLE

Les sports mécaniques génèrent 159 milliards d'euros dans le monde et représentent une valeur ajoutée de 67 milliards d'Euros. Les championnats de voitures de courses volantes devraient attirer des millions de fans dans le monde, quelle que soit leur origine sociale. L'un des partenaires stratégiques de MACA, Red Bull Advanced Technologies, est un spécialiste des sports extrêmes et a permis à Red Bull Racing d'accumuler des centaines de coupes issues de différents types de championnats ces vingt dernières années. Red Bull Racing est notamment le champion du monde de formule 1 depuis 2021.

Le marché du V-TOL va évoluer de manière exponentielle à partir de 2025, date où vont commencer à apparaître les projets certifiés. En 2030, 60% de la population mondiale aura migré vers les villes, entraînant beaucoup de pression sur le transport urbain : Le marché des véhicules volants atteindra alors 320 milliards de dollars (Source* : Morgan Stanley - <https://prn.to/3KQsmrf>). Il ne cessera d'augmenter pour atteindre \$1.533 milliards de dollars en 2040. (Source* : Fortune Business Insights - <https://bit.ly/3iij8bb>)

VII. ETAT ACTUEL DU PROJET ET PERSPECTIVES

Le démonstrateur à l'échelle 1/3, réalisé en 2019, a prouvé la faisabilité du concept. Deux années de R&D supplémentaires, permettent aujourd'hui à l'entreprise d'envisager la livraison d'un démonstrateur à l'échelle 1 d'ici le début de l'année 2023.



Afin de concrétiser ses plans, Maca est aujourd'hui à la recherche d'investisseurs. Pour se faire connaître et attirer les business angels et investisseurs, elle a notamment participé à VivaTech (2021/222), au GITEX de Dubaï (2021/2022), au salon aéronautique de Dubaï Air Show (2021), et au CES de Las Vegas (2021/2022. En prévision pour 2023).

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

La famille d'avions Cassio : La réponse de VoltAero au défi de l'aviation éco responsable

PAR ARTHUR GRUNWALD, CHEF DU PROGRAMME CASSIO, VOLTAERO

Avec sa famille d'avions hybride électrique Cassio, VoltAero porte l'aviation durable à un tout nouveau niveau.

Bénéficiant de plus de 80 ans d'expertise pionnière combinée, VoltAero développe un avion d'aviation générale vraiment unique avec propulsion hybride-électrique pour un vol sûr, silencieux, économe et respectueux de l'environnement.

La société est dirigée par le PDG et directeur technologique Jean Botti, qui dirige une équipe avec l'expérience unique du développement et du pilotage de trois avions électriques depuis 2011, dont l'E-FAN, qui est entré dans l'histoire en 2015 en devenant le premier avion commercial tout électrique à traverser la Manche.



La conception exclusive de l'avion Cassio de VoltAero est basée sur un fuselage élégant et optimisé en termes d'aérodynamique avec un canard fixe vers l'avant et une aile arrière avec des poutres de queue jumelées qui soutiennent un empennage horizontal en partie haute.

Le Cassio 480 fonctionnera sur une puissance Hybride-Électrique de 480 kW, avec une capacité de six places. (Image : crédit VoltAero)

TRANSPORT PERFORMANT ET FIABLE AVEC DES CAPACITÉS DE 5 À 12 PLACES

Pouvant accueillir de cinq à douze personnes, Cassio aura une durée de vol d'au moins 3,5 heures, offrant une plate-forme d'aviation générale optimisée et fiable pour les propriétaires privés, les compagnies de taxi aérien/charter, les vols commerciaux, les voyages régionaux point à point ou encore pour les services publics comme la livraison ou l'évacuation médicale.

Au cœur du Cassio se trouve le module de propulsion exclusif de VoltAero, qui combine des moteurs électriques et un moteur à combustion interne. Dans son modèle intermédiaire, le Cassio 480 (6 places), le module de puissance hybride associe 300 kW de puissance du moteur à combustion interne à trois moteurs électriques de 60 kW chacun, délivrant une puissance totale de 480 kW. La puissance maximale du module est de 600 kW pour la version Cassio 600 (10-12 places), tandis que le module de propulsion du Cassio 330 (5 places) est évalué à 330 kW.

Les sources d'énergie mixtes du module de propulsion garantissent des modes de fonctionnement très sûrs en utilisant une source d'alimentation (électrique/mécanique ou les deux) selon le scénario d'utilisation. Dans un vol typique, les moteurs électriques seraient utilisés pour des décollages et des atterrissages presque silencieux, le moteur à combustion interne servant de prolongateur d'autonomie.



Cassio 480 est la version de taille moyenne de la famille d'avions hybrides électriques de VoltAero. (Image : crédit VoltAero)

RÉDUIRE LES RISQUES LIÉS À LA CERTIFICATION DU MODULE PROPULSIF EXCLUSIF DE VOLTAERO

Les principales caractéristiques de la propulsion du Cassio sont :

- Conception unique hybride électrique en série/parallèle : de la mission électrique complète à la mission hybride rechargeable complète, selon le profil de vol et les exigences de la mission.
- Une double source d'énergie qui offre une sécurité inégalée
- Une nuisance sonore réduite de 4 dBA par rapport aux avions comparables pendant les vols, et pas de bruit pendant le roulage au sol



Cassio 330 sera la première version de la famille d'avions hybrides électriques de VoltAero à entrer en production. (crédit VoltAero)

- Des émissions inférieures de 20 % à celles d'un avion comparable en mode entièrement hybride et de 100 % en mode entièrement électrique.

Le démonstrateur de vol de VoltAero, l'avion Cassio 1, valide la configuration du groupe motopropulseur du Cassio dans sa puissance nominale de 600 kW, ce qui lui permet de réduire les risques pour la certification.

Conçue dès le départ pour un faible coût de possession, la famille Cassio sera certifiée selon la spécification européenne CS23 de l'EASA en tant qu'avion monomoteur pour le marché de l'Aviation Générale.

UNE ÉQUIPE INDUSTRIELLE DE HAUT NIVEAU

Avec VoltAero à la tête d'une équipe de partenaires et de fournisseurs de classe mondiale, les avions Cassio seront produits sur une ligne d'assemblage finale spécialement conçue à cet effet dans la région Nouvelle Aquitaine, en France. Des opportunités de production sous licence seront recherchées en Amérique du Nord et en Asie. L'entrée en service est prévue pour la fin 2024, en commençant par la version Cassio 330 à cinq places. À plein régime, VoltAero prévoit de produire environ 150 avions par an.

Safran Electrical & Power, qui fournit son moteur électrique intelligent ENGINEUSTM, fait partie de la liste croissante des partenaires et fournisseurs industriels de Cassio. En commençant par la version Cassio 330 - qui sera la première à entrer en production - le moteur électrique ENGINEUSTM 100 de Safran aura une puissance maximale bien supérieure à 150 kW au décollage et sera intégré avec un moteur thermique de 150 kW dans l'unité de propulsion hybride exclusive de VoltAero. Les principales

caractéristiques de l'ENGINEUSTM 100 sont son contrôleur de moteur intégré et un système de refroidissement par air optimisé pour la gestion thermique.

VoltAero a choisi Electric Power Systems comme système de stockage d'énergie pour le Cassio 330, apportant une technologie de batterie de pointe aux premières versions construites de sa famille d'avions Cassio. Le système de stockage d'énergie EPiC™ contient une technologie de cellule avancée qui offre une densité d'énergie de plus de 200 Wh/kg (wattheures par kilogramme) au niveau du pack batterie, tout en assurant plus de 2 000 cycles de charge rapide avant qu'un remplacement ne soit nécessaire. L'écosystème EPiC développé par Electric Power Systems se compose de blocs de construction modulaires qui permettent une personnalisation au niveau de l'avion.

Thales et VoltAero se sont associés pour mettre au point des solutions innovantes de collecte de données et d'informatique aéroportées qui promettent des améliorations significatives pour l'autonomie, la durabilité et l'opérabilité de la famille d'avions Cassio. Le système FlytLink Edge Computing de Thales permet de traiter en temps réel les images des caméras embarquées avec une intelligence artificielle prenant en charge des fonctions telles que la détection des obstacles et du trafic aérien.

Un démonstrateur de son système FlytLink Edge Computing a été installé sur l'avion d'essai en vol Cassio 1. Cet ordinateur ultra-compact, originellement connecté au cloud, permet la collecte et la transmission en temps réel des données issues des capteurs et de l'avionique embarqués, ainsi que le traitement des données en vol ou au sol à l'aide d'algorithmes de dernière génération et l'hébergement d'applications facilitant les tâches de pilotage. ■

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

BERTHELET : Véhicules autonomes et mobilité servicielle : retour d'expérience

PAR AURÉLIEN BERTHELET, DIRECTEUR GÉNÉRAL BERTHELET

Groupe familial isérois, Berthelet est depuis 3 générations un acteur-clé de la mobilité urbaine et interurbaine de la région Auvergne-Rhône-Alpes. La société est présente sur toute la chaîne du transport avec une gamme complète de mobilité pour les déplacements du quotidien et pour les loisirs : transports scolaires, lignes régulières sur réseaux urbains, activités aéroportuaires, transport de tourisme et d'affaires, tournées d'artistes.

L'esprit d'innovation et la qualité de service font partie de l'ADN de l'entreprise. Berthelet s'est engagée dès 2017 dans les expérimentations de véhicules autonomes. Depuis, l'entreprise a multiplié les expérimentations et développer son expertise dans ce domaine.

Pour Berthelet, le véhicule autonome doit se positionner comme l'un des maillons du réseau de transport en commun. Il permet de répondre à des besoins de mobilité spécifiques, de compléter l'offre de transport existant et ainsi de favoriser une mobilité collective et partagée.



Dans ce contexte, le rôle d'un exploitant de transport comme Berthelet est d'accompagner les évolutions technologiques en proposant des premiers services de transport avec ces véhicules. Les retours d'expérience collectés sur le terrain, auprès des utilisateurs et des différents corps de métiers participant à l'expérimentation, permettent au constructeur du véhicule et développeur du logiciel de faire progresser le niveau d'automatisation et d'améliorer l'expérience du voyageur.

En tant qu'exploitant, Berthelet se doit également d'anticiper et d'accompagner les évolutions métier associées au développement de la technologie. A cet effet, il n'y a plus de conducteur à proprement parler dans les véhicules autonomes aujourd'hui mais des opérateurs de sécurité. Leur rôle est de garantir la sécurité du véhicule et des passagers, mais également d'accueillir et d'informer les voyageurs. Ponctuellement, ils peuvent être amenés à reprendre la main sur le véhicule si besoin. Les évolutions réglementaires et technologiques vont amener à la création du métier de superviseur déporté. À l'inverse de l'opérateur de sécurité, il ne sera plus présent à bord du véhicule mais dans un centre de contrôle à proximité du parcours, mais conservera les mêmes missions.



Afin de pérenniser le business model du véhicule autonome, le rôle du superviseur déporté est essentiel. Dès lors qu'un individu pourra superviser plusieurs véhicules à distance, cette solution de mobilité pourra être déployée pour répondre à des besoins spécifiques tout en étant compétitive par rapport à des solutions de transport conventionnelles. Les développements technologiques associés à ces évolutions doivent préserver le caractère sécuritaire du véhicule autonome, tout en améliorant les dynamiques du véhicule et ses performances énergétiques.

Le véhicule autonome partagé n'a pas vocation à remplacer des solutions de transports existantes, mais à compléter l'offre de transport en commun. Il permet ainsi d'apporter une solution de transport pertinente là où il n'y en a pas ou peu aujourd'hui, mais où le besoin existe pourtant réellement. A cet effet, plusieurs cas d'usage semblent particulièrement pertinents pour le déploiement des véhicules autonomes : des parcs d'activités, des zones industrielles, des campus universitaires, des sites hospitaliers, des aéroports, des territoires ruraux...

Par exemple, sur un site industriel fonctionnant en 24/7, une solution de transport peut être nécessaire aux employés pour se déplacer sur la zone et connecter un parking extérieur. Néanmoins, sur ces sites, la fréquentation est ponctuelle et dispersée sur une journée entière. Un service de transport conventionnel implique donc de mobiliser de nombreuses équipes de conducteurs pour assurer la continuité du service. A noter également une pénibilité du service réalisé : larges amplitudes horaires, travail de nuit et le week-end... Par conséquent, une offre de transport est complexe et coûteuse à mettre en place dans ce contexte, et le besoin de mobilité n'est souvent pas satisfait. Dans ce contexte, le déploiement de véhicule autonome permet de répondre à la demande des utilisateurs sans être confronté aux difficultés des transports conventionnels.

Pour contribuer à faire avancer la réflexion sur le véhicule autonome et participer à développer l'usage, Berthelet a rejoint en 2018 le consortium ENA (9 partenaires académiques et industriels et 2 territoires) pour répondre à l'appel à projet EVRA (Expérimentations de Véhicules Routiers Autonomes) financé par le PIA3 opéré par l'ADEME et labellisé par CARA. L'objectif d'ENA est de mener plusieurs expérimentations de navettes autonomes sur des cas d'usage variés et de déployer des méthodologies d'évaluation de l'acceptation, de mesures socio-économiques, d'étude de la sécurité... pour créer une base commune de connaissances partagées appelée bien commun. En 2022, deux cas d'études sont déployés et étudiés dans le cadre d'ENA suivant une méthodologie centrée sur l'utilisateur : Sophia Antipolis et Cœur de Brenne.

L'expérimentation menée sur la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis représente le cas d'usage périurbain d'ENA. Comme de nombreux parcs d'activités, cette zone est faiblement desservie par les transports en commun. Par conséquent, certains salariés descendant du bus ont souvent plus d'un kilomètre à parcourir quotidiennement à pied pour accéder à leur lieu de travail. Ce dernier kilomètre est pour certains utilisateurs un élément qui peut les décourager complètement d'utiliser les transports en commun pour les déplacements domicile-travail. Avec sa flexibilité, le véhicule autonome peut être une réponse appropriée pour renforcer le réseau de transport en commun et être le maillon manquant de la mobilité sur ces zones particulières. Le report modal de la voiture individuelle vers les transports en communs est donc favorisé, permettant d'améliorer la desserte des entreprises et de les rendre plus attractives. Par ailleurs, cela permet de réduire le nombre de véhicules sur la route, de limiter la congestion et de fluidifier le trafic tout en réduisant les émissions de polluants.

Cette expérimentation vise à proposer une solution du « premier / dernier kilomètre » sur la technopole. Pendant 6 mois, deux navettes Navya ont desservi un parcours de plus de deux kilomètres reliant des arrêts de bus et BHNS à des commerces et entreprises de l'avenue Roumanille. Les navettes autonomes faisaient partie à part entière du réseau de transport en commun.

La seconde expérimentation menée sur la Communauté de Communes Cœur de Brenne représente le cas d'usage en milieu rural d'ENA. De par la faible densité de population, les services, commerces et loisirs sont souvent peu nombreux en zones rurales et très dispersés. Les personnes non motorisées y ont difficilement accès. Le véhicule autonome permet d'offrir aux habitants un service de mobilité intercommunale, de favoriser le déplacement des personnes à faible mobilité, de faciliter l'accès aux commerces et services de proximité et ainsi de mutualiser les équipements et les infrastructures à l'échelle du territoire.



L'expérimentation de Cœur de Brenne consiste en la mise en place d'une navette autonome Milla reliant 4 communes rurales (soit une distance d'environ 36 km) pendant 6 mois. Ce véhicule a notamment été sélectionné pour sa vitesse maximale de 50 km/h en mode autonome lui permettant d'assurer un service acceptable pour la population tout en garantissant la sécurité des usagers en interactions avec les autres véhicules.

Plusieurs défis restent encore à relever pour les véhicules autonomes. Ces véhicules partagés sont encore globalement peu connus du grand public. Un travail d'information et de mise en confiance a été initié et doit être intensifié. Par ailleurs, la technologie doit encore progresser pour permettre une supervision des véhicules à distance, en garantissant les exigences de sécurité et de performance. La supervision déportée est un élément-clé qui permettra à ces véhicules innovants de concurrencer les transports conventionnels et de construire un business model pérenne. ■

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

L'enjeu de la sécurité et de la préservation de vie dans le déploiement de la mobilité aérienne interurbaine

PAR ARNAUD VIOLLAND, CO-FONDATEUR ET PRÉSIDENT DIRECTEUR GÉNÉRAL DE SAFETYN SAS

(2020-2030) : L'AVÈNEMENT D'UNE NOUVELLE MOBILITÉ AÉRIENNE DE BASSE ALTITUDE

Le Projet «Fly Skynest®» (voir Figure 1), lancé en 2014 à la croisée d'inspirations française, suisse, américaine et émirienne tire ses origines de diverses sources, qu'il s'agisse de maturations et de convergences technologiques ou de travaux de recherche française et européenne, comme ceux de Claude Le Tallec et de son équipe de l'ONERA, tels les projets *IFATS* (*Innovative Future Air Transport System*), *ETAPS* (*European Personal Air Transport System*) et *PPlane* (*Personal Plane*) dans la décennie (2000-2010). Ce projet initialement développé par la Société de conseil en innovation aéronautique, GlobAer Partners SAS, a mobilisé à ses origines en 2014 une dizaine d'experts aéronautiques, majoritairement français, dans des domaines très divers comme l'idéation, la R&D, la certification, l'analyse et la gestion des risques, la sûreté de

fonctionnement, entre autres domaines.... Dans sa partie initiale d'étude de faisabilité dans le cadre d'un déploiement opérationnel à l'occasion de l'Exposition universelle Dubai 2020, les sociétés Dassault Systems, Aurora Flight Sciences (entre temps acquise par Boeing), Mubadala, BRS, Autoflug, Oliver Wyman, AKKA Technologies, Risk&Co, SITA et l'ONERA – remerciements appuyés pour leurs soutiens à Messieurs Bruno Sainjon, Florin Paun et Laurent Chaudron - ont été impliquées dans les phases projet amont (voir Figure 2). Dans une 2^{de} phase initiée en 2016 avec la création de la startup SAFETYN SAS, d'autres partenaires ont soutenu la dimension « Préservation de Vie » (#PreservingLives) à destination des aéronefs certes, mais surtout des opérateurs, qu'il s'agisse de safety pilots, safety télépilotes, quel que soit le nom donné à ces pilotes de taxis aériens dont les compétences techniques et qualités cognitives et mentales vont nécessiter un changement de paradigme substantiel (À cet égard, SAFETYN a



Figure 1. Description du concept « Fly Skynest » très automatisé et très sécurisé sur base d'un aéronef à voilure fixe, doté d'un parachute balistique de secours, activé manuellement par le Safety Pilot ou automatiquement par un Centre névralgique de sécurité des vols « UAM-SAFETYN'Box »

développé une méthodologie appelée « MetaLoop® » adaptée de façon individualisée à tous opérateurs confrontés à des situations à hauts niveaux de risque et destinée à développer leur arborescence et rapidité décisionnelle). Le CERN, Airbus - via son accélérateur Airbus BizLab -, la Fédération française aéronautique – via son FFA FabLab -, la Fondation Solar Impulse – via ses #1000olutions – et l'Aéroclub de France, à travers notre marraine Catherine Maunoury, ont successivement apporté soutien et expertises diverses dans l'objectif de comprendre, caractériser, objectiver et définir les solutions d'amélioration de la sécurité en vol et la sûreté de l'aviation générale existante.

UNE NÉCESSAIRE REFONTE DE L'APPROCHE SÉCURITÉ DANS LA TRANSITION « AVIATION GÉNÉRALE DE LA FIN DU 20^{ÈME} SIÈCLE » VERS LA « MOBILITÉ AÉRIENNE INTERURBAINE DU 21^{ÈME} SIÈCLE »

Depuis ses origines, l'objectif du concept « Fly SkyNest® » s'est focalisé sur les bases fondamentales d'un déploiement concret et opérationnel de cette mobilité aérienne interurbaine, en s'inspirant notamment des progrès drastiques observés dans le secteur automobile sur ces dernières décennies. En effet, bien que peu de statistiques aient été compilées pour comparer les taux de mortalité entre l'automobile et l'aviation générale de basse altitude, la société de conseil Globaer Partners a réalisé une telle étude comparative, sur la base des statistiques gouvernementales, et notamment de la Sécurité routière et de la DGAC. Il ressort de cette étude que l'automobile, qui a pu bénéficier d'améliorations drastiques de solutions et de technologies de sécurité ces dernières décennies, a connu une réduction d'un facteur 3 de cette mortalité entre les années 1970s et 2010s alors que le nombre de kilomètres parcourus sur la même période a été multiplié par deux (2), induisant de facto une amélioration d'un facteur 6 sur la période. Pendant cette même période, les taux de mortalité en aviation générale ont certes diminué, mais dans des proportions largement inférieures pour un nombre de kilomètres parcourus sensiblement stable.

Il en ressort comparativement, sur la base de mêmes distances parcourues sur terre ou dans les airs, les deux conclusions directionnelles suivantes :

1. Les crashes en Aviation générale causent aujourd'hui quelques 10 fois plus de mortalités que dans les accidents de voiture.
2. Sur ces 40 dernières années, le secteur automobile a réduit les mortalités quelques deux fois (2) plus rapidement que l'Aviation générale.

Certes, lorsqu'il s'agit de comparer les statistiques de telles mobilités, il convient de prendre naturellement toutes les précautions d'usage concernant notamment des natures de mobilités bien différentes, entre une voiture utilisée nominale- ment presque tous les jours et l'avion léger de loisir utilisé bien plus sporadiquement quelques week-ends par an, dans des usage et contexte bien différents.

Mais au-delà de ces limitations, cette étude comparative a néanmoins eu la vertu de poser les bases d'un 1er référentiel de comparaison « grosse maille », afin qu'il puisse être amélioré incrémentalement, induisant de facto un effort collectif d'amélioration comparable à ce qui a été permis dans de nombreuses industries par l'acculturation et le déploiement systématique et systémique de méthodes et d'outils type « Lean » et « 6 Sigma ».

Dans cette dernière décennie (2010 – 2020) où les consciences collectives ont été particulièrement préparées à l'émergence d'une telle aviation, en donnant la possibilité d'imaginer via des applications type « Uber » de se déplacer d'un point A à un point B en choisissant une voiture, ou un hélicoptère ou bien même un taxi aérien, de tels écarts de statistiques de sécurité entre le transport terrestre et le vol de basse altitude est tout simplement intenable et requiert un changement complet du paradigme « sûreté » dans une aviation générale en pleine mutation vers cette mobilité aérienne interurbaine que nous appelons tous de nos vœux.



Figure 2. L'approche « Fly SkyNest » proposée en préparation de l'Expo Dubai 2020 intègre dès sa genèse un prisme holistique orienté déploiement concret de transports de passagers, avec un fort enjeu de préservation de vie pour l'ensemble de l'équipage dans quelle que configuration de risque qui puisse être.

Si l'automobile a bénéficié de progrès technologiques majeurs, comme l'Airbag, l'ABS, voire des modifications d'infrastructures comme le remplacement de carrefours « coupe-gorge » par des ronds-points, d'autres progrès majeurs ont pu être accomplis grâce à l'électronique embarquée, permettant une compréhension beaucoup plus fine de la taxonomie accidentologique et incidentologique.

La nature même du marché de l'aviation générale, avec une base installée d'aéronefs se renouvelant à une fréquence bien moindre que celle du parc automobile, et les moyens financiers de cette industrie substantiellement plus limités que le secteur automobile, n'ont pas permis l'émergence de technologies et de techniques disruptivement impactantes et permettant une compréhension fine de la taxonomie incidentologique. Le moindre degré d'électronisation des cockpits - relativement aux habitacles et systèmes automobiles - ainsi que l'absence d'enregistreurs de vol (types boîtes noires) dans ces aéronefs légers, a jusqu'à ce jour entraîné un écart croissant entre les secteurs de l'automobile et de l'aviation générale induisant une moindre compréhension de la taxonomie incidentologique dans cette dernière.

C'est la raison pour laquelle la société SAFETYIN a travaillé ces 4 dernières années au développement de la SAFETYIN'Box® (voir Figure 3), un dispositif portable positionné sur la casquette de tous types d'aéronefs légers, permettant l'enregistrement des paramètres de vol et de paramètres liés aux pilotes - voire même aux passagers - dans l'objectif de mieux comprendre les écueils de vol (typiquement le nombre et la taille des trous dans le fameux « Swiss Cheese » modèle de James Reason) et d'en dériver une cartographie statistique pour le développement de solutions types « détrompeurs » permettant de pallier les causes majeures d'accidents et in fine de réduire progressivement les occurrences de crashes mortels.

C'est dans cette logique que SAFETYIN a notamment déposé en 2016 un premier brevet consistant en une sur-poignée hybride, positionnée sur une poignée d'activation d'un parachute balistique d'avions (Types BRS, GRS, etc.), et relié à une version de la SAFETYIN'Box configurée en mode « sécurité active » et permettant un déclenchement automatique de ce même parachute dans le cas d'incapacitation totale et avérée de la part du pilote. Cette chaîne de sûreté de fonctionnement, qui vient s'ajouter à une technologie « activée manuellement » ayant déjà fait ses preuves dans de nombreuses occurrences de « quasi-crashes », permettrait de sauver davantage de vies, dans des configurations plus automatisées que seront celles des taxis aériens déployés opérationnellement dans le transport de passagers entre un point A et un point B. Sur cette 1^{ère} brique est ensuite venue s'agréger une approche innovante « SAFETYIN-UAM® » (voir Figure 4) à destination de la nouvelle mobilité aérienne interurbaine (UAM) émergente pour une sécurité et une sûreté augmentées ; approche en 4 paliers graduels de sécurité aérienne dans l'objectif ultime de la préservation de vie de l'intégralité de l'équipage, enjeu fondamental dans le succès du déploiement de telles solutions dans le Monde. Car comment imaginer que les niveaux de fiabilité et de sécurité demandés par les utilisateurs finaux – les passagers – soient différents des très hauts niveaux actuels de l'automobile voire de l'aviation commerciale ?

LE FANTASTIQUE ENJEU D'UN DÉPLOIEMENT OPÉRATIONNEL POUR LES JOS DE PARIS 2024

Cette culture d'innovation (5 brevets déposés depuis 2015) et de « what-if », ancrée dans l'anticipation et la préemption de tous risques majeurs, aussi rares voire contre-intuitifs puissent-ils être, fait intégralement partie de l'ADN de SAFETYIN et avait déjà permis d'apporter un 1^{er} niveau de sensibilisation aux autorités organisatrices de l'Expo Dubaï 2020 (RTA, DCCA, Ministère Intérieur, etc.). Considérant les spécificités, et les très grands enjeux de vitrine technologique, des JOS de Paris 2024, cette expérience et cette approche devraient s'avérer très précieuses dans le déploiement efficace de démonstrateurs de cette nouvelle mobilité interurbaine si stratégique pour la France sur son territoire et dans le rayonnement mondial de son excellence aéronautique, aux côtés d'autres acteurs de cette révolution issus de la recherche et de l'industrie française et européenne. A cœurs vaillants, rien d'impossible !

Vidéo 1 : Vidéo de 2 mins présentant la vision « Fly SkyNest »
<https://youtu.be/9YNLuFoF8s4>

Article déjà publié dans la Lettre 3AF n°50

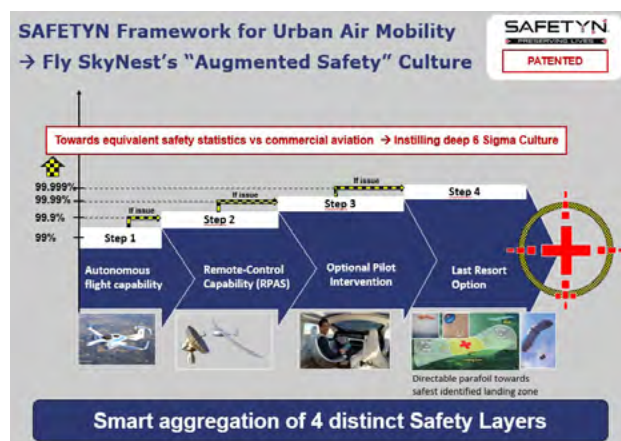


Figure 3. La SAFETYIN'Box, 1^{er} développement de la société SAFETYIN. Dispositif multifonction spécialement conçu pour assister tous pilotes dans l'anticipation et la conscientisation des risques en vol. Module d'IA en cours de développement dans une 2^{ème} version orientée « Sécurité Active » de la SAFETYIN'Box



Figure 4. L'approche « SAFETYIN-UAM® » préconisée en 4 niveaux graduels de sécurité aérienne dans l'objectif ultime de la préservation de vie de l'intégralité de l'équipage

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

LE SAAM VERSPIEREN : Au Service de l'Aviation Electrique et des Nouvelles Mobilités

PAR **QUENTIN ROSE**, EXPERT DES NOUVEAUX ENJEUX ASSURANTIELS LIÉS AUX ÉVOLUTIONS DE LA MOBILITÉ (TAXIS VOLANTS), SAAA VERSPIREN GROUP



CONSEIL, COURTAGE & SOLUTIONS D'ASSURANCES AÉRONAUTIQUES

« Trouver des opportunités là où les autres voient des turbulences »

L'efficacité d'une entreprise se mesure à son niveau d'agilité et son adaptation à l'évolution des marchés à l'échelle internationale.

En aidant les personnes, les professionnels et les entreprises aéronautiques à prospérer, même en situation de crise sanitaire, Saam Verspieren Group accompagne ses 40 000 assurés pour leurs besoins à travers le globe.

Comment ? Nous capitalisons aujourd'hui 70 années d'expertises métiers avec nos partenaires assureurs et réassureurs dans la gestion et le placement des risques aéronautiques et ce, en défendant constamment les intérêts de nos clients.

Notre solidité financière et stratégique est également le fruit d'une synergie collective humaine, agile, multiculturelle et multilingue. Parce que nous savons que chaque situation mérite une attention unique, nous mettons à votre disposition toute notre expertise métier et notre richesse humaine pour vous trouver les meilleures opportunités assurantielles, même dans les situations les plus difficiles et complexes.

Cette démarche nous permet de créer un partenariat efficace et flexible. C'est l'une des clés de notre réussite et de la fidélité de nos clients depuis de nombreuses années.

« L'intérêt du SAAM Verspieren pour couvrir en assurance les taxis volants est en plein BOUM »

Avec les taxi-volants autonomes, le critère de pilotage ne se pose plus. La Compagnie d'assurance devra se fier à une simple machine, sans intervention humaine. Est-ce un risque supplémentaire lorsque l'on constate que 90% des accidents aériens sont dus à l'erreur humaine ?

« L'assurance permettra à l'Aviation Electrique de grandir »

Dans notre monde idéal de demain, nous pouvons en tant que courtiers continuer à croire que les avions voleront toujours et seront toujours dans l'obligation d'être assurés.

Le SAAM a mis aujourd'hui en place le programme d'Assurance pour les Velis Electro :

Pour nous courtiers, serait-ce un risque supplémentaire à expliquer et vendre aux assureurs ? ou bien devons-nous tout simplement les convaincre de couvrir les avions électriques afin d'en promouvoir l'existence, le développement, le progrès ?

PRÉSENTATION

SAAM Verspieren Group est à l'origine spécialisé dans le courtage d'assurance du personnel navigant, des compagnies aériennes et des conducteurs SNCF.

A ce titre, le SAAM Verspieren Group propose des garanties individuelles ainsi que des garanties collectives à destination de compagnies aériennes ou autres groupements.

Après avoir cohabité pendant de nombreuses années avec le département aéronautique du Groupe VERSPIEREN, dédié à l'assurance des aéronefs (de l'ultra léger à l'avion de lignes) et des entreprises aéronautiques, le SAAM Verspieren Group est devenu au 1^{er} juillet 2012 la filiale regroupant l'intégralité des activités d'assurances aéronautiques du Groupe VERSPIEREN (aéronefs, entreprises aéronautiques et personnel navigant).

Créée en 1952, la filiale aéronautique du Groupe VERSPIEREN regroupe aujourd'hui 38 collaborateurs multilingues : experts en assurance, juristes, pilotes et ingénieurs répartis entre Paris (siège social et bureau principal), Le Havre, Lyon, Nantes, Marseille, Milan, Londres, Lisbonne et Rotterdam.



70 ANS D'EXPERTISES MÉTIERS AÉRONAUTIQUES

Le SAAM Verspieren Group est aujourd'hui le seul courtier indépendant français à proposer des solutions d'assurances aéronautiques aussi diversifiées et complètes. Nous avons su développer un véritable savoir-faire non seulement en assurances d'aéronefs, mais également auprès du personnel navigant et des acteurs du monde aéronautique.

NOTRE INDÉPENDANCE

Notre indépendance nous permet de ne pas être entravés par des politiques globales propres aux grands groupes. De ce fait, nous disposons d'une marge de manœuvre plus importante et nous pouvons nous consacrer exclusivement à satisfaire les besoins de nos clients. Le SAAM Verspieren Group peut donc offrir une vision indépendante et des perspectives différentes à ses clients.

Le SAAM Verspieren Group est une structure à taille humaine pouvant fournir à chaque client, à chaque affaire et chaque relation un niveau d'attention élevé. Mais également suffisamment importante pour gérer de grandes et complexes affaires.

La réussite du SAAM Verspieren Group tient à sa concentration sur des marchés où elle peut offrir des performances lui permettant de devenir leader.

De plus, le SAAM Verspieren Group peut s'appuyer à la fois sur les connaissances et l'importance du Groupe Verspieren afin de trancher d'éventuelles questions d'assurances transverses mais également sur une autre filiale, avec laquelle, elle partage ses bureaux, Verspieren Global Market (VGM). VGM est une entité du Groupe, Lloyd's Broker qui discute avec de très nombreux assureurs étrangers et qui possède une parfaite connaissance des schémas de réassurance notamment.

STABILITÉ DES EQUIPES

Nos collaborateurs sont fidèles et ils témoignent d'un profond attachement à notre entreprise et à nos clients. Ils constituent un solide capital d'expertise et d'expérience, alliant complémentarité des profils et stabilité des effectifs.

Avoir à votre service les mêmes interlocuteurs dédiés au fil des années renforce les liens et permet de bâtir une relation solide et pérenne.

UNE GESTION PERSONNALISÉE

Contrairement à de nombreux courtiers organisés en plateforme de gestion commune, nous avons fait le choix d'une gestion personnalisée, confiée à des gestionnaires identifiés avec qui vous êtes personnellement en contact. Cette relation privilégiée et directe garantit une réactivité pour chacune de vos demandes.

Afin d'assurer la continuité de notre service en toutes circonstances, nos gestionnaires sont organisés en binômes. Nous privilégions ce mode de fonctionnement car il permet une continuité d'activité.

L'EXPERTISE

Votre équipe dédiée est structurée autour de votre chargé de clientèle dont le rôle est de définir avec vous la stratégie à déployer et de coordonner l'intervention des experts techniques. Disposant d'une vision globale, ils sont garants de la bonne exécution de nos engagements.

Autour de lui se déploie une équipe de spécialistes dédiés au conseil, à la gestion, à l'accompagnement technique et à la coordination internationale de vos programmes. Ces équipes défendent vos intérêts et vous aident à mener vos projets à bien.

Le SAAM Verspieren Group met à disposition une équipe dédiée. Celle-ci se compose de collaborateurs aux compétences, connaissances et expérience nécessaires pour atteindre nos objectifs commerciaux.

« Aucun client n'est un simple numéro au SAAM Verspieren Group »

Le département Entreprises Aéronautiques & Aviation d'Affaires est composé d'une richesse humaine collective de 5 personnes dédiées entièrement à votre activité.

Le Chiffres d'Affaires du département dépasse le 1 000 000 EUR sur un peu plus de 6 200 000 EUR de C.A. total pour la filiale dans sa globalité. L'évolution global du Chiffre d'Affaires du département sur les 3 dernières années est de l'ordre de +50% en raison du développement commercial accentué au cours des derniers mois.

Contrairement à certains de nos confrères, nous essayons de trouver des solutions d'assurances à l'ensemble des Entreprises qui nous sollicitent même si les placements sont compliqués à trouver ou les expositions sont délicates.

Forte de ses opportunités, le SAAM Verspieren Group a augmenté sa présence sur le segment Entreprises Aéronautiques et Aviation d'Affaires en se situant entre les courtiers Major Risks (plusieurs Millions de primes aéronautiques) et les Courtiers Aviation Générale Légère.

Au SAAM Verspieren Group, chaque client est au moins suivi par 2 chargés de Comptes voire par la totalité de l'équipe selon le département au gré de réunions hebdomadaires et de mises en copie systématiques de l'ensemble du service (au moyen d'adresse générique avec copie email sur la boîte de réception personnelle). Aucun client n'est un simple numéro au SAAM Verspieren Group.

De plus, notre Equipe sera en mesure de vous fournir une solution de Gestion de Sinistres Aéronautiques sous franchise afin de vous éviter une gestion interne. ■

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

« Mobilité pour tous, autonomie pour tous », la mobilité autonome à la rencontre des territoires

PAR NICOLAS MARESCAUX, DIRECTEUR ADJOINT RÉPONSES BESOINS SOCIÉTAIRES ET INNOVATION, MACIF,
LA COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT VÉHICULE AUTONOME MOVIN'ON



COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT VA

Convaincue que le véhicule autonome « partagé » pourrait être une solution pour favoriser une mobilité inclusive, notamment dans les territoires ruraux et périurbains, la MACIF a lancé en 2019, au sein de Movin'On, premier écosystème mondial d'anticipation stratégique et de co-innovation en faveur de la mobilité durable, une communauté d'intérêt dédiée au véhicule autonome. Cette communauté est composée de 12 entreprises : beti, BNP Paribas Cardif, Forvia, Kantar, MACIF, MAIF, Michelin, Microsoft, Navya, Orange, SNCF et Vinci. Cette démarche s'explique par la volonté d'apporter une contribution différente et novatrice aux réflexions sur le véhicule autonome, en se focalisant en particulier sur l'ensemble des composantes non-techniques et sur le volet serviciel. L'objectif de ce groupe de travail, qui fonctionne en innovation ouverte, est de déployer des solutions de véhicule autonome qui favorisent l'émergence d'une mobilité inclusive et durable.

La communauté d'intérêt se mobilise ainsi autour d'un axe fort : « mobilité pour tous, autonomie pour tous, via le véhicule autonome partagé ». Elle interroge les conditions à réunir pour que la navette autonome constitue une solution de mobilité, durable et inclusive, dans les territoires périurbains et ruraux. Cela passe par une interrogation sur le sens même de cette technologie, dans ses différentes composantes, et par une association étroite des acteurs politiques locaux qui seront à même de réguler le déploiement de cette technologie et de permettre qu'elle réponde au mieux aux besoins des habitants de leur territoire.



Une production scientifique sur le véhicule autonome qui délaisse les questions de mobilité (E. Kassens-Noor et al., 2020)

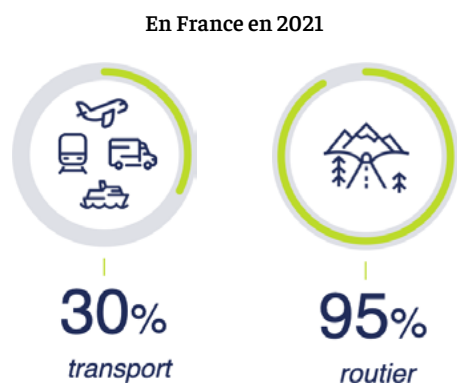
INTERROGER LE SENS DE LA TECHNOLOGIE

La communauté d'intérêt donne la priorité à une réflexion portant sur l'intérêt, les conséquences ainsi que l'acceptabilité de cette technologie. Cet angle est inédit, car les acteurs du secteur ont jusqu'ici majoritairement privilégié une approche technologique de cet objet. En effet, sur 100 000 publications scientifiques consacrées au véhicule autonome, seulement 185 concernent son impact sur la mobilité¹. Les travaux de la communauté permettent ainsi de préparer les changements majeurs qui accompagneront le développement de la mobilité autonome, notamment pour le droit, les modèles d'affaires, les données, l'assurance, l'acceptabilité ou encore les politiques publiques. Les travaux de la communauté questionnent le sens de la technologie de conduite autonome et ses usages pour qu'elle serve une dynamique de progrès collectif.

La question de la mobilité joue en effet un rôle structurant dans les territoires ruraux et périurbains, tant pour réussir la transition écologique tout en assurant la cohésion sociale dans ces territoires. Ainsi, en France, 30,1 % des émissions de gaz à effet de serre sont imputables aux transports (routier, aérien, ferroviaire, maritime, fluvial), dont 94,9 % imputable au transport routier (57 % pour les véhicules particuliers, 14,5 % pour les véhicules utilitaires

1. KASSENS-NOOR, Eva, et al., 2020, « Sociomobility of the 21st century: Autonomous vehicles, planning, and the future city », Transport Policy, vol. 99, p. 329-335.

et 26,6 % pour le transport de marchandise)². Par ailleurs, environ 15 millions de personnes sont aujourd'hui contraintes dans leurs déplacements en France. Cette situation pose des questions d'insertion sociale, d'accès à l'emploi, à la santé, à l'éducation. Dans cette perspective, la mobilité s'est imposée progressivement comme le « droit des droits » selon l'expression du sociologue Éric Le Breton³. Les zones peu denses sont constituées d'une diversité de territoires ruraux et périurbains qui ont toutefois en commun des enjeux de mobilité similaires tels que la très forte dépendance à la voiture de leurs habitants, l'absence de transports collectifs et un nombre important de déplacements de proximité.



Ces travaux proposent un changement de paradigme : penser le développement des véhicules autonomes à partir des besoins des publics qui éprouvent des difficultés dans leurs mobilités. Pour ce faire, il convient néanmoins de contribuer à faire évoluer les représentations et les stratégies des acteurs autour de la mobilité autonome. La technologie de conduite autonome en tant que telle ne suffira pas à faire émerger une mobilité plus inclusive et durable. Le terme « véhicule autonome » recouvre en effet des réalités très disparates. Il n'y a en effet pas un, mais des véhicules autonomes en fonction du niveau d'autonomie et du type de véhicule considéré (voiture personnelle, navette autonome, robot taxi, robot livreur etc.). On parle de véhicule autonome pour les niveaux 3 et suivants (4 et 5) d'automatisation, lorsque le système automatisé du véhicule peut se substituer de manière partielle ou totale au conducteur humain pendant tout ou partie du trajet.

L'impact social et environnemental de cette technologie dépendra du mode de développement qui l'emportera. De nombreux travaux ont mis en évidence que le développement d'une mobilité autonome basée sur un véhicule personnel accentuerait les défis autour de la mobilité, notamment en contribuant à renforcer la congestion et l'étalement urbain. À l'inverse, le développement d'une mobilité autonome partagée et collective constitue le modèle le plus vertueux. Dans cette perspective, l'impact social et environnemental des véhicules autonomes est notamment conditionné au rôle que les pouvoirs publics joueront pour réguler leur déploiement et promouvoir un scénario vertueux pour la mobilité autonome.

PLAIDER POUR UNE MOBILITÉ AUTONOME DURABLE ET INCLUSIVE

La planification des politiques de transport est historiquement liée à l'aménagement du territoire et confiée aux collectivités territoriales depuis les années 1980. Les vagues successives de décentralisation ont ensuite renforcé et clarifié leurs compétences en la matière. Elles ont également consacré le passage du paradigme transports à celui de la mobilité qui se caractérise par une meilleure prise en compte des différents types et services de mobilité (actives, partagées, solidaires, etc.). Les territoires ruraux et périurbains étaient cependant jusqu'à récemment oubliés dans la gouvernance des politiques de mobilité confiée aux grandes villes et à leurs groupements. Cela se traduisait par l'existence de nombreuses zones blanches de la mobilité non couvertes par une autorité organisatrice.

Le vote de la loi d'orientation des mobilités (LOM) en décembre 2019 a redéfini l'organisation institutionnelle de la mobilité sur le territoire en faisant de la région le chef de file de la mobilité, et en permettant aux communautés de communes de prendre la compétence mobilité pour élaborer une stratégie adaptée à leur territoire. Malgré ses limites, notamment en matière de financement, la réforme met en exergue l'importance d'associer étroitement les collectivités locales - pourvoyeuses de services, régulatrices de mobilité, gestionnaires de voirie et garantes de l'ordre public - aux expérimentations et à la stratégie nationale de développement des véhicules autonomes.

Les élus locaux sont pourtant souvent oubliés dans le développement de la mobilité autonome. Les études se concentrent en effet sur la perception des usagers (acceptabilité, propension à payer). Aucune étude, en France ou à l'international, n'avait jusqu'ici porté sur la vision des élus locaux de la mobilité autonome alors qu'ils joueront un rôle décisif dans son déploiement.

LES ÉLUS LOCAUX, DES PARTENAIRES POUR LE DÉPLOIEMENT DE LA MOBILITÉ AUTONOME

La communauté d'intérêt a donc souhaité interroger les élus locaux sur leur appréhension de la mobilité autonome, une première mondiale. Dans un exercice de projection conduit en partenariat avec l'Association des Maires Ruraux de France (AMRF), 1 090 élus locaux ont répondu à cette enquête menée entre juillet et octobre 2021⁴.

Comme une grande partie des Français, les élus locaux appréhendent la mobilité autonome à partir d'une image a priori. Même si près de 78 % des élus interrogés disent savoir ce qu'est un véhicule autonome, seulement 30 % en ont déjà vu un et 9 % en ont déjà essayé un. Comme pour l'ensemble des Français, les élus locaux ruraux ont moins de chance d'avoir déjà vu un véhicule autonome (24 %) que les élus urbains et périurbains (48 %).

2. CITEPA, juin 2022, « Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2021 », Rapport National d'Inventaire.

3. LE BRETON, Eric, 2005, *Bouger pour s'en sortir: mobilité quotidienne et intégration sociale*, Armand Colin.

4. MACIF, 16/03/2022, « Les élus locaux sont-ils prêts à déployer la mobilité autonome ? », <https://presse.macif.fr/actualites/etude-inedite-les-elus-locaux-sont-ils-prets-a-deployer-la-mobilite-autonome-07c2-821df.html>.

Les élus évaluent la pertinence de ces nouvelles solutions de mobilité à l'aune de celles déjà existantes sur leur territoire. Près d'un élu sur deux trouve que son système actuel de transport collectif n'assure pas un service de proximité performant. Ces élus insatisfaits sont plus enclins à considérer le transport à la demande comme un service de mobilité autonome pertinent. C'est notamment le cas des élus ruraux qui pointent les besoins de mobilité des populations exclues de l'automobile (personnes à mobilité réduite et personnes sans permis de conduire ou véhicule personnel).

Trois grands profils de perception de l'utilité de la mobilité autonome se distinguent finalement chez les élus locaux français :



10%

Les réfractaires (10 %) perçoivent davantage la mobilité autonome comme un objet technologique que comme un service de mobilité en tant que tel.



26%

Les dubitatifs (26 %) perçoivent l'utilité de la mobilité autonome pour des besoins précis, mais doutent de sa pertinence pour le grand public.



64%

Les intéressés (64 %) perçoivent la mobilité autonome comme un service de mobilité pertinent pour leur territoire.

Ces résultats démontrent que la pédagogie sur le véhicule autonome n'a pas été faite auprès des élus locaux en France, en dépit d'un réel intérêt de leur part pour le sujet. C'est là que l'État a un rôle à jouer en créant, par exemple, un guichet unique où les élus pourront poser leurs premières questions, puis y trouver des spécialistes qui les accompagneront sur les différents sujets : réseaux de télécommunication, voirie, achat des navettes, exploitation, financement, urbanisme, etc. Ce guichet regrouperait aussi bien des administrations que des entreprises privées, selon les domaines. L'intention est de compléter le dispositif initié par France Mobilités pour créer un écosystème de spécialistes qui accompagneront les élus dans l'appropriation du véhicule autonome à l'échelle locale.

Jusqu'alors, le développement de la mobilité autonome restait principalement pensé à l'aune d'un prisme technologique. La prise en compte de son sens et de sa finalité incite à revoir le format même des expérimentations pour les penser non plus uniquement techniquement, mais aussi à l'aune du concept de « pilote de service ». Ce dernier vise non pas seulement à tester les conditions techniques d'opération d'un véhicule autonome sur le territoire, mais plutôt sa capacité à répondre à un réel besoin de la population et à offrir une nouvelle solution de mobilité.

Les travaux de la communauté d'intérêt Movin'On sur le véhicule autonome se poursuivront dans les années qui viennent afin de contribuer au développement d'un volet serviciel plus abouti dans le cadre d'une expérimentation qui associe l'ensemble des parties prenantes (usagers, citoyens, élus, associations, acteurs économiques). Il s'agira notamment de tester un véhicule autonome collectif qui soit au service de l'inclusion sociale et territoriale. L'accent mis sur le service et ses usages par la population permettra également de tester un modèle potentiellement répliquable et rentable pour le futur de la mobilité autonome.

Pour en savoir plus :

Communauté d'intérêt véhicule autonome, 2021, "Véhicule autonome, d'une approche technologique et urbaine à la mobilité inclusive et durable dans les territoires ?", <https://bit.ly/3xms5Z1>.

Communauté d'intérêt véhicule autonome, 2022, "La mobilité autonome à la rencontre des territoires", <https://bit.ly/3QG76XF>. ■

AUJOURD'HUI OU À 3 ANS

Des eVTOLs* autour de Paris pour les JO de 2024 ? La réglementation sera-t-elle au rendez-vous ?

PAR OLIVIER JOUANS, DIRECTION GÉNÉRALE DE L'AVIATION CIVILE, DGAC

RATP Groupe et ADP, associés à la Direction Générale de l'Aviation Civile travaillent depuis deux ans et demi pour faire voler des taxis aériens à propulsion électrique (eVTOL) en région parisienne.

Outre les défis techniques que représente ce projet, l'adaptation du cadre réglementaire pour permettre ces vols en toute sécurité est un challenge de grande ampleur dans des délais très contraints.

En effet, ces aéronefs qui ressemblent à des hélicoptères pour les phases de décollage et atterrissage, et parfois aux avions pour les phases de croisières n'en ont ni les caractéristiques ni les performances. Ce sont des aéronefs d'un nouveau type dont les qualités permettent d'envisager des vols en grand nombre en zone urbaine dense.

L'objectif du cadre réglementaire à mettre en place est de garantir un très haut niveau de sécurité pour les personnes transportées et les personnes survolées. Les procédures mises en place permettront d'atteindre les mêmes niveaux que ceux atteints avec l'aviation commerciale.

En premier lieu, il faut vérifier que ces machines offrent un niveau de sécurité suffisant pour emporter des passagers en zone urbaine dense. C'est l'objet de la certification initiale (*initial Airworthiness*) et du suivi de navigabilité (*continuing airworthiness*). Le texte de référence européen pour permettre la certification initiale a été publié en 2029 par l'agence européenne pour la sécurité aérienne (EASA). Le texte relatif au suivi de navigabilité et à la maintenance est en cours d'élaboration. Sa publication est prévue pour la fin 2023.

Cependant, le processus de certification est long, et la première machine ne sera certifiée que début 2024, quelques mois avant les JO.

Ces aéronefs innovants devront décoller et se poser sur des infrastructures adaptées à leurs performances. Ces « vertiports » ont été définis dans la réglementation française et européenne. Le premier vertiport européen existe à Pontoise depuis juin 2021.

En matière d'exploitation, il faudra adapter la réglementation applicable aux compagnies aériennes, définir les règles d'exploitation et les conditions d'intégration dans les espaces aériens urbains. C'est l'objet des réglementations « Air Opération », « SERA » (règles de l'air), ATM/ANS (management du trafic) et « U-Space » également en cours de modification.

Enfin, il faudra former les pilotes. Les travaux viennent de débuter pour définir le contenu des formations, mais celle-ci ne pourra être finalisée que lorsque les VTOLs auront été certifiés. Un processus permettant de qualifier des pilotes existants sur ces nouveaux VTOL sera défini et mis en œuvre début 2024.

En conclusion, malgré un volume de travail très important, toutes les équipes, Françaises et Européennes ont été mobilisées pour que les premiers vols d'eVTOLs soient possibles, avec les plus hauts standards de sécurité pour les Jeux olympiques de Paris. Ce sera sans doute la première exploitation commerciale mondiale d'un eVTOL.

*eVTOL : electric vertical and take Off aircraft ou plus communément taxi aérien

Background - Enabling IAS and 'certified' UAS operations

Comprehensive and interrelated set of affected regulations



Figure 1 : Cadre réglementaire européen (source EASA)

VÉHICULE AUTONOME

— COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT —

MOVIN'ON

MOBILITÉ POUR TOUS, AUTONOMIE POUR TOUS

*via le véhicule autonome partagé
dans les territoires ruraux et périurbains*



2020

*Déconstruire l'objet
du véhicule autonome*



2021

*La mobilité autonome
dans les territoires*



2022

*Préparer
une expérimentation*

COMMUNAUTÉ D'INTÉRÊT MOVIN'ON
PILOTÉE PAR



SESSION

DEMAIN OU 10 ANS

VENDREDI 23 SEPTEMBRE

Animateurs : Jean Hermetz et Jean-Louis Dropsy



Jean Hermetz est diplômé de « l'Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers » (ENSAM 1986) et de « l'Ecole Supérieure des Techniques Aérospatiales » (ESTA 1990). Il est entré à l'ONERA en 1991 comme ingénieur de recherche. Après un parcours de chef d'unité de recherche puis de Directeur adjoint d'un département de recherche, et une activité de conduite de projets, Jean Hermetz est maintenant *Chargé de mission pour les nouvelles configurations d'aéronefs et systèmes propulsifs avancés*. Il anime le développement, à l'ONERA, de la filière propulsion électrique pour l'aviation de demain.



Jean-Louis Dropsy est directeur au cabinet de conseil en stratégie Oliver Wyman, au sein de la « practice » Transportations & Services. Spécialiste du secteur aéronautique, il intervient principalement en Innovation, développement produit et stratégies de croissance pour le compte de l'industrie aéronautique.

- 09 h 00 **Jean-Louis Dropsy**, Director Transportation and Services, [Oliver Wyman](#) :
Les tendances de la mobilité à 10 ans
- 09 h 15 **Jean-Paul Mizzi**, vice-président, [université Gustave Eiffel](#) et **Laurent Chaudron**,
[Theorik-Lab](#) : *Aspects cognitifs, sociétaux et juridiques des nouvelles mobilités*
- 09 h 45 **Paul Cassé**, CEO [CAPS](#) : *L'aéronef autonome pour une mobilité aérienne en ville durable*
- 10 h 00 **Michel Aguilar**, [X-Plorair](#) : *s-UAM et le thermoreacteur™*
- 10 h 15 PAUSE
- 10 h 45 **Valentin Chomel**, Chief Product, [Beyond Aero](#) : *Prospective sur l'aviation légère de transport et conception d'avions hydrogène*
- 11 h 00 **Olivier Savin**, CEO, [Blue Spirit Aero](#) : *Blue Spirit Aero et l'émergence d'une aviation hydrogène*
- 11 h 15 **Wilfried Dufaud**, directeur général, [Aura Aero](#) : *Une ambition industrielle pour l'aviation décarbonée*
- 11 h 30 **Benoît Ferran**, CTO, [Ascendance Flight Technology](#) : *La propulsion hybride-électrique : de l'eVTOL à l'aviation conventionnelle ; une technologie permettant la transition vers une aviation durable*
- 11 h 45 **Patricia Jonville**, responsable marketing Experience clients et IHM, [SNCF](#) : *Innover pour une mobilité durable sur tous les territoires*
- 12 h 00 PAUSE DÉJEUNER

DEMAIN OU 10 ANS

L'évolution des mobilités urbaines à 2030



UNE ÉTUDE DU OLIVER WYMAN FORUM ET DE L'INSTITUTE OF TRANSPORTATION STUDIES DE L'UNIVERSITÉ DE BERKELEY, CALIFORNIE

PAR DR. ANDREAS NIENHAUS, PARTNER OLIVER WYMAN, AUTOMOTIVE & MOBILITY, GERMANY, HEAD OF OW MOBILITY FORUM ET PROF. ALEXANDRE BAYEN, PROFESSOR, ASSOCIATE PROVOST, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, USA
TRADUIT ET PRÉSENTÉ PAR JEAN-LOUIS DROPSY, DIRECTEUR OLIVER WYMAN, TRANSPORTATION & SERVICES, FRANCE

D'ICI LA FIN DE CETTE DÉCENNIE, LES APPLICATIONS TÉLÉPHONIQUES, LES SERVICES PARTAGÉS ET L'ÉLECTRIFICATION DES VÉHICULES AURONT MODIFIÉ DE MANIÈRE SIGNIFICATIVE LA MOBILITÉ URBAINE

Une vague de services partagés et digitaux est en train de transformer la mobilité en proposant des alternatives aux transports publics traditionnels et aux véhicules personnels. Les applications ont accéléré le déploiement de nouveaux types de transport et de nouveaux services, redessinant les déplacements en zones urbaines et périphériques. On estime que ces **nouveaux services, souvent individuels mais dont l'utilisation est partagée**, vont croître deux fois plus vite que la mobilité traditionnelle dans les 10 prochaines années, avec des bénéfices potentiels pour le climat, la pollution et l'habitabilité des villes.

Pour évaluer cet impact, le « Oliver Wyman Forum » et l'Institute of Transportation Studies (ITS) de l'Université de Berkeley en Californie ont analysé 13 de ces services dans 3 régions du monde : l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie. En plus des services de mobilité, cette étude a couvert des services complémentaires comme les stations de recharge électrique et les solutions de parking intelligentes. **L'étude a montré une croissance annuelle projetée de près de 10% à 2030**, contre 5% pour le marché de la mobilité globale. Les nouveaux services devraient en effet générer des revenus annuels proches de 660 milliards de dollars en 2030, alors qu'ils ne représentaient en 2020 que 260 milliards de dollars.

Est-ce que ces nouveaux services de mobilité réduiront le phénomène de congestion des grandes villes ? Ce n'est pas certain. D'une certaine façon, l'utilisation accrue des vélos et trottinettes pourrait réduire le nombre de voitures en ville. Mais par ailleurs, le développement des systèmes de VTC et de co-voiturage pourrait contribuer à cette même congestion, surtout si ceux-ci venaient à être préférés aux transports de masse pour les trajets quotidiens entre les banlieues et les grandes agglomérations.

Sur la base du nombre de passagers transportés par véhicule en ville et agglomération, les trains de banlieue, métros, tramways et bus sont de loin les modes de transport les plus efficaces et les moins polluants. Mais la pandémie de COVID-19 a réduit l'utilisation de ces modes de transport dans de nombreuses villes, avec des chutes de fréquentation jusqu'à 95% observées

dans certaines villes. Et ce au profit du vélo, des trottinettes, de la marche...mais aussi des services de voitures partagées et des VTC et taxis, modes de transport ayant en commun la capacité d'éviter la foule. Et si une part importante de ces usagers ont repris leurs habitudes depuis, les pertes d'exploitation ont affaibli les réseaux de transports en commun, alors qu'ils sont désormais sollicités pour investir dans des infrastructures modernes intermodales et connectées

DES VARIATIONS PAR RÉGION

L'étude a été menée sur trois régions du monde — L'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie — et a pu conclure que les nouveaux services allaient évoluer à des vitesses différentes.

Les villes européennes, densément peuplées, facilitent le déploiement des services de micromobilités (scooters, vélos, trottinettes). C'est aussi en Europe que l'expansion des voitures électriques et des services associés devrait être la plus forte, devançant même l'Asie pour devenir la région où l'électrique verrait la croissance la plus forte dans les prochaines années.

En Amérique du Nord, où les banlieues sont très développées, l'usage de la voiture bien ancrée, et la faiblesse avérée des transports collectifs, ce sont les solutions de stationnement avec paiements intelligents qui devraient voir la plus forte croissance.

En Asie, l'utilisation massive des motos et scooters rend la population plus ouverte aux services partagés et à la micromobilité. De plus un phénomène régional a émergé et s'est développé depuis 5 ans : les « Super-Apps, applications pour téléphones mobiles combinant des services de communication, de transport et de commerce en une seule plateforme. Des acteurs locaux, propres à chaque pays de la région, ont su développer ces services et devraient continuer à croître.

Le marché asiatique, avec sa population importante et ses villes densément peuplées est ainsi d'une taille similaire aux marchés nord-américains et européens combinés, et le restera à 2030. Les revenus issus des services de mobilité devraient y atteindre les 337 milliards de dollars, alors qu'ils seront de 175 milliards pour l'Amérique du Nord et de 144 milliards en Europe.

DES SERVICES EN FORTE CROISSANCE

Les services bénéficiant de la plus forte croissance, essentiellement des services dits « semi-matures » ou émergents, devraient croître à une moyenne de 23% par an, soit quatre fois plus vite que le marché de la mobilité. Cinq services sont particulièrement concernés :

Services de recharge pour voitures électriques

Ce marché devrait progresser de près de 35% par an pour atteindre 12 milliards de dollars en 2030, stimulé et supportant tout autant la vente de véhicules électriques. La croissance la plus forte est attendue en Europe, du fait des incitations gouvernementales et des réglementations européennes.

Vélo partagé

Ce marché devrait croître de 10% par an pour atteindre 15 milliards de dollars en 2030. Déjà très populaire notamment en Chine, les services de vélos partagés devraient se remettre à croître avec la fin des confinements liés à l'épidémie de Covid. L'Asie représente 90% de ce marché et devrait aussi avoir la croissance la plus importante.

Trottinette électrique partagée

Ce marché devrait croître de près de 23% par an et atteindre 7 milliards de dollars en 2030. Désormais bien connues en Europe, les trottinettes gagnent aussi en popularité dans les villes d'Amérique du Nord : les États-Unis étaient le premier pays à introduire des modèles ne nécessitant pas d'infrastructure urbaine.

Co-voiturage

Ce marché devrait croître de 14% par an et atteindre les 21 milliards de dollars en 2030. Ce marché est porté par la région d'Amérique du Nord où ces services se sont numérisés et popularisés très tôt, pour faire face aux besoins des nombreux

« Commuters » réalisant des trajets Banlieue-Ville tous les jours. Certaines agglomérations canadiennes se sont d'ailleurs adaptées à ces services et fournissent des places de parking dédiées, des voies de circulation réservées, et proposent des tarifs d'assurance auto réduits.

Services de stationnement intelligents

Ce marché devrait croître 34% par an et atteindre les 32 milliards de dollars en 2030, porté par la région Nord-Américaine. Le marché du stationnement est à date déjà vaste en Amérique du Nord, mais sa fragmentation a jusqu'ici limité la mise en œuvre de solutions digitales.

DES TENDANCES DE FOND

Six tendances de fond affectent cette évolution de la mobilité

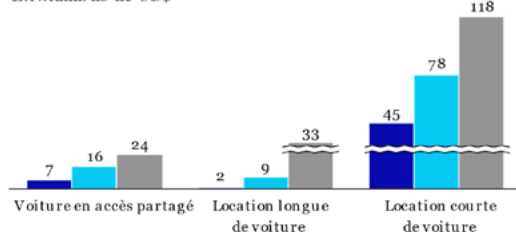
Une cannibalisation de la mobilité traditionnelle par les nouveaux services

Cette cannibalisation est le résultat d'un double mouvement. Celui des usagers/utilisateurs/consommateurs tout d'abord, privilégiant désormais des besoins individuels, à la demande, sans obligation et abordables. Ils sont devenus sensibles aux questions d'émissions. D'autres part les opérateurs investissent massivement dans des évolutions technologiques pour répondre aux évolutions de la demande (notamment la « Mobilité as a service »). Ils collaborent aussi avec les agglomérations pour trouver des solutions aux besoins de financements des infrastructures ainsi que des opérations des flottes, plus électriques, plus interconnectées, et intégrant des véhicules diverses

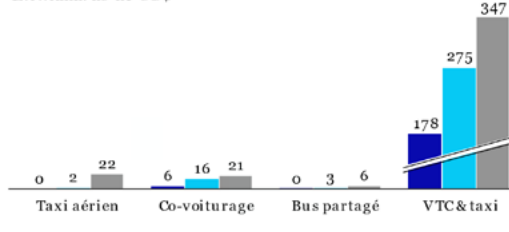
L'électrification modifie le paysage de la mobilité

L'innovation est forte et s'accroît dans le domaine électrique, afin de réduire la masse, la nature des matières et le coût des batteries sur les véhicules, autant que pour obtenir les bornes de recharge électrique les plus rapides et fiables.

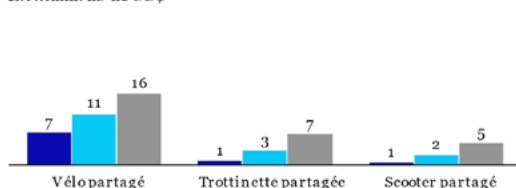
La voiture et les services
En milliards de US\$



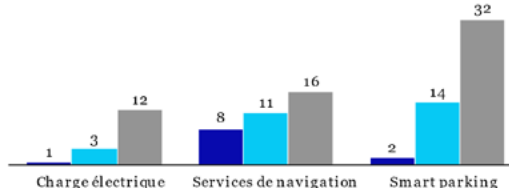
Les services de taxi et de partage
En milliards de US\$



La micromobilité
En milliards de US\$



Les services complémentaires
En milliards de US\$



© Oliver Wyman

■ 2020 ■ 2025 ■ 2030

Valeur des marchés des nouveaux services de la mobilité - 2020 / 2025 / 2030

L'Asie est la région avec le marché le plus important

Le poids des trois régions (Amérique du Nord, Europe, Asie) n'évoluera pas dans les 10 prochaines années, même si la croissance dans les trois régions sera portée par des solutions de mobilité différentes

L'écosystème de la mobilité est particulier en Asie

Des super-apps ont été adoptées par les habitants pour leur facilité d'utilisation et les services procurés. Ces plateformes technologiques vont favoriser le développement de la mobilité partagée (bus, voiture, VTC et même air-taxi dans le futur)

Les services établis se réinventent alors que de nouveaux services privilégiant des moyens individuels de mobilité mais partagés se développent

Un exemple visible en Europe est l'évolution des taxis et de leur plateformes de réservation, face à la concurrence des VTC et des autres modes de transports qui ont su fournir une meilleure transparence sur leurs trajets. Cette évolution va continuer avec le développement des robot-taxis et des voitures sans conducteurs

De nouvelles technologies créent des opportunités pour de nouveaux services de mobilité

De nouvelles mobilités vont voir le jour d'ici à 2030 : Robo-taxi, robo-bus, taxis aériens. A ce titre le marché des air-taxis devrait atteindre les 2 milliards de dollars en 2025, et 20 milliards de dollars en 2030. Ce marché, pour moitié tiré par l'Amérique du Nord, permettra la réalisation de déplacements urbains (intra-cité), autant qu'entre grande agglomérations proches (inter-cités)

CONCLUSIONS

Les nouveaux services de mobilité ont le potentiel pour contribuer de manière positive au futur de agglomérations, en limitant la congestion et la pollution, et en améliorant l'efficacité de la multi-modalité des différents modes de transport. Le régulateur, les industriels et les agglomérations ont un rôle à jouer, en prenant en compte ces nouveaux services de mobilité dans les environnements urbains existants ou modifiés. Ils sont par nature complémentaires des moyens de transport existant si l'on considère le besoin de transport en environnement ouvert, au service des différents type d'utilisateurs, vivant en ville ou y transitant. ■

DEMAIN OU 10 ANS

Nouvelles mobilités demain ou à 10 ans : aspects cognitifs, sociétaux et juridiques des nouvelles mobilités

PAR JEAN-PAUL MIZZI, VICE-PRÉSIDENT DE L'UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL

LA SITUATION AUJOURD'HUI DE LA MOBILITÉ

Les transports sont actuellement responsables d'environ un cinquième des émissions mondiales de CO₂ et près d'un tiers des émissions de CO₂ liées aux transports proviennent du transport urbain de passagers. Les activités au niveau de la ville deviennent de plus en plus importantes. Des actions envers une mobilité urbaine durable devraient procurer de multiples avantages par la réduction des émissions de CO₂ mais aussi par la réalisation d'améliorations indispensables dans le domaine de la qualité de l'air, de la congestion, de la qualité de vie, de la sécurité routière et de la santé publique.

Le secteur des transports, à l'origine de 31 % des émissions de gaz à effet de serre du territoire national, est le seul secteur qui n'est pas parvenu à réduire ses émissions depuis 1990, du fait notamment de la "dépendance encore forte au transport routier chez nos concitoyens", justifie le *think tank* Institut Montaigne.

1. **Fret** : 89 % des marchandises transportées par la route (contre 34 % en 1960). 9 % des émissions nationales de GES¹.

2. **Mobilité quotidienne** : Chaque Français parcourt en moyenne 10 000 km par an pour ses trajets quotidiens, soit 98 % des déplacements et 60 % des distances parcourues. 14 % des émissions nationales de GES. Modes de transport utilisés : 83 % des distances effectuées en voiture, 8 % en transports en commun¹.

3. **Automobile** : 20 % des émissions nationales de GES : 40 millions de véhicules en France, 2,1 millions produits en France en 2019¹.

Selon l'INSEE en moyenne, on a 3 déplacements par an de plus de 200 km.

La mobilité conditionne aussi l'accès à l'emploi, l'insertion sociale et professionnelle, la santé, le logement, l'éducation et la culture surtout pour les habitants des zones périurbaines et rurales ou des quartiers sensibles. Un piège dangereux car l'ancrage géographique restreint drastiquement le champ des

études et des orientations professionnelles et l'accès aux services de la vie quotidienne. Or, au centre des inégalités criantes, la mobilité quotidienne comme condition d'insertion sociale et professionnelle paraît être un des vecteurs essentiels. Le constat est sans appel : 3 à 4 Français sur 10 déclarent avoir déjà renoncé ou repoussé à plus tard, par défaut de mobilité, certains de leurs déplacements. 2 employeurs sur 5 déclarent rencontrer des difficultés à pourvoir un poste pour des raisons de mobilité laisse songeur².

Les personnes en difficultés sociale et professionnelle ont moins de solutions de mobilité à leur disposition, la moitié d'entre elles n'ont pas le permis de conduire, deux tiers n'ont pas de véhicule, elles recourent à la marche et quand elles le peuvent, aux transports en commun. Reste que 28 % ne disposent aujourd'hui d'aucun moyen pour se déplacer.

Sur une échelle temps finalement très courte – un peu plus de 50 ans, deux changements majeurs sont intervenus : le premier, est l'étalement des villes. Dans les années 60, elles étaient très denses et resserrées autour du centre. Les Français se déplaçaient à pied pour répondre à leurs besoins au quotidien. D'ailleurs, chaque quartier était autonome disposant de son école, de ses commerces, de ses habitations et même de ses emplois.

L'autre transformation, de taille, est la segmentation du travail. En quelques décennies, les emplois stables, bien rémunérés, se sont peu à peu transformés en emplois précaires, mal rémunérés. Lorsque l'on cumule les deux bouleversements, on voit comment la capacité de chacun à se déplacer est devenue la variable d'ajustement entre les espaces de vie et les temps de vie et de travail. Or, toutes les catégories sociales n'ont pas les mêmes capacités à faire face aux injonctions de la mobilité. Passé la première couronne, excepté en Ile-de-France, les offres de transports collectifs sont quasi inexistantes. Du coup, si la part de la voiture baisse dans tous les centres villes, elle continue de progresser dans toutes les périphéries.

1. Source *shift project*.

2. Enquête effectuée pour le laboratoire de la mobilité inclusive, 2013

LES DEUX OBJECTIFS PRINCIPAUX À ATTEINDRE

Façonner de manière proactive la future mobilité verte, sûre et intelligente est la clé des ambitions décrites dans la stratégie de mobilité durable et intelligente 2020 de la Commission européenne.

Le futur système de transport sera-t-il le même qu'aujourd'hui, mais uniquement avec des modes de transport et des énergies à zéro émission ? La transition des actifs et des énergies est-elle suffisante ? à quel prix ? Voilà quelques questions.

Le premier objectif : Dans trente ans, notre pays devra être « neutre en carbone ». Une ambition qui va nous conduire à modifier certains de nos usages dès demain, sans revenir à l'âge de pierre pour autant.

La stratégie nationale Bas Carbone (SNBC) fixe comme objectifs d'émissions par rapport à 2015 pour les transports : 2030 : - 28 %, 2050 : décarbonation complète (à l'exception du transport aérien domestique).

En 2020, environ 60 % de notre consommation d'énergie était assurée par des énergies fossiles, à raison d'environ 43% pour le pétrole, de 19 % pour le gaz fossile et de 1% pour le charbon. En 2050, cette part doit passer à... 0. Pour atteindre la neutralité il faut d'une part diviser par 5 à 6 nos émissions mais aussi renforcer les puits de carbone.

Or les émissions de CO₂ résultent de plusieurs variables :

Emissions CO₂ = fonction (Efficacité énergétiques des véhicules, Taux de décarbonation de l'énergie, Taux remplissage des véhicules, Report modal, Demande de Transport).

L'évolution de ces variables a une influence en sus des émissions de CO₂, sur la pollution de l'air et la dépendance au pétrole, mais aussi sur d'autres externalités des transports (la congestion, l'insécurité, la sédentarité, le bruit, etc.) ou encore sur d'autres impacts environnementaux (biodiversité, consommation d'espace, pollution des sols et des eaux, consommation de métaux, de biomasse, etc.).

L'efficacité énergétique et le taux de décarbonation représentent les plus gros potentiels de réduction des émissions, pour beaucoup de scénarios prospectifs, et en particulier pour la SNBC qui repose surtout sur les leviers technologiques et montre peu d'ambition sur les leviers de sobriété que sont la demande de transport ou le report modal. « Ces leviers montrent pourtant un potentiel additionnel de baisse de la demande en énergie de -40 % pour les voyageurs et -50 % pour les marchandises par rapport à ce que prévoit la stratégie nationale. La sollicitation de ces leviers apparaît indispensable pour accélérer les baisses d'émissions à court terme et faciliter une forte pénétration des énergies bas-carbone à plus long terme »³.

Bien qu'il existe des segments du transport pour lesquels des voies de décarbonation claires sont à l'œuvre (par exemple, la mobilité des personnes, la logistique urbaine), d'autres segments importants (par exemple, le transport longue distance) sont encore très difficiles à décarboner avec des solutions compétitives. Les nouveaux concepts et services innovants ouvrent la voie à une gestion de la demande croissante de transport en faisant plus avec moins en :

- utilisant et en combinant intelligemment les modes de transport, en rendant dès aujourd'hui les solutions ferroviaires, fluviales et maritimes à courte distance compétitives sur des marchés plus larges,
- partageant et en utilisant les flottes et les actifs de transport au maximum,
- tirant parti des concepts de MaaS (Mobility as a Service) et d'Internet physique,
- s'engageant avec les utilisateurs à promouvoir des comportements vers des décisions plus durables pour rendre la transition abordable et adaptée au nouveau paysage.

Une baisse des émissions de gaz à effet de serre d'au moins 55 % d'ici 2030 comme demande la commission européenne implique de travailler sur ces variables de l'équation ci-dessus dans une approche systémique : technologies, économie, comportement, urbanisme et aménagement.

Le second objectif : une mobilité pour tous, équitable, inclusive, abordable et accessible en tout point du territoire.

Être tous mobiles, un enjeu pour les plus fragiles, Être tous mobiles, un enjeu d'apprentissage collectif (Cette autonomie détermine l'insertion, le maintien dans la vie active et l'égalité des chances dans une société qui appelle à toujours plus de vitesse et d'agilité. Elle est aussi constitutive du bien vieillir), Être tous mobiles, un enjeu territorial (Améliorer la coordination entre les nombreux acteurs impliqués – publics, privés, associatifs – est nécessaire), Être tous mobiles, un enjeu économique (le doublement de la population des plus de 75 ans d'ici 2060 constitue par ailleurs une grande opportunité de création de services et d'emplois), Être tous mobiles, un enjeu d'égalité (une moindre mobilité est bien sûr liée à des vulnérabilités matérielles et économiques, mais aussi à des vulnérabilités géographiques ou encore sociales et organisationnelles (monoparentalité, emplois atypiques à horaires morcelés et/ou décalés).

Depuis 50 ans l'accès à la mobilité s'est opéré via l'automobile et le 2 roues motorisés. Si on prend une agglomération comme Lyon/Villeurbanne, le transport en commun (TC) est très performant puisque 50 % des déplacements sont en TC, 25% en 2 roues et 25% en automobile. Au-delà 80% se fait en automobile⁴.

La « précarité » de la mobilité affecte plusieurs groupes, notamment les personnes à faible revenu et les chômeurs, les personnes vivant dans des zones défavorisées dépourvues de liens urbains, ainsi que les migrants et les minorités ethniques, les

3. Thèse Aurélien Bigo : « Les transports face au défi de la transition énergétique. Explorations entre passé et avenir, technologie et sobriété, accélération et ralentissement » décembre 2020

4. Source interview Y. Crozet, 2022

jeunes et les enfants. Avec les femmes, ces personnes sont les plus susceptibles d'utiliser les transports publics.

Pour les personnes vivant dans les zones rurales, l'accès aux services, les opportunités économiques et les activités sociales dépendent fortement de l'accès et/ou de l'utilisation de la voiture car les offres de transport public sont limitées. Pourtant, la mobilité rurale est souvent considérée soit comme une réflexion après coup et/ou comme une extension de la mobilité urbaine, même si les communautés rurales et leurs économies sont connectées et qu'une meilleure mobilité leur permettra de se développer.

L'aspect du genre est également important. Les femmes ont souvent des modèles de mobilité plus complexes car elles combinent régulièrement les tâches ménagères et les responsabilités familiales avec des activités liées au revenu. De même, la sûreté et la sécurité sont un problème majeur pour les femmes, y compris dans les transports publics et lorsqu'elles voyagent pendant les heures creuses.

Certaines options de mobilité sont considérées comme actives (par exemple, la marche, le vélo), durables (par exemple, les véhicules électriques) ou font partie des options de mobilité partagée (Mobility as a service, covoiturage, etc.) - comment s'assurer que leur promotion n'exclut pas certains groupes ou de la société ? La digitalisation croissante de la mobilité devient-elle un facteur d'exclusion ? Comment obtenir les avantages mais pas les inconvénients potentiels ?

Alors que les approches ACV (Analyse en Cycle de Vie) peuvent fournir une évaluation holistique solide de la durabilité de chaque solution de mobilité, il est important de rappeler que leurs impacts économiques et sociétaux doivent également être évalués, pour garantir un impact positif sur la main-d'œuvre et qu'aucun écart dans l'accès aux services de mobilité est créé au détriment des plus vulnérables.

La trajectoire à emprunter pour décarboner la mobilité au sein des territoires, les rendre résilients et pour offrir une mobilité inclusive.

Les nouvelles mobilités les penser à l'aune de deux tendances structurantes : changement climatique et digitalisation de notre quotidien dans une approche intégrée et non pas subordonnée et dans un souci d'équité et de solidarité pour le bien-être et l'épanouissement de nos concitoyens.

L'adoption généralisée de la connectivité 5G et de l'Internet des objets permettra de nouveaux services, d'optimiser l'utilisation de l'infrastructure existante et de stimuler l'automatisation dans tous les modes de transport. Les possibilités concrètes d'application des solutions d'Intelligence artificielle (IA) sont multiples et encore largement inexplorées et elles peuvent permettre le changement de paradigme vers un système de mobilité centré sur les personnes et les bons flux (d'un point de vue logistique). Les outils numériques permettront également une surveillance à distance afin d'améliorer la sécurité et la performance des infrastructures de transport.

Cependant avec ces progrès, il y a des risques émergents, par exemple : la vie privée, les abus intentionnels ou les piratages, la résilience, mais aussi l'exclusion des citoyens numériques non scolarisés et le manque d'acceptation des utilisateurs. Ces questions doivent être intégrées dans le processus de développement global dès le début, pour éviter qu'elles ne se transforment en barrages routiers !!

Deux trajectoires s'offrent à nous car il n'y a pas de déterminisme technologique, climatique ou comportemental :

- Une évolution radicale : poursuite du modèle actuel par exemple des véhicules individuels mais électriques (leviers s'appuyant sur l'efficacité énergétique et le taux de décarbonation principalement) donc un changement maîtrisable par adaptation du logiciel mais qui ne supprimera pas les embouteillages ou la consommation d'espace et ne rendra pas pour autant la mobilité plus inclusive.

- Un changement de paradigme et donc repenser complètement une série de fondamentaux pour construire un système de mobilité durable, ingénieux et non forcément « High tech » et basé sur des produits et services circulaires pour offrir de grandes opportunités pour l'industrie des transports à travers les chaînes de valeur pour se moderniser, créer des emplois de haute qualité, développer de nouveaux produits et services, renforcer la compétitivité et poursuivre des leaderships comme d'autres marchés qui évoluent rapidement vers le zéro émission : développement massif des transports collectifs quand cela est pertinent – trains, bus électriques et navettes autonomes et de la mobilité douce – Véhicules à Assistance Électrique (VAE) et marche. Travailler la chronotopie c'est-à-dire agir sur la demande, le report modal et le taux de remplissage : accueillir différents usages en fonction de la temporalité comme naguère la place de nos villages. Passer de la ville dite du ¼ heure à un urbanisme des temps et des mobilités tout en veillant à ce que la mobilité du futur soit inclusive et pertinente pour les futurs utilisateurs, que personne ne soit laissé pour compte et que toutes les voix - sans distinction de genre - soient entendues, y compris celles qui sont difficiles à atteindre. Une attention particulière doit être accordée à la mobilité des personnes vivant en dehors des zones urbaines – en particulier les jeunes des zones rurales.

Ces deux trajectoires mixent environnement, technologie et comportement mais ont des enjeux et des conséquences individuelles et collectives différentes en termes d'acteurs publics et privés, d'investissement et de géographie économique. Tout va donc dépendre de choix et d'orientations politiques, réglementaires, économiques et sociétaux.

Aujourd'hui il y a :

Ce qui fait consensus : il y aura une rupture – les secteurs de l'énergie et des mobilités vont connaître un basculement plus rapide que prévu pour éviter que le climat devienne incontrôlable et l'éducation et la formation tout au long de la vie seront le meilleur moyen d'y parvenir par les compétences relationnelles, les capacités de collaboration et de transversalité plus utiles vis-à-vis de machines qui vont apprendre de plus en plus vite grâce à l'IA dans des domaines toujours plus nombreux.

Et ce :

Ce qui fait débat : l'approche doit être locale et globale (circuits courts et économie circulaire avec des territoires comme lieux d'innovation et d'expérimentations et le MasS outil de globalisation via le développement de plateformes), la mise en œuvre sous forme compétitive (le numérique est plutôt sur ce registre – cf position respective de l'Union Européenne, la Chine et les USA) et coopérative (nécessité de trouver des solutions communes adaptées aux territoires permettant la génération de communs pour des passages à l'échelle et intégrant équité et solidarité).

LES ASPECTS COGNITIFS, SOCIÉTAUX, RÉGLEMENTAIRES, JURIDIQUES, FOCUS SUR QUELQUES-UNS À PRENDRE EN COMPTE

1. Etude Movin'on -Kantar auprès de jeunes urbains, étudiants ou jeunes actifs (18-34 ans), engagés pour l'environnement. Les résultats de cette étude qualitative constituent un véritable carnet de tendances, qui donne certaines clés pour mieux comprendre les enjeux de la mobilité de demain vus par ces jeunes générations.

Ils veulent une « mobilité hybride » où les modes de transport, tout comme le travail et la vie privée ne s'opposent plus.

La Génération Z est plus pragmatique qu'idéaliste. Il s'agit de la première génération réellement multimodale. Ils recherchent une mobilité choisie, hausse de l'usage du vélo, marche, voiture propre en faveur d'une vie quotidienne dans un rayon de 15 minutes autour de chez eux. Mais veulent continuer à découvrir le monde... autrement. Ils ont des attentes fortes vis-à-vis des pouvoirs publics, des villes et des entreprises pour agir avec eux et accélérer les choses.

Le Laboratoire de la Mobilité inclusive, *Think Tank*, a publié une enquête inédite « La mobilité et l'accès des Français aux services de la vie quotidienne ». Ce sondage réalisé par l'Institut Elabe dresse un état des lieux, identifie les obstacles, mais aussi les pistes d'amélioration prioritaires.

Se déplacer facilement, une condition indispensable pour la qualité de vie au quotidien, c'est ce qu'estiment 65 % des Français interrogés par l'Institut Elabe, quels que soient leur âge, leur lieu de résidence ou leur habitation. Sans surprise, les empêchés de la mobilité sont en priorité les jeunes (18-25 ans), les actifs (cadres et employés) plus que les retraités.

« La mobilité n'est pas uniquement une affaire d'offre de transports. C'est aussi la capacité à pouvoir comprendre le système de transports en place ; ce qui renvoie aux compétences cognitives », commentent les experts du sondage. Les freins à la mobilité sont des accélérateurs d'isolement social et générateurs de bouleversement du mode de vie.

2. L'innovation sociale est plus efficace que l'innovation technologique pour aller vers une société bas carbone.

Un exemple simple : toute la recherche technologique pour améliorer l'empreinte écologique des voitures sera toujours moins efficace que de mieux les partager (cf équation présentée plus haut). Or, pour que les véhicules soient partagés ou partageables, il faut avoir une connaissance fine des comportements de mobilité et des méthodes pour les faire évoluer.

Il faut donc avancer collectivement vers une combinaison indispensable d'impulsion forte vers un changement des motorisations certes mais aussi une adaptation des pratiques, comme le signale le président de la section mobilités et transports du CGEDD suite à la publication du rapport ; prospective 2040-2060 des transports et des mobilités. Donc le volet comportemental est un élément clé et non un accessoire comme l'ont très bien démontré les résultats obtenus par la politique de sécurité routière depuis des décennies.

3. Le véhicule puits d'énergie ou autonome constitue un objet singulier. Au fil des années, le véhicule est néanmoins devenu un objet plus clivant. Ses contempteurs dénoncent une nouvelle lubie technologiste, une innovation néfaste, en rupture avec les aspirations des citoyens concernant la protection de l'environnement. À l'opposé, ses défenseurs le présentent comme le vecteur d'une nouvelle révolution dans le domaine de la mobilité, plus efficace, plus sûre, plus durable, et surtout plus inclusive.

Les systèmes connectés et automatisés ont un énorme potentiel pour améliorer fondamentalement le fonctionnement de l'ensemble du système de transport et contribuer aux objectifs de durabilité et de sécurité ainsi qu'à l'intégration des modes individuels dans la chaîne de transport elle-même. On s'attend spécifiquement à ce qu'il augmente la sécurité (dans tous les modes de transport), car il élimine de par sa conception le facteur humain, et, à ce titre, l'erreur qui lui est associée, alors qu'il est considéré comme contribuant directement à l'efficacité et à l'inclusion des transports, à l'énergie et aux objectifs environnementaux ainsi que la durabilité et la résilience du transport multimodal en général. Néanmoins, cela n'équivaut pas nécessairement à des services aux utilisateurs finaux compétitifs, fiables et interopérables, qui constituent une condition préalable à la pénétration de la mobilité connectée et automatisée dans la vie quotidienne. Du moins pas avant que certaines étapes clés ne soient franchies.

Récemment, un décret récent publie l'amendement à la Convention de Vienne sur la circulation routière qui permet la mise en œuvre de la conduite automatisée sur le territoire national (décret n°2022-1034 du 21 juillet 2022- <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046081252>), dans les conditions requises par la réglementation technique. Concrètement, il permet la circulation et l'homologation des véhicules équipés dans les conditions fixées par le Règlement 157⁵ de l'ONU : conduite automatisée de niveau 3, sur des réseaux interdits aux piétons, équipés d'un séparateur central et à 60 km/h maximum. Le conducteur doit rester sur le siège, en position et en état de reprendre le contrôle du véhicule. Des avancées à l'ECE-ONU sont en cours pour porter la vitesse maximale autorisée en automatisation à 130 km/h.

5. *Règlement n°157- Prescriptions uniformes relatives à l'homologation des véhicules en ce qui concerne leur système automatisé de maintien dans la voie – ALKS pour Automated Lane Keeping Systems)

Ouvrir la voie au déploiement de la mobilité automatisée reflète aussi des enjeux sociétaux. Pour faire du nouveau paradigme une réalité, comprendre à la fois les besoins individuels et collectifs, basés sur l'évolution des écosystèmes de mobilité, en tenant compte des différences locales/régionales, des enjeux environnementaux, de l'accessibilité (numérique et physique), ainsi que le rôle des pouvoirs publics pour tirer parti de l'innovation pour répondre aux enjeux sociétaux et environnementaux est jugée cruciale.

Dans ce contexte, les activités de R&I qui accompagnent cette transition vers la mobilité doivent être inclusives et fondées sur l'innovation responsable.

Par contre un véhicule comme partie prenante d'un réseau de fournisseur d'énergie est toujours interdit réglementairement alors que plus de 90% de son temps un véhicule individuel n'est pas utilisé.

LES LEVIERS SOUS TENDANT LES TRANSFORMATIONS

a. Transformer la logistique urbaine : "se doter d'une vision harmonisée sur la logistique urbaine du dernier kilomètre à l'échelle d'un territoire, afin de permettre des actions davantage optimisées pour les acteurs de la logistique urbaine". Rôle central des collectivités dans l'articulation des actions et des évolutions législatives (numérisation des arrêtés de circulation). Actions ciblées : Électrification des camions, mutualisation des flux de marchandises, remplissage des véhicules optimisé, priorité en ville à la cyclologistique.

b. Meilleur partage des infrastructures : pour favoriser l'émergence de nouveaux usages de mobilité – route électrique, chronotopie, Actions ciblées : simplifier l'enchaînement des modes de transport de longue distance et des modes de proximité, favoriser par le système réglementaire et fiscal les pratiques alternatives à la voiture en solo, le véhicule classique n'assure que minoritairement les distances parcourues, la majorité assurée par des micro-véhicules ou véhicules intermédiaires, les cycles, les transports en commun et la marche.

c. Rôle crucial des entreprises et des institutions dans les changements de pratiques de mobilité qui doivent la considérer comme un enjeu de responsabilité sociale. Cela nécessitera de répondre aux nouveaux concepts de mobilité, complétés par des politiques visant à modifier les comportements des employés-consommateurs, qui pourraient ne pas coïncider avec la propriété tout le temps et peuvent nécessiter des modèles commerciaux circulaires tant pour les flottes professionnelles que particulières. Une approche ACV partagée est la base d'une évaluation cohérente de l'empreinte environnementale des solutions de mobilité, permettant une décision éclairée pour éviter le surdimensionnement. Actions ciblées : Orienter la fiscalité, Aider les employés - consommateurs à aller vers les micro-véhicules, le retrofit, etc.

d. Faire évoluer les mobilités du quotidien vers des solutions décarbonées et inclusives pour mettre en œuvre des initiatives à fort impact dans des domaines encore sous-exploités. Actions ciblées : partage des données, développement des mobilités douces, paiement à l'usage de la voirie, révision tarification TCU vers plus d'usage, changement des modes de multi-motorisations (passer d'un deuxième véhicule à un VAE ou à un micro véhicule),...

e. Une approche d'économie circulaire appliquée au système de transport est nécessaire pour bien comprendre les impacts des solutions de mobilité, internaliser les externalités et minimiser les émissions du cycle de vie grâce à des métriques partagées (éviter le véhicule de 1,3t pour 180 Km/h, la généralisation du SUV électrique, l'achat de véhicules pour des usages de crête). L'utilisation de matériaux et la consommation d'énergie doivent être réduites dans la phase de production, tandis que la durée de vie des composants doit être prolongée, la réparation doit être simple et la réutilisation et le recyclage doivent augmenter à la fin du cycle de vie.

CONCLUSION : MALGRÉ QUELQUES AVANCÉES NOTABLES, IL FAUT CONTINUER À FAIRE BOUGER LES LIGNES

Le changement climatique est une raison majeure mais une moindre dépendance énergétique, un abaissement des coûts et des impacts sur la santé sont aussi d'autres raisons prégnantes pour changer de paradigme.

Aujourd'hui le système de mobilité est cher et les plus précaires en sont prisonniers. Les transformations doivent nous amener à un système plus sobre à la fois pour les usagers et la puissance publique en s'appuyant fortement sur les leviers de la sobriété comme la modération de la demande, le report modal et le taux de remplissage car la décarbonation est plus chère à l'achat et moins chère à l'usage. Le coût de possession d'un véhicule électrique est plus faible donc favorise l'inclusivité.

Le véhicule électrique est une réponse pertinente car il émet 2 à 3 fois moins de GES que le véhicule thermique et avec une efficacité énergétique 2 à 3 fois meilleure. Il diminue les nuisances sonores mais n'est pas dénué d'impact sur l'environnement, donc pas écologique.

Depuis 2019, le taux d'immatriculation n'a cessé d'augmenter pour passer de moins de 2% à plus de 10% maintenant malgré la chute du marché auto en 2020.

On observe qu'il s'est vendu 1,5 fois plus de vélo que de voiture neuve et 4 fois plus de vélo à assistance électrique (VAE) que de véhicule électrique. Les villes gagnent 7 à 8% de pratique cyclable chaque année avec +30% en zone urbaine et 13 à 14% en zone rurale. Le VAE devient une alternative crédible à la seconde voiture des ménages.

La conjugaison de l'électrification des bus, des voitures, des vélos en passant par les scooters et les trottinettes est un facteur favorable pour à la fois pour émettre moins de CO₂ et faire évoluer les usages.

Cependant il reste difficile simplement de baisser les émissions de CO₂ dans le transport à la fois pour les ménages et les entreprises car le véhicule automobile est une assurance mobilité en tout lieu et en tout instant.

La mobilité ce n'est pas seulement changer de véhicules, c'est aussi des programmes d'activités et de localisation. Les stratégies

d'évolution sont à adapter aux différents territoires : renforcer l'électrification du parc en milieu rural, favoriser les TC en zone dense. Les leviers disponibles sont favorables à l'inclusion sociale.

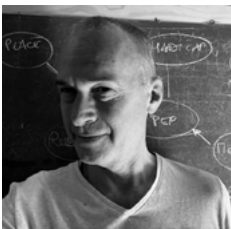
La route restera le principal support des mobilités et l'enjeu va être de réorganiser le partage de la route dans les 10 à 15 ans qui viennent.

Les changements prennent du temps car ils sont à la fois de nature technologique et sociaux. Le défi est accessible et tous les acteurs ont un rôle à jouer. ■

DEMAIN OU 10 ANS

La Confiance : le carburant social des nouvelles mobilités

PAR LAURENT CHAUDRON, THEORIK-LAB, COGNITIVE SCIENCES INSTITUTE ET CENTRE DE RECHERCHE DE L'ÉCOLE DE L'AIR ET DE L'ESPACE (CREA), MEMBRE D'ALUMNI-ONERA, LISA CHOUCANE, ARMÉE DE L'AIR ET DE L'ESPACE, JEAN-MARIE BURKHART ET JEAN-PAUL MIZZI, UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL



Laurent Chaudron, est chercheur en sciences de la cognition et intelligence artificielle. Ancien élève de l'École polytechnique (promotion 1981), il est docteur, HDR ; il dirige Theorik-Lab, un laboratoire de recherche en cognitique. Ancien directeur du Centre de Recherche Onera Provence, il est chercheur associé au CREA, rattaché à l'École Doctorale 184 (mathématiques et informatique d'Aix-Marseille Université. Il est Colonel de la réserve citoyenne de l'Armée de l'air et de l'espace. Pratiquant, enseignant et formateur Kendo (escrime japonaise, 6° dan renshi) notamment dans le domaine du handicap ; il est également percussionniste.

« À qui faire confiance pour me rendre à la gare rapidement : choisir cette navette autonome qui vient d'être mise en service en ville ou bien faire confiance à mon collègue qui propose de prendre un raccourci grâce à son application intelligente ?... »

La montée en puissance de toutes sortes d'automatismes et leur mélange dans nos quotidiens interpelle nos consciences de manière multiforme ; la matière inconsciente que constituait la **confiance** devient palpable et fait émerger des interrogations explicites. Plusieurs recherches sont en cours sur ce sujet ; cet article en propose un point de situation.

Les avancées technologiques permettent, de nos jours, aux conducteurs ou aux pilotes de déléguer tout ou partie de la conduite : pilotes automatiques, navettes sans conducteur, voitures autonomes ... Ainsi, le problème de la confiance dans les différents systèmes pour un opérateur humain est crucial. De la sociologie aux sciences économiques en passant par la cybernétique, le concept de confiance apparaît comme un ingrédient essentiel de l'Homo Sapiens en tant qu'agent social. Or, les définitions de la confiance dépendent fortement du domaine et de nombreuses études se concentrent soit sur une approche spécifique (sociologie, psychologie cognitive, . . .) soit sur les domaines appliqués de la confiance (gestion, cyber-sécurité, . . .). Il apparaît pertinent de tenter d'en dégager les principes génériques permettant de décrire aussi bien des situations de la vie quotidienne (comme la conduite automobile) que des opérations professionnelles de haute technologie (comme le pilotage d'un avion).

La littérature académique a connu une accélération très importante ces dernières années sur la notion de *confiance* : ainsi le mot *trust* en anglais compte environ 5 millions d'entrées sur les moteurs de recherche scientifiques. De cet état de l'art, une synthèse du concept de confiance peut être proposée : dans toutes les situations où cette notion apparaît, un agent (appelé le *Trustor*)

compte sur un autre agent (le *Trustee*) à propos d'un sujet (X : une action, une situation, une mission ...) avec des attentes précises. Le *Trustor* est l'agent qui est en situation de placer sa confiance en d'autres agents qui sont « ses » *Trustees*, qui symétriquement doivent lui inspirer confiance. Un résumé mnémotechnique est :

TOR TRUSTS TEES ABOUT X

Cette définition s'applique à toutes les situations de ces décennies : fake-news, cyber-activisme, manipulations, block-chains, réalités augmentées, mixtes... pour lesquelles nous sommes contraints de gérer et résoudre maintes interrogations relatives à de multiples choix dépendant de notre confiance, ou plutôt : de nos différents niveaux de confiances en divers les *Trustees*. Cet ensemble représente donc une intrication permanente de grande intensité entre décisions et confiances.

En prenant l'exemple de notre mobilité quotidienne : dans la préparation de chacun de nos déplacements, nous consultons souvent plusieurs systèmes de cartographie dont certains prédisent le trafic routier, nous devons fusionner ces informations avec les éléments fournis par nos proches ; durant le déplacement nous devons jongler entre les confiances envers les sources fixes (panneaux, cartes ...), les systèmes 'simples' comme le GPS, les assistants intelligents qui calculent les encombrements en temps réel, les communications éventuelles avec nos connaissances ... Nous procédons à un flux permanent d'analyses et de décisions selon la confiance qu'en tant que *Trustor* nous plaçons en nos *Trustees*, ainsi que des actions que nous déléguons ou non à tels ou tels automatismes (régulateurs, systèmes à base d'IA ...).

Par une démarche dite de 'théorie ancrée' (méthode scientifique d'aller-retour entre les analyses de terrain et la construction d'un modèle théorique) un certain nombre de principes ont émergé.

Trois principes de base du concept de confiance :

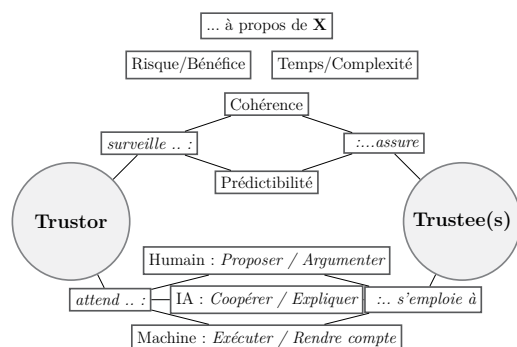
1. La confiance du Trustor ne peut porter que sur les **agents**, les **trustees**, et non sur les données.
2. La confiance n'émerge chez le Trustor que lorsqu'une **dissonance entre des données** apparaît.
3. La confiance est un **méta-concept** : dans la cognition du Trustor, elle ne concerne pas le traitement de l'information à un niveau standard mais bien une réflexion qu'il mène sur ses propres traitements.

Ces éléments étant élaborés et éprouvés par plusieurs travaux [Bol20, Chou22, Mun24] des analyses et des expérimentations sophistiquées ont mis en évidence des composantes plus détaillées de la confiance, notamment : le profil du Trustor, les attentes envers les Trustees, la dynamique et les enjeux de la situation.

Lors d'une situation prototypique de confiance, le Trustor formule à ses différents Trustees des requêtes (explicites ou implicites ; parfois négociables) d'informations ou d'actions. Les réponses du ou des Trustees fournissent au Trustor des valeurs de *cohérence* et de *prévisibilité*. Car la qualité d'un Trustee s'impose à nous, dans notre activité de Trustor, selon ces deux critères : ce que dit ou fait ce Trustee, est-ce bien cohérent ? en soi ? par rapport à la situation ?.. Au vu de ce qu'il a déjà fourni, est-il prévisible ?.. si oui, je peux lui faire confiance.

Cette mécanique d'**optimisation cognitive** est permanente dans nos esprits à propos de toutes nos relations sociales, qu'elles soient avec nos semblables ou des machines plus ou moins sophistiquées. Ils se produit donc un multiplexage entre notre profil de Trustor avec nos attentes d'une part et les profils de nos Trustees d'autre part. Constatons combien nous pouvons être agacés par les bavardages que nous imposent certains assistants prétendus intelligents pour passer une commande ou préparer un voyage : nous voudrions leur faire confiance pour simplement exécuter notre requête et rendre compte, rien de plus. À l'inverse, un collègue ou ami qui ne répondrait que de manière mécanique à notre demande de conseil ou d'aide verrait la confiance que nous plaçons en lui bien appauvrie ; nous souhaitons de sa part des compléments, des arguments ... Entre ces deux situations existent aujourd'hui de nouveaux agents : les systèmes dits intelligents, telle application de notre smartphone peut expliquer, partiellement proposer des éléments utiles à nos activités. Une sorte de continuum de Trustees nous est donc désormais accessible - voire imposée - pour toutes nos actions.

Un modèle générique de ce continuum, dénoté TorTeeX [Chou22] est résumé ici :



Un programme expérimental complet est encore en cours pour alimenter les composantes de ce modèle ; notamment une description fine des deux profils de Trustees au bas du schéma : automatisme (exécuter/rendre compte) ou système à base d'IA (expliquer/argumenter).

Le modèle TorTeeX constitue ainsi une première grille d'analyse simple et applicable notamment aux situations de moyen ou long terme, potentiellement utile tout au long de la formation d'un décideur. Il a permis ainsi de décrire de manière statique la situation de confiance de la quasi-totalité des cas étudiés par nos travaux [CCB22] (environ une centaine d'incidents réels) et des nouvelles situations rencontrées. Le modèle TorTeeX permet également de capturer le concept de confiance en soi ainsi que la variabilité des Trustees sources ou effecteurs.

Plusieurs recommandations ont déjà été proposées aussi bien pour les concepteurs de systèmes que les formateurs.

Un concept clef doit constituer un objectif commun à tous les acteurs des univers socio-techniques : le bien-être des humains notamment la composante cognitive reposant sur la confiance, le Cognitive-Wellfare [CMMM21] ; c'est l'objet des travaux en cours.

Note : une version de cet article est également à paraître dans la revue de l'association ATEC

Bibliographie

- [Bol20] Florent Bollon. *Recognized Cyber Picture et Confiance interpersonnelle : Optimiser les activités collaboratives cyber militaires*. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux, octobre 2020.
- [CCB22] Laurent M. Chaudron, Lisa Chouchane, and Jean-Marie Burkhardt. *A Generic Trust Model*. *International Conference on Cognitive Aircraft Systems ICCAS 2022*. ISAE-SUPAERO. Toulouse, France, June 1–2, 2022.
- [Chou22] Lisa Chouchane. *Trust Mobility Teaming*. Mémoire de master 2, AMU & Ecole de l'air et de l'espace, Juin 2022.
- [CMMM21] Laurent M. Chaudron, Anne-Lise Marchand, Nicolas P. Maille, and Pauline Muñoz. *Cognitive Welfare and mixed-Trust*. In: *WABT2021 International Educational Seminar on Social Determinants of Health*. Ed. by Incontri dell Umano. Invited paper. Rome, Italia, December 16–17, 2021.
- [Mun24] Pauline Muñoz. *La confiance inter-agents comme outil de gestion de l'incertitude et levier de performance dans la décision en système sociotechnique complexe : le cas du SCAF*. Thèse de doctorat 2021-2024, Aix-Marseille Université. ■

DEMAIN OU 10 ANS

L'aéronef autonome pour une mobilité aérienne en ville durable

PAR PAUL CASSÉ, CEO CAPS

CAPS est l'unique société Française d'ingénierie aéronautique pour le développement de la mobilité urbaine aérienne, son action se concrétise au travers de la conception et de la réalisation d'un drone autonome guidé par intelligence artificielle. En partenariat avec les autorités de réglementation et les grands groupes de l'aéronautique Française, la société développe un aéronef électrique à décollage vertical d'une capacité de transport de 150kg pour des applications militaro-industriel en premier lieu puis pour le transport de passagers en milieu urbain à l'horizon 2028-2030.

CAPS est fondée par trois physiciens de l'Ecole Normale passionnés par les drones et les nouvelles technologies, en 2019 ils décident de proposer une solution capable de fluidifier et de décarboner les transports quotidiens, à la fois des biens et des personnes, en libéralisant la troisième dimension de nos métropoles : les airs. La solution s'articule autour de la conviction que la mobilité urbaine aérienne deviendra une réalité durable à la seule condition qu'elle soit discrète et abordable.



Dans le cadre de la logistique industrielle, la solution CAPS vient fournir une solution rapide et autonome capable de réduire les coûts de la chaîne d'approvisionnement d'un grand groupe jusqu'à 70% tout en l'accélération d'un facteur 4. Lorsque la situation géographique s'y prête, CAPS propose une ligne d'approvisionnement et/ou de livraison verte ultra rapide.

Le transport de passager en ville proposé par CAPS quant à lui, offre la possibilité de se rendre n'importe où dans sa métropole et sa périphérie en l'espace de 15 minutes et pour un prix de l'ordre de 20 à 30€, le tout en bénéficiant de la plus belle vue du monde.

Le service CAPS offre une solution de déplacement flexible, indépendante de la congestion des axes au sol tout en réduisant la quantité de personnel opérant. Il permet à un industriel ou une ville utilisant la flotte d'aéronef d'améliorer le service utilisateur tout en dynamisant l'économie locale via une accélération des échanges de biens et/ou de personnes.

Sur un volet différent de celui des avantages économiques, CAPS propose une solution inclusive avec une offre de transport capable de desservir facilement les banlieues qui bénéficient trop souvent d'une offre de transport amoindrie. Aussi, en offrant une alternative légère entièrement animée par l'énergie électrique, CAPS réduit l'empreinte environnementale des transports à la fois sur le plan sonore et des émissions de gaz à effet de serre.

La solution CAPS consiste en un drone électrique autonome guidé par intelligence artificielle. La propulsion de l'aéronef est assurée par un plateau octorotor coaxial axisymétrique propulsé par seize moteurs électriques d'une puissance maximale de 12 kW chacun, capables de générer une poussée totale de 950 kg. L'automatisation quant à elle réside dans la redondance, en nombre et en nature, des capteurs de positionnement : centrale inertielle, GPS, analyse d'image et LIDAR, tout en simplifiant le théâtre d'opérations en faisant uniquement effectuer des trajets préenregistrés aux appareils. L'ensemble des données de positionnement, d'analyse de l'environnement et de télécommunication sont concentrées dans l'ordinateur de bord où une intelligence artificielle vient maintenir un plan de vol sur la base d'une exclusion probabilistique des données aberrantes de géolocalisation. ■

DEMAIN OU 10 ANS

UN NOUVEAU CONCEPT : LE S-UAM OU PROCHE VÉHICULE URBAIN AÉRIEN

PAR MICHEL AGUILAR, INGÉNIEUR HONORAIRE DE LA DGA, MEMBRE DE LA COMMISSION 3AF AVIATION LÉGÈRE

La VFS (*Vertical Flight Society*) américaine, qui recense entre bien d'autres fonctions tout ce qui décolle (et atterrit) verticalement, a donc recensé à ce jour (début 2021) (<https://evtol.news/aircraft>) sur toute la planète plus de 350 projets développés ou en développement. Quasiment tous ont cette particularité du décollage vertical grâce à la technologie des hélices (rotors) entraînées par des moteurs électriques. Le seul et unique « job » des moteurs électriques est de proposer de la puissance disponible sur un arbre en rotation. Mais ces kilowatts le doivent à l'énergie stockée dans une technologie en continuelle évolution : la batterie. Avantage majeur de cette technologie électrique : zéro rejet polluant en fonctionnement et discrétion assurée sur la pollution sonore. Inconvénient majeur de cette technologie : le recyclage des batteries, l'évaluation des impacts réels depuis le « 0 » jusqu'au « 1 » de sa fabrication (le « + » pour son recyclage), mais aussi sa densité énergétique. Certes sur ce dernier point ses capacités énergétiques sont en constante progression, mais très loin derrière celles contenues dans 1 kg de kérosène. En tenant compte des rendements très faibles des moteurs thermiques, de l'ultra haut rendement des moteurs électriques, et des réserves énergétiques des batteries (ne jamais les vider complètement !) le gap est tout de même encore à l'avantage indéniable du carbu- réacteur, et dans un rapport de 1 à 16 ! Enfin, aux hautes altitudes (faible température), les batteries voient leur rendement chuter vertigineusement.

Mais au regard de l'étonnante capacité inventive (résilience) du monde de l'aéronautique, sa R&D a proposé très avantageusement de coupler ce moteur électrique à un moteur thermique (turbomoteur ou autres) totalement optimisé pour justement.... recharger en temps réel et essentiellement en croisière, les dites batteries. La propulsion étant alors assurée par ces moteurs thermiques pour une vitesse et une autonomie acceptables, mais dont le rendement malgré ses énormes progrès reste très faible, d'où une consommation contraire au sens de l'Histoire.

Ce concept hybride demeure tout de même très séduisant attendu que les moteurs électriques sont uniquement activés lors des décollages/atterrissages de sorte à rester quasi « invisibles » pour les oreilles très (trop ?) sensibles des riverains. Des essais via l'e-Fan (pionnier dans l'électrique avec son cahier des charges), et le Voltaéro (abouti dans l'hybride) en sont de dignes représentants. Le tout électrique restant très viable pour la formation des pilotes dont les tours de piste incessants seront acceptés par les riverains.

Et les projets ne manquent pas comme peut en témoigner ce simple panorama extrait de certains projets actuels développés ou en cours. Et point important : un « couplage » s'est établi entre les constructeurs de véhicules roulants (voiture) et les véhicules volants :

QUELQUES REMARQUES AVANT D'ABORDER LE NOUVEAU CONCEPT DU S-UAM

Si voler, se soustraire aux forces de la gravité, semble inscrit au plus profond du génome de l'Homme, force est de constater que tout commence par un rêve mais plus, peut-être, pour relever le défi lancé par les oiseaux et autres volatiles qui nous attirent vers le haut. À l'évidence la présente décennie 20-30 devrait témoigner de ce rêve à la portée de tous, mais en arrangeant la Matière au point de la rendre « plus légère que l'Air » ! Et qui n'a jamais éprouvé ce sentiment très fugace du moment unique où, aux commandes d'un petit avion, les roues quittent la piste, ne peut comprendre que désormais l'Homme ainsi fait n'aura de cesse de renouveler cette impression comme un « paradis perdu » ! Il n'est que de rappeler cette analyse du grand Leonardo da Vinci : « Une fois que vous aurez goûté au vol, vous marcherez à jamais les yeux tournés vers le ciel, car c'est là que vous êtes allés, et c'est là que toujours vous désirez ardemment retourner ».





APRÈS LE RÊVE, LA RÉALITÉ : QU'EN EST-IL EN CE DÉBUT DE 21^{ÈME} SIÈCLE ?

Nous le disions en début de rencontre, plus de 350 projets développés ou en développement sont dénombrés sur tous les continents, mais quasiment TOUS sont dotés d'hélices ou de rotors, et donc entraînés par des moteurs électriques avec les avantages et les inconvénients évoqués ci-dessus. Imaginons dans un premier temps (et les temps sont proches pour y parvenir) que des milliers d'aéronefs pour « monsieur/madame-tout-le-monde » sillonnent les villes – on parle alors d'UAM pour Urban Air Mobility - quid alors de la sécurité qui, même avec le développement de l'IA (intelligence artificielle) – aura besoin de beaucoup de temps pour rassurer le Citizen. Sans parler de ce bourdonnement incessant qui enveloppera la cité.

Le concept du s-UAM pourrait-il apporter une solution pérenne ?

QUID DU S-UAM ?

Le « s » de s-UAM est en réalité l'initial de « short », c'est-à-dire court, proche, à proximité. Ainsi, l'aire de décollage/atterrissage de cet aéronef de type VTOL (Vertical Take Off and Landing) sera positionnée à l'orée de la cité, c'est-à-dire à moins de 30 km du centre. Cette aire sera aménagée de sorte à se rendre quasi invisible aux oreilles sensibles des riverains locaux. De plus, chaque aire sera espacée en moyenne de 100 km pour doter les villes petites, grandes ou moyennes de ce type de mobilité.

Des stations sol seront réparties sur tout le territoire dont le chef de station sera aussi pilote de drone. Ainsi, chaque aéronef sera tracté en permanence sur les écrans radars et/ou via le GPS comme déjà il apparaît sur les stations civiles et militaires. Toutes les caractéristiques du vol y seront affichées (vitesse, altitude, niveau de carburant, trajectoire en 3D, nombre de passagers, etc.), et sur une représentation holographique.



Point très important : la coopération entre le roulant et le volant s'intensifie essentiellement pour des raisons de maîtrise réciproque. En effet, pendant que les constructeurs de véhicules roulants (voitures, et sous peu, les camions) sont proches de maîtriser la technologie du pilotage automatique (aidé en cela par les développements « supersoniques » de l'intelligence artificielle !), les constructeurs de véhicules volants sont, quant à eux, en passe de réussir le pari des aéro taxis et des vertiports (aires de décollage/atterrissage vertical).

Reste à persuader les futurs passagers de prendre place dans un « robot volant », ce qui n'est pas immédiat. Mais les études d'acceptation de ce type de mobilité aérienne lancées par les géants de l'aéronautique (Airbus, Boeing, etc.) indiquent bien que si quelques poches de résistance essentiellement psychologique persistent (la confiance est désormais totale sur le plan technologique), une convergence semble tout de même se profiler.

Ainsi, fort de toutes ces indications, le s-UAM proposera en premier lieu une formation type « permis-d'être-conduit » de cette nouvelle mobilité en effectuant quelques heures dans un simulateur afin de s'y familiariser. Un instructeur s'emploiera à répondre à toutes les questions, et notamment sur la sécurité en cas de panne irréversible. Sans en augmenter l'impact anxiogène, il sera précisé que dans ce cas extrême le chef de station sol

reprendrait « la main » pour devenir à son tour le pilote de cet aéronef, non visible à bord mais acteur très compétant au sol et en contact radio permanent avec le « commandant de bord » nommé ainsi dès que ce dernier prendra place dans ce nouveau mode de déplacement, et ce afin d'identifier un point d'impact sécurisé.



Un parachute sera alors libéré réduisant très fortement la vitesse de chute de l'aéronef, et à 300 mètres sol environ, la capsule passagers sous parachute se détachera du porteur de telle sorte que sa vitesse de chute se réduise d'autant, et à environs 100 mètres sol, un air bag sera déployé amortissant totalement l'impact terrestre.

Le s-UAM pourrait très bien caractériser la rencontre du « 2 » et du « 3 » en dimension, s'entend... En effet, la voiture électrique composée de la capsule passagers et du chariot électrique se présente alors comme un taxi commandé depuis son téléphone portable, et dont l'autonomie ne dépassera pas les 100 km à une vitesse maximum de 60 km/h. Destination : aire de décollage. Parvenu sur cette aire : plongée dans le sous-sol afin d'échanger le chariot pour des ailes qui viennent se clipser sur la capsule. Le décollage est alors programmé conformément à la commande initiale.

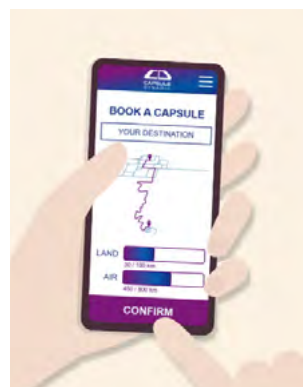
Parvenu à destination le processus s'inverse : atterrissage sur l'aire sise toujours en bordure de cité, échange des ailes pour un chariot électrique avec possibilité (mais dès la réservation) de conduire cette désormais voiture électrique, si et seulement si en possession du permis de conduire, jusqu'à la borne de rechargement située au plus près du lieu de rendez-vous en Cité.

Et la propulsion ? Le s-UAM est rendu possible grâce à son propulseur de rupture technologique : le thermo-réacteur, dont le POC (Proof of concept) a été démontré expérimentalement en 2014 au sein d'un consortium composé de Safran Helicopter

Engines, de Comat Aerospace et du laboratoire Pprime de Poitiers dans le cadre du programme RAPID de la DGA. La France (2016), les États-Unis (2018) et le Japon (2017) ont déjà délivré le brevet thermoréacteur.



Le prochain article reprendra les caractéristiques essentielles de ce propulseur : combustion à volume constant (CVC), encombrement réduit, introduction d'une faible proportion d'hydrogène, réducteur acoustique, gain en consommation à 2 chiffres, dispositif multi-cateur de poussée, aérospike, allumage thermique pour ne décrire que les points essentiels.



Réservation

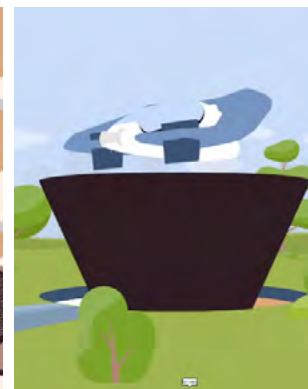


Taxi-autonome

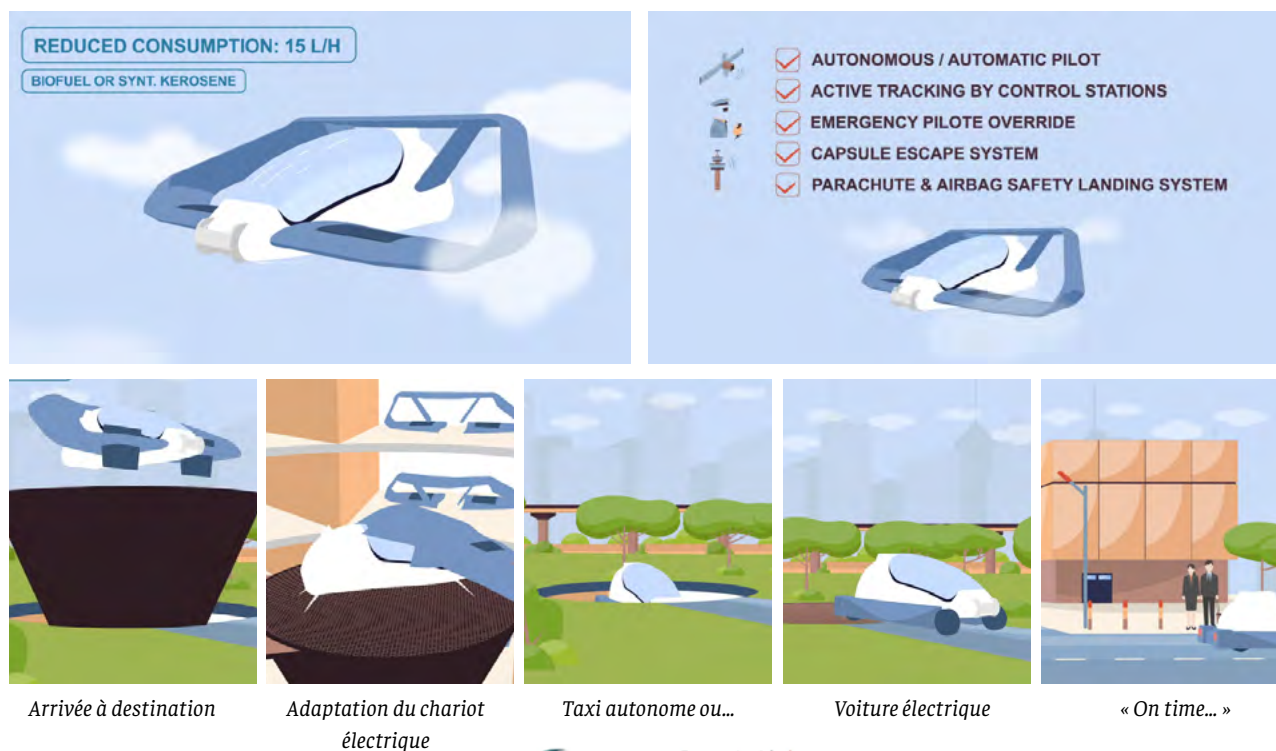
Aire de décollage
Altitude : 3000m maxi
Vitesse de croisière : 200 km/h
Distance franchissable : 800 km maxi



Préparation de la mission



Décollage



michel.aguilar@explorair-aerospace.com

Sur demande, possibilité de recevoir l'adresse de téléchargement (48 Mo) de cette animation.

Article déjà publié dans la Lettre 3AF n°47



DEMAIN OU 10 ANS

Blue Spirit Aero et l'émergence d'une aviation hydrogène

PAR OLIVIER SAVIN, PRÉSIDENT FONDATEUR BLUE SPIRIT AERO

PETITE HISTOIRE DE L'AVIATION HYDROGÈNE

On parle aujourd'hui de l'émergence d'une aviation hydrogène alors qu'elle existe depuis bien longtemps. En fait, on peut même affirmer que c'est l'utilisation de l'hydrogène qui a lancé l'aviation.



La plaque commémorant le premier vol de Charles dans le Jardin des Tuileries

En effet, les premiers engins volants l'ont été grâce à l'hydrogène : depuis Jacques Charles en 1783 (qui s'est envolé 2 semaines après l'essai des frères Montgolfier) jusqu'à l'accident du Hindenburg en 1937, l'hydrogène a été systématiquement utilisé dans les ballons et les dirigeables.

Cela ne représente donc pas moins que 154 ans d'utilisation quasi-continue d'hydrogène dans l'aviation (que l'on peut comparer aux 120 années de l'ère de l'aviation à pétrole qui nous est plus familière).

Depuis l'après-guerre, l'utilisation qui est faite de l'hydrogène ne repose plus sur ses caractéristiques de gaz plus léger que l'air, mais sur ses propriétés énergétiques. Mis à part des essais (réussis) d'alimentation de turboréacteurs en hydrogène aux Etats-Unis en 1955 puis en Russie en 1988, peu d'activités voient cependant le jour avant les années 2000.

En effet, ce sont les progrès réalisés dans l'utilisation de l'hydrogène électrique pour des applications de mobilité terrestre qui ont ouvert la voie, à partir de 2008, aux premiers démonstrateurs d'avions légers utilisant des piles à combustible. C'est ainsi que l'on voit surgir depuis 5-6 ans les premiers projets

à vocation commerciale, en particulier dans l'aviation légère et l'aviation régionale.

Le point de mire du secteur est, depuis son annonce en 2020, le projet emblématique d'Airbus, « ZeroE », qui ambitionne de positionner des solutions d'avion de transport à hydrogène à l'horizon 2035-2040.

L'IMPORTANCE DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Avec le dérèglement climatique, les exigences de respect de l'environnement deviennent un enjeu économique majeur. Tous les secteurs sont concernés, mais en premier lieu la mobilité : de nombreux projets de transport propres voient le jour, portés par les fonds publics et des investissements privés orientés vers le développement durable.

Essentiellement du fait des temps longs de développement des solutions techniques, l'aviation générale n'est cependant pas encore transformée par ce mouvement de fond. En effet, à part l'introduction récente d'une offre électrique très réduite, elle repose encore aujourd'hui quasi exclusivement sur l'exploitation d'une flotte vieillissante d'appareils à combustibles fossiles (moyenne d'âge de 45 ans), dont la pertinence économique est mise à l'épreuve (coûts de maintenance et d'exploitation devenus excessifs).

Or la pression environnementale exercée sur elle devient aujourd'hui déterminante. En particulier, le mécontentement et le pouvoir de blocage des riverains, liés aux nuisances générées aux abords des terrains d'aviation (pollution et bruit), se font de plus en plus manifestes.

LA SOCIÉTÉ BLUE SPIRIT AERO

Dans ce contexte, la jeune société Blue Spirit Aero (BSA, fondée en Juillet 2020) s'est fixé comme objet le développement et la mise sur le marché de l'aviation légère d'une famille d'aéronefs révolutionnaires au croisement des exigences actuelles en matière d'environnement, de fiabilité et de performance.

La conception disruptive de la solution BSA repose sur l'électrification de la propulsion de l'avion suivant un agencement spécifique, dit « distribué », et l'utilisation du vecteur hydrogène :



L'avion 4 places de Blue Spirit Aero

des unités électro-propulsives (« pods ») sont réparties le long des ailes, chacune d'elles étant alimentée par sa propre pile à combustible.

L'ARCHITECTURE INNOVANTE DE BSA

Le concept de BSA repose sur une utilisation optimale qui est faite de piles à combustible alimentées par de l'hydrogène : la répartition d'une multiplicité de telles sources de puissance forme une architecture qui procure à l'avion une efficacité opérationnelle optimale, une sécurité accrue et des avantages aérodynamiques remarquables.

Ainsi, l'avion BSA dispose d'avantages compétitifs déterminants en termes :

- environnemental : absence d'émission de gaz polluants, faible signature sonore
- opérationnel : temps de recharge réduits, capacité de décollages et d'atterrissages courts
- sécuritaire : fiabilité optimale, grande robustesse à la panne
- de performances : rayon d'action et vitesse de croisière conformes aux besoins du marché
- de confort : cabine spacieuse, large visibilité
- économique : facilité de maintenance, faibles coûts d'opération

AVIATION HYDROGÈNE : PAYSAGE CONCURRENTIEL

La crise existentielle que traverse actuellement l'aviation a déclenché un vif intérêt pour l'hydrogène chez un certain nombre d'acteurs, une grande majorité d'entre eux étant de nouveaux entrants.

Aujourd'hui, on peut ainsi recenser une petite vingtaine de projets d'aéronefs reposant sur l'usage du vecteur hydrogène pour la propulsion, dont celui de Blue Spirit Aero. Une manière de les distinguer consiste par exemple à considérer leur capacité d'emport (nombre de passagers), la taille unitaire de leur système

de génération de puissance (pile à combustible ou moteur thermique) et le type d'hydrogène utilisé (gazeux ou liquide).

Convaincu que la puissance unitaire de la pile à combustible est une dimension déterminante pour l'optimisation système et l'intégration avion, BSA a fait le choix résolu de faire reposer sa solution sur l'utilisation de plusieurs petites piles plutôt que sur une grosse pile unique.

De même, BSA a fait le choix structurant de faire usage des technologies d'hydrogène gazeux haute pression, déjà disponibles sur étagère et mises à l'épreuve dans la mobilité terrestre, plutôt que sur celles liées à l'hydrogène liquide, qui doivent encore faire l'objet d'un intense effort de développement.

La solution développée par BSA est par ailleurs suffisamment modulaire pour permettre la mise en place de variantes de véhicules de tailles différentes, basées sur l'emploi, en nombres différents, des mêmes pods et du même concept d'architecture de propulsion distribuée. Cette flexibilité permet d'imaginer, à partir d'une première plateforme de 4 places destinée aux aéroclubs, la réalisation d'avions plus grands (10 à 19 places) pouvant alimenter le marché des commuturs régionaux.

LE DÉVELOPPEMENT DE BSA, DE LA CONCEPTION À L'INDUSTRIALISATION

La démarche de développement consiste pour BSA, d'une part, à établir une base de modélisation multi-disciplinaire robuste (un « jumeau numérique » de l'avion) et, d'autre part, à réaliser des essais de validation en vraie grandeur des axes technologiques clé.

Un premier défi consiste en la création ex nihilo de modèles décrivant les caractéristiques de l'avion dans toutes ses dimensions (physique, énergétique, aérodynamique, pilotabilité,...). Ces modèles doivent être confrontés à des données caractéristiques décrivant le comportement réel des technologies



L'avion BSA et ses 12 pods à hydrogène

impliquées, de façon à pouvoir les affiner, recalibrer ou corriger. Un deuxième défi consiste ainsi en la mise en place et la réalisation d'essais de démonstration pertinents permettant de produire ces données réelles.

Le jumeau numérique ainsi constitué, représentation en haute fidélité et simulateur robuste de l'avion à terminaison, est aussi destiné à alimenter les travaux d'ingénierie industrielle, de prototypage et d'industrialisation qui suivront.

Seul un haut niveau de rigueur permet de mener à bien ces actions. Cette exigence alimente l'exercice de conviction vers les partenaires institutionnels, financiers et industriels, parties prenantes de l'ensemble de ces activités.



L'avion BSA survolant Paris et le centre de l'ONERA à Meudon ■

DEMAIN OU 10 ANS

Aura Aero, une ambition industrielle pour l'aviation décarbonée

PAR WILFRIED DUFAUD, DIRECTEUR GÉNÉRAL AURA AERO



Convaincue des enjeux climatiques actuels et à venir auxquels l'aéronautique fait face, la société AURA AERO contribue à l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de 55% en 2035 et de neutralité carbone en 2050.

Pour cela, elle ambitionne de devenir un acteur-clé de l'aviation décarbonée, en développant ERA (Electrical Regional Aircraft), un avion de transport régional de 19 places à propulsion électrique. Cet appareil offre les caractéristiques les plus modernes que l'on

puisse attendre d'un design des années 2020, telles qu'une sécurité accrue grâce à l'adoption du « fly by wire » et de systèmes avioniques modernes, ouvrant la voie à des capacités de vols autonomes. L'avion est intégré à un écosystème digital, qui fournit à ses opérateurs un double digital afin d'optimiser des opérations de vol et sa maintenance. ERA délivrera d'excellentes performances, avec un objectif d'émissions de CO2 faible, une diminution drastique des nuisances sonores, un modèle économique imbattable et l'objectif de taux de recyclage le plus élevé dans son secteur.

ERA dont le premier vol devrait avoir lieu en 2024, pour une entrée en service prévue en 2027, totalise déjà plus de 200 intentions d'achat.



Extraits de la vidéo AURA AERO : <https://youtu.be/tlqZOu0I2ZQ>

DEMAIN OU 10 ANS

La propulsion hybride-électrique : de l'e-VTOL à l'aviation conventionnelle : une technologie permettant la transition vers une mobilité durable sur tous les territoires

PAR BENOÎT FERRAN, CTO ASCENDANCE FLIGHT TECHNOLOGY

A ses débuts en 2018, lorsque ses quatre co-fondateurs fondent Ascendance Flight Technologies après l'arrêt du projet E-FAN d'Airbus où ils se sont rencontrés, l'objet (e)VTOL semble être une idée quelque peu futuriste. Ils partagent déjà la passion pour l'aviation et l'envie profonde de la décarboner pour la rendre responsable et compatible avec les enjeux environnementaux de leur génération.

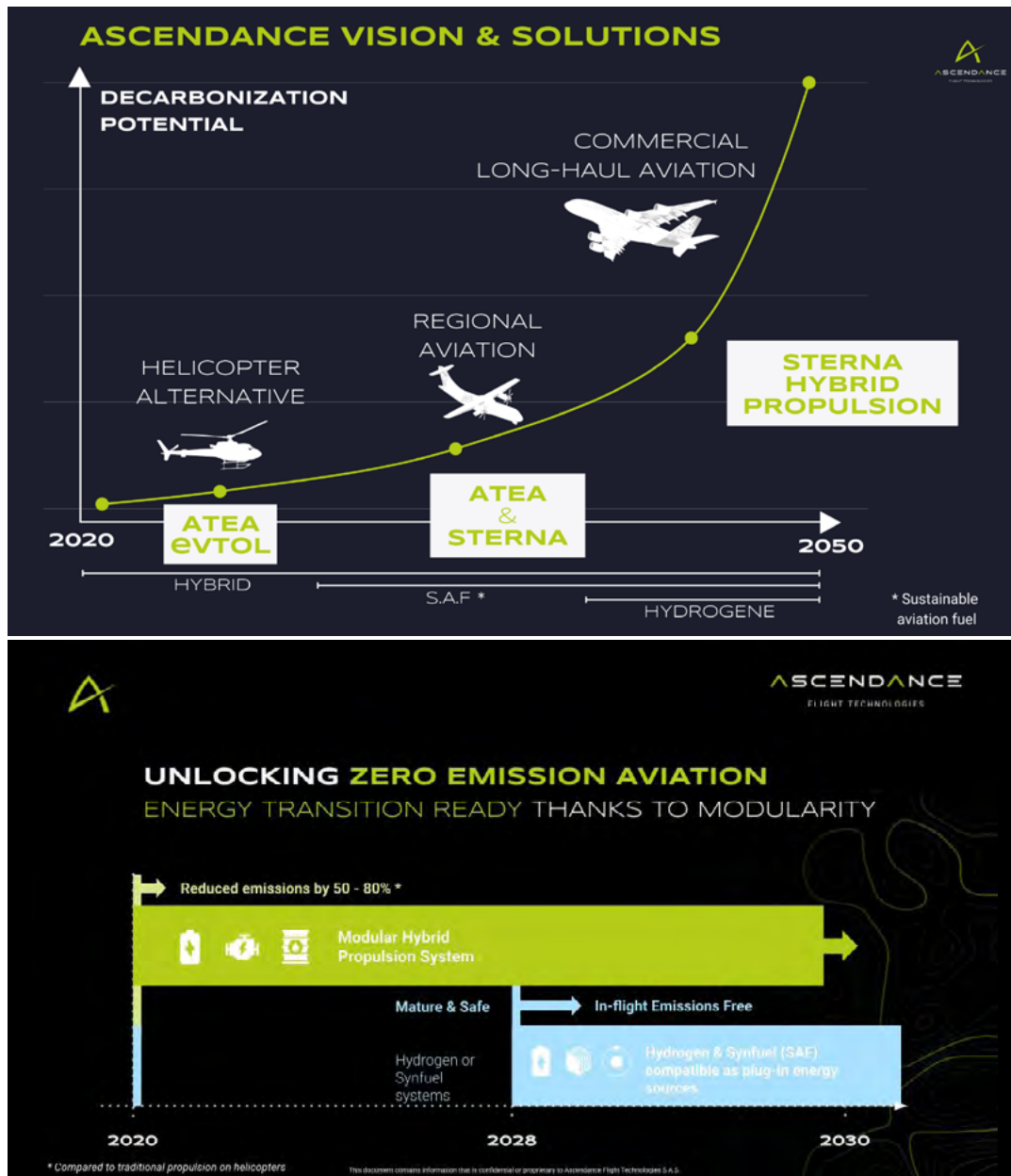
En février dernier, l'Union Européenne annonçait l'objectif de neutralité carbone pour 2050 au Sommet de l'aviation de Toulouse. Désormais, les avions nouvelle génération et les (e)VTOL semblent être une évidente nécessité pour arriver d'ici-là à des émissions nettes en vol nulles, à une réduction de 90% des émissions d'oxyde d'azote et de 65% du bruit perçu. Or on sait également qu'aujourd'hui les meilleures technologies sur le marché ne permettent une amélioration de ces critères que de l'ordre de 15 à 20%, ce qui rend les objectifs de 2050 d'autant plus ambitieux.

Cinq ans après le début de cette aventure humaine et technologique, Clément Diné (Head of Propulsion), Benoît Ferran (CTO), Thibault Baldivia (CCO) et Jean-Christophe Lambert (CEO) continuent de concrétiser leur vision pionnière et la stratégie de l'entreprise : décarboner l'aviation à tous les niveaux possibles en se basant sur les technologies existantes aujourd'hui, sans parier sur des ruptures de performances majeures notamment dans les batteries. Aujourd'hui c'est une cinquantaine de collaborateurs qui permet que R&D, tests, recrutement d'experts battent leur plein, en vue de la commercialisation de deux produits Ascendance Flight Technologies. En effet l'ambition de transformer l'aviation et ses usages nécessitait de voir loin dès le départ :

- d'une part avec Atea, un aéronef à propulsion hybride électrique, pouvant accueillir 5 personnes (4 passagers + 1 pilote) à décollage et atterrissage vertical grâce à 8 rotors placés dans ses 4 ailes ;
- d'autre part avec un système de propulsion hybride innovant – Sterna- pour répondre à des besoins de plus grande échelle.



Vue d'artiste d'Atea



La transition énergétique dans le domaine aéronautique avec les concepts Atea et Sterna

Atea, qui peut également être utilisé en mode cargo pour le transport de marchandises, aménagé pour les transports d'urgence médicale ou encore pour la surveillance entrera en phase de certification en 2025. Grâce à sa compatibilité avec les carburants d'aviation durables (Sustainable Aviation Fuel / SAF en anglais) ainsi qu'avec l'hydrogène vert dans un second temps, cet aéronef offre dès aujourd'hui une alternative bas carbone à l'hélicoptère classique pour commencer à décarboner l'avion. De plus, la société travaille au développement de l'aviation régionale et décentralisée et à la création de nouvelles voies aériennes visant à éviter les grands hubs aéroportuaires et donc les kilomètres superflus pour être au plus près des territoires.

Les équipes d'Ascendace travaillent également aux finitions de Sterna, leur système de propulsion hybride électrique, composé d'un trio de technologies de pointe (plusieurs brevets déposés). C'est en effet l'association d'un Energy storage system (ESS), d'une power box, et d'un Hybrid Operating System (ou Energy management

system) qui garantit l'optimisation de la performance du moteur hybride. Là où Atea est le catalyseur qui a mené à travailler sur Sterna, ce dernier est sans aucun doute la solution d'avenir à implémenter dans des avions moyens et longs courriers (voilure fixe) et des hélicoptères pour décarboner l'aviation globalement et avoir un impact majeur sur les 918 millions de tonnes de carbones émises chaque année par l'industrie. Modulaire et évolutif, il est la clé pour répondre à une telle ambition de transition énergétique. Il est en effet conforme aux plus hauts standards d'utilisation avec les S.A.F puis avec de l'hydrogène vert lorsque cette technologie sera suffisamment mature.

Toujours en phase de test (sur des prototypes à taille réelle) pour optimiser la performance des technologies phares qui les composent, Atea et Sterna sont d'ores-et-déjà en phase de pré commercialisation et verront certainement naître d'autres technologies dérivées, visant également à accélérer la décarbonisation de l'aviation dans sa globalité.

DEMAIN OU 10 ANS

La SNCF innove pour une mobilité durable dans tous les territoires

PAR PATRICIA JONVILLE, RESPONSABLE MARKETING MOBILITÉS EMERGENTES À LA DIRECTION DES TECHNOLOGIES ET DE L'INNOVATION DU GROUPE SNCF (DTIPG)

« La SNCF Innove pour une mobilité durable dans tous les territoires ». Voici le message porté par la Direction Technologies, Innovation et Projets Groupe lors du Colloque des Nouvelles Mobilités qui s'est tenu le 22 et le 23 septembre 2022 à Meudon dans le Hangar Y, lieu emblématique de l'aventure des dirigeables, où a été opéré en 1884 le 1er vol mondial en circuit fermé.

Ce colloque structuré autour de 3 horizons temporels (à 3 ans, à 10 ans et à 30 ans) a permis d'offrir une vision prospective et 360° des nouvelles mobilités en réunissant sur un même lieu les acteurs de la mobilité aérienne et terrestre.

En tant que leader des nouvelles mobilités ferroviaires et non ferroviaires, La SNCF a fait le choix de s'investir pleinement dans cet événement autour de 3 temps :

- un temps de participation à la table ronde introductive,
- un temps de présentation des activités de recherche et de développement dans le cadre de la session « demain ou à 10 ans »,
- un temps d'animation du Hackathon organisé en marge du Colloque.

« COMMENT CONCILIER NOUVELLES MOBILITÉS ET SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE ? »

Telle était la question posée dans la table ronde introductive ; occasion de mettre en avant nos convictions.

VERS UNE POLITIQUE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

Dans le cadre de la crise énergétique actuelle, la sobriété est devenue le nouveau cheval de bataille et va de pair avec la décarbonation des transports !

En tant que 1^{er} consommateur d'énergie en France, la SNCF est consciente de son impact énergétique, y travaille déjà depuis plusieurs années et s'engage à réduire sa consommation de 10% d'ici 2024.

Avec une augmentation de la capacité de 100 places et une consommation réduite de 20%, le TGV M s'inscrit dans cet objectif d'amélioration de l'efficacité énergétiques de la SNCF.

La SNCF s'oriente également vers une politique visant à produire une partie de l'énergie renouvelable nécessaire aux gares via l'implantation massive de panneaux photovoltaïques.

VERS UNE MOBILITÉ COLLECTIVE ET PARTAGÉE DÉSIRABLE

Le transport collectif est dans l'ADN du ferroviaire et nous considérons que la mobilité collective et partagée est un levier de 1^{er} ordre pour diminuer à la fois la consommation et le bilan carbone des déplacements.

Afin que cette pratique se généralise, dans un contexte où le poids des habitudes est très important, nous mettons l'attractivité de nos offres au centre des plans d'action.

VERS DES SOLUTIONS DE MOBILITÉ AU JUSTE NÉCESSAIRE

Autre conviction, la mobilité est un levier essentiel du développement économique et social, de l'inclusivité et du bien-être personnel (accès à l'emploi, à la santé, à la culture, ...).

Aussi, même si la « démobilité » constitue une piste de solution intéressante et très « regardée » depuis la crise du Covid, l'enjeu est bien de permettre à chacun de se déplacer de manière plus raisonnée.

A la SNCF, nous travaillons à la mise en place de solutions dimensionnées pour répondre aux niveaux de trafics des zones dites moins denses, notamment en milieu rural.

C'est dans ce contexte que l'axe des trains très légers, moins lourds et moins coûteux et économes que les trains classiques, est instruit à la Direction de l'Innovation de la SNCF, de même que toutes les formes de transport à la demande.

L'axe de la mixité des usages (voyageurs, fret, services, ...) est également étudié pour optimiser le taux d'occupation, garantir la fréquence et assurer la pérennité des nouvelles mobilités.

SNCF : UNE LONGUEUR D'AVANCE SUR LE MARCHÉ DES MOBILITÉS DURABLES

La présentation des activités lors de la session « demain ou à 10 ans » a permis de mettre en avant notre position et de décrire nos orientations pour une mobilité plus durable.

Avec 0,6% des émissions du transport en France (secteur qui produit environ 30% des GES), la SNCF est déjà très bien positionnée pour relever les défis de la transition énergétique et poursuit ses efforts avec ses partenaires industriels (Alstom, Lohr, Milla, Michelin, ...) pour innover toujours plus pour une mobilité durable, pour tous, dans tous les territoires.

Avec une part de marché Voyageurs et Fret de l'ordre de 10% dans l'hexagone et un réseau très maillé avec 30 000 kms de

voies et 3000 gares, elle ambitionne en 2030 d'avoir doublé la part modale du fret et augmenté très fortement le volume de voyageurs transportés durant la décennie 2030.

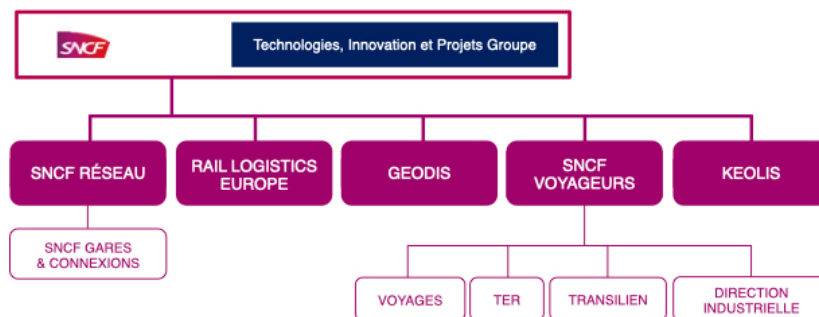
LES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE L'AMBIITION SNCF

4 axes structurent les travaux de R&D pour servir l'ambition du « Faire x2 ferroviaire » :

- La digitalisation du système ferroviaire avec des trains connectés et dotés d'aides à la conduite qui permettront d'offrir plus de capacité et de fiabilité.
- La décarbonation par une approche tous azimut allant du train hybride au train hydrogène pour le fret en passant par le train à batteries attendus dans les 5 ans.
- La préparation d'une nouvelle gamme de trains dits légers et très légers avec des ruptures de coût permettant d'offrir plus de fréquence et de réintroduire des trains dans tous les territoires avec des projets emblématiques comme DRAISY (mobile rail) et FLEXY (mobile rail-route).
- L'exploitation de travaux scientifiques en amont pour préparer l'avenir dans le domaine de la 5G, de l'IA, des sciences cognitives, de la cyber sécurité, de la robotique, des nouveaux matériaux et de la fabrication additive.

LE GROUPE SNCF

Son organisation :



Direction Technologies, Innovation et Projets Groupe



LE GROUPE SNCF

Ses chiffres clés 2021 :

10%

LA PART DU FERROVIAIRE
DANS LE TRANSPORT DE
PASSAGERS

0,6%

LA PART DU FERROVIAIRE
DANS LES ÉMISSIONS DE CO₂
DANS LE SECTEUR DES
TRANSPORTS
EN FRANCE



34,8 MDS€

DE CHIFFRE D'AFFAIRES
DONT 60% SUR LE FERROVIAIRE
2^E GROUPE
DE MOBILITÉS AU MONDE

10,3 MDS€

D'INVESTISSEMENTS
DONT 90% EN FRANCE
ET 40% FINANCÉS
EN PROPRE



5 MILLIONS*

DE VOYAGEURS/JOUR
DANS LES TRAINS EN FRANCE
DONT 3,5 M EN ÎLE-DE-FRANCE

14 000*

TRAINS PAR JOUR
DONT 40% EN IDF

* Données en année normale avant la crise de la Covid



30 000 KM

DE LIGNES (2^E RÉSEAU
D'EUROPE) DONT 2 700 KM
À GRANDE VITESSE

272 000

COLLABORATEURS DONT
60% SUR LE FERROVIAIRE
ET 219 000 EN FRANCE

Direction Technologies, Innovation et Projets Groupe



ASSURER LA MOBILITÉ DE TOUS DANS LES TERRITOIRES

Tel est le challenge que se fixe la SNCF au travers de son accélérateur d'innovation Tech4Mobility mis au service des Régions.

Partant du fait que 60% de la population n'a pas le choix aujourd'hui de se passer de sa voiture, le challenge consiste à réhabiliter des petites lignes ou à reconverter d'anciennes voies ferrées pour les zones moins bien desservies par les transports en commun.

En parallèle, SNCF Réseau poursuit avec l'Etat et les Régions son effort de régénération du réseau principal et des lignes de desserte fine du territoire, pour garantir la fiabilité et la sécurité des circulations sur ces axes plus densément circulés.



TRAIN TRÈS LÉGER « DRAISY »

Puisant certains de ses composants dans l'industrie automobile, ce train très léger de 30 places assises (80 voyageurs au total) est destiné aux petites lignes peu exploitées. Il a vocation à circuler sur des infrastructures semi-dédiées.



NAVETTE RAIL-ROUTE « FLEXY »

Cette navette ferroviaire ultra légère dispose de roues double fonction lui permettant de circuler sur rail et sur route pour faciliter les croisements sur voie unique. D'une capacité de 14 places, elle est destinée en priorité aux petites lignes non circulées de 10 à 30 km, offrant un faible potentiel de trafic.

D'AUTRES SOLUTIONS NON FERROVIAIRES POUR RÉPONDRE AUX BESOINS

En l'absence de lignes utilisables, la SNCF investit le champ de la route partagée au travers de 2 expérimentations :

- un service de véhicules partagés à la demande avec chauffeur pour de la desserte de proximité (objet de l'expérimentation de Ma Course SNCF sur 5 communes de la Sarthe en collaboration avec VIA, leader mondial des solutions de transport dynamique et à la demande),
- un service de véhicules autonomes sur d'anciens couloirs ferroviaires ; objet du Hackathon mené en marge du Colloque des Nouvelles Mobilités.

UN HACKATHON POUR CHALLENGER LES AMBITIONS D'INNOVATION DE LA SNCF

Le Hackathon organisé par Hussar Academy a permis d'explorer les pistes de services pour le Programme Mobilité Autonome de Tech4Mobility.

SNCF INSPIRANTE

« Quelle expérience client sur l'ensemble du parcours d'un système de transport public autonome en milieu rural et périurbain ? » tel était le challenge sur lequel ont planché 5 groupes pluridisciplinaires d'étudiants issus de grandes écoles.

Très inspirés par la SNCF (2ème entreprise sélectionnée après Airbus parmi les 8 entreprises candidates au Hackathon), les travaux des étudiants ont proposé des solutions pour faciliter et valoriser les usagers à chaque étape du parcours client. Au-delà du parcours client, le « Groupe gagnant » a mis en évidence des pistes pour enrichir le modèle d'affaires.

UN COLLOQUE FÉDÉRATEUR

Pluridisciplinarité, diversité des acteurs (étudiants, experts, politiques, ...), approche multi-sectorielle, unité de temps et de lieu dans un lieu emblématique, recherche et retours d'expérience, ... tels sont en conclusion les marqueurs de ce colloque Nouvelles Mobilités, dont le cadre fut propice à une réflexion participative et inspirante pour le futur d'une mobilité plus durable et plus désirable.

Retrouvez-nous sur <https://www.sncf.com/fr/innovation-developpement/innovation-recherche>

**IL Y A
150 FAÇONS
DE S'ENGAGER
POUR UNE
MOBILITÉ PLUS DURABLE**



SNCF - 2 place aux Étoiles - CS 70001 - 93633 La Plaine Saint-Denis Cedex - 552 049 447 RCS Bobigny. © Letizia Le Fur

**REJOINDRE SNCF, C'EST POUVOIR CHOISIR
LA VOIE QUI VOUS INSPIRE PARMİ NOS 150 MÉTIERS.**

Retrouvez nos engagements et nos offres sur
emploi.sncf.com

Pour
nous tous 

SESSION

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

VENDREDI 23 SEPTEMBRE

ANIMATEURS : ALAIN DURAND ET PHILIPPE CASTERA



Alain Durand est titulaire d'un doctorat (Université d'Orléans / ONERA). Il débute sa carrière comme ingénieur de recherche chez Safran, avant de rejoindre le monde du conseil en financement de la recherche et innovation. Il intègre ensuite la Direction Générale de l'Armement, où il passe 10 ans au sein de la direction de la stratégie. Il est actuellement senior manager chez Sopra Steria Next et secrétaire général d'Alumni ONERA.



Après une thèse en physique des plasmas à l'ONERA, en collaboration avec l'Ecole Centrale Paris, **Philippe Castera** a rejoint Dassault Systèmes en 2015 pour travailler sur les modèles mathématiques pour les systèmes complexes, notamment en biologie. Depuis 2020, il s'occupe des développements algorithmiques pour Living Map, l'application de Biologie des Systèmes de BIOVIA. Il contribue par ailleurs au 3DEXPERIENCELab (l'incubateur de Dassault Systèmes), pour lequel il auditionne les projets à forte teneur scientifique. Il est trésorier d'Alumni-ONERA.

- 13 h 30 **Alain Sauvart**, directeur de l'Autorité de la qualité de service dans les transports, **Conseil général de l'environnement et du développement durable** : *Quels avenir possibles pour les mobilités à 2040 et 2060 ?*
- 14 h 00 **Fabrice Cuzieux**, **ONERA**, animateur du groupe de travail Certification au sein du conseil pour les drones civils : *Les nouvelles mobilités, un chemin pavé d'ambitions pour la recherche*
- 14 h 15 **Jacques Beltran**, vice-président Cities & Public Services, **Dassault Systèmes**
- 14 h 30 **François Desgardins**, directeur des nouvelles offres et de l'innovation du groupe **NEXITY** : *Prise en compte dans l'aménagement urbain des nouvelles mobilités*
- 14 h 45 **Bertrand Quélin**, professeur, **chaire Bouygues-HEC Paris Smart City** et bien commun : *Ville durable et Intermodalité : comment créer de la valeur sociale ?*
- 15 h 00 PAUSE
- 15 h 30 **Laurence Vanin**, docteur, titulaire de la chaire Smart City : philosophie et éthique, **université Côte d'Azur**, Smart City, IA et mobilier techno-urbain : *Quelle place pour l'homme ?*
- 15 h 45 **Pascal Terracol**, professeur, chaire architecture & intelligences, **ENSA Paris- Val de Seine** : *La mobilité aérienne, une question d'urbanisme*
- 16 h 00 **Pierre Delaigue**, directeur des projets mobilités connectées électriques et autonomes, **Vinci** : *L'autoroute électrique au service de la décarbonation du transport routier*
- 16 h 15 **Nicolas Hautière**, directeur du département COSYS et directeur du projet Route 5^e génération, **université Gustave Eiffel** : *Décarbonation des mobilités et infrastructures de transport*
- 16 h 30 CLÔTURE DU COLLOQUE

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Quels avenir possibles des mobilités pour 2040 et 2060 ?

PAR ALAIN SAUVANT, MEMBRE DE L'INSPECTION GÉNÉRALE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (IGEDD), DIRECTEUR DE L'AUTORITÉ DE LA QUALITÉ DE SERVICE DANS LES TRANSPORTS (AQST)

L'Inspection générale de l'Environnement et du Développement Durable (IGEDD) du ministère de la transition écologique et France stratégie ont publié en 2022 un travail de prospective sur les transports : « Prospective 2040-2060 des transports et des mobilités : 20 ans pour réussir collectivement les déplacements de demain ».

<https://www.strategie.gouv.fr/publications/prospective-2040-2060-transports-mobilités-20-ans-reussir-collectivement-deplacements>

Le principal objectif de cette démarche était d'explorer divers avenir possibles contrastés pour les transports et les mobilités au cours des prochaines décennies, dans l'idée que cela puisse contribuer à aider à mieux éclairer les conséquences de diverses décisions publiques dans ces domaines.

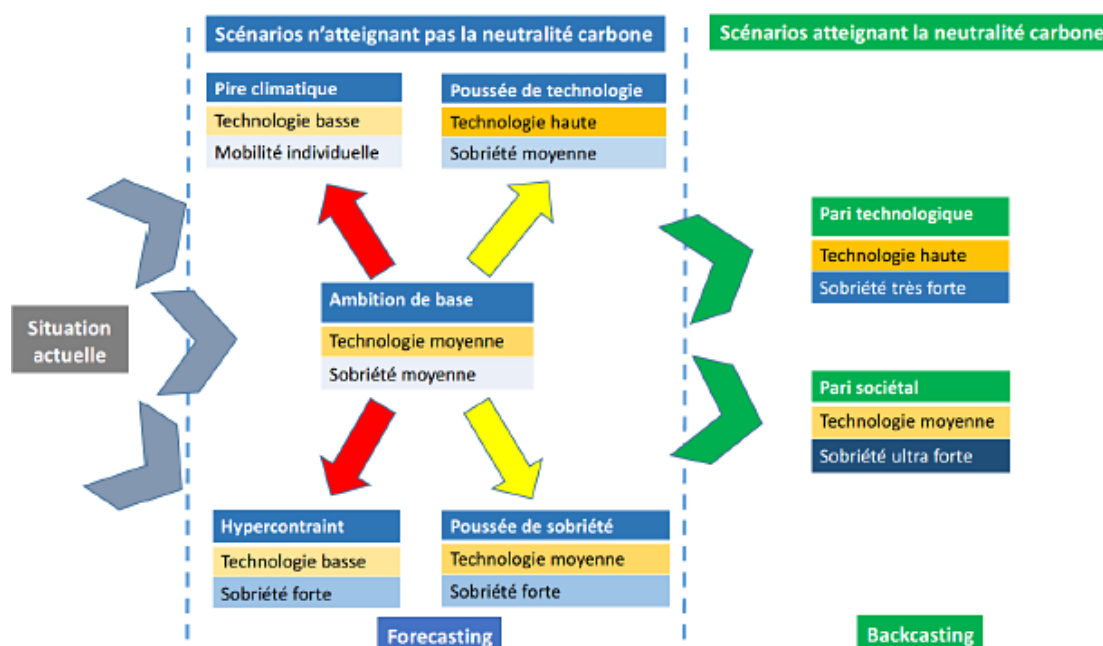
Pour explorer ces avenir possibles contrastés, cinq scénarios ont été construits en partant de la situation actuelle et en la faisant évoluer (« forecasting »). Deux autres ont été construits en partant de la satisfaction d'une contrainte sur les mobilités, consistant à atteindre la neutralité carbone de ce secteur à l'horizon 2060

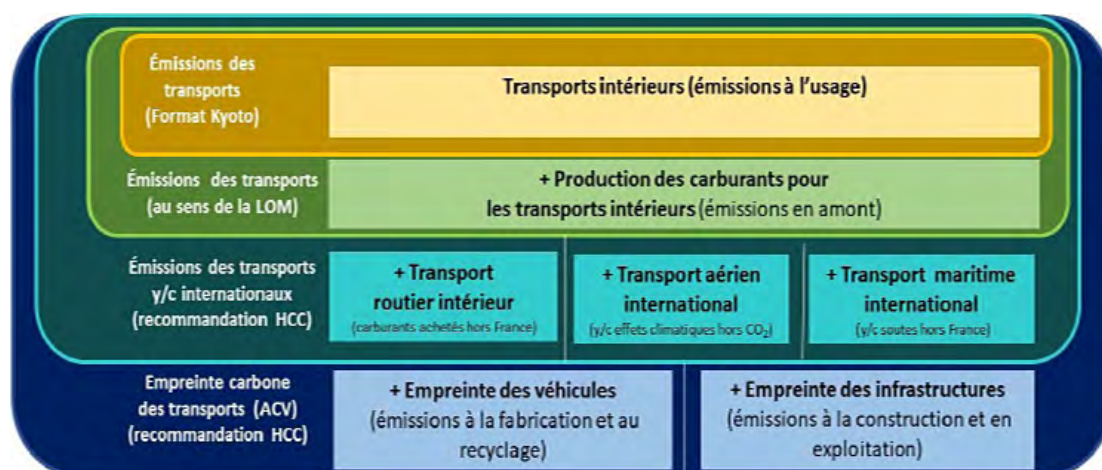
(« backcasting »). Cette dualité d'approche est assez classique et permet de voir ce qui serait susceptible de manquer aux approches incrémentales pour atteindre l'objectif recherché.

Une originalité de cette démarche a été de dépasser une approche sur les seules émissions directes des mobilités, en s'inspirant notamment des recommandations formulées par le Haut conseil pour le climat (HCC).

Ainsi, sont prises en compte l'ensemble des émissions en analyse sur le cycle de vie (ACV) donc également celles liées à la construction, maintenance et déconstruction des véhicules et des infrastructures. Sont également pris en compte l'amont de la production des énergies, les émissions des transports internationaux touchant la France (intérieur et la moitié des échanges) ainsi que l'ensemble des gaz à effet de serre, par exemple les traînées de condensation dans le transport aérien.

Ceci aboutit à presque doubler les émissions directes retenues dans le seul périmètre dit de Kyoto, ce qui fait de la neutralité des mobilités ainsi définie un objectif particulièrement ambitieux.





Compte tenu notamment des longues durées de vie des véhicules et encore plus des infrastructures, les évolutions des mobilités ne peuvent s'appréhender sur des périodes longues. En même temps, l'urgence environnementale amène à fixer des objectifs de neutralité dans des durées assez proches.

Schématiquement, les mutations devraient être de deux ordres :

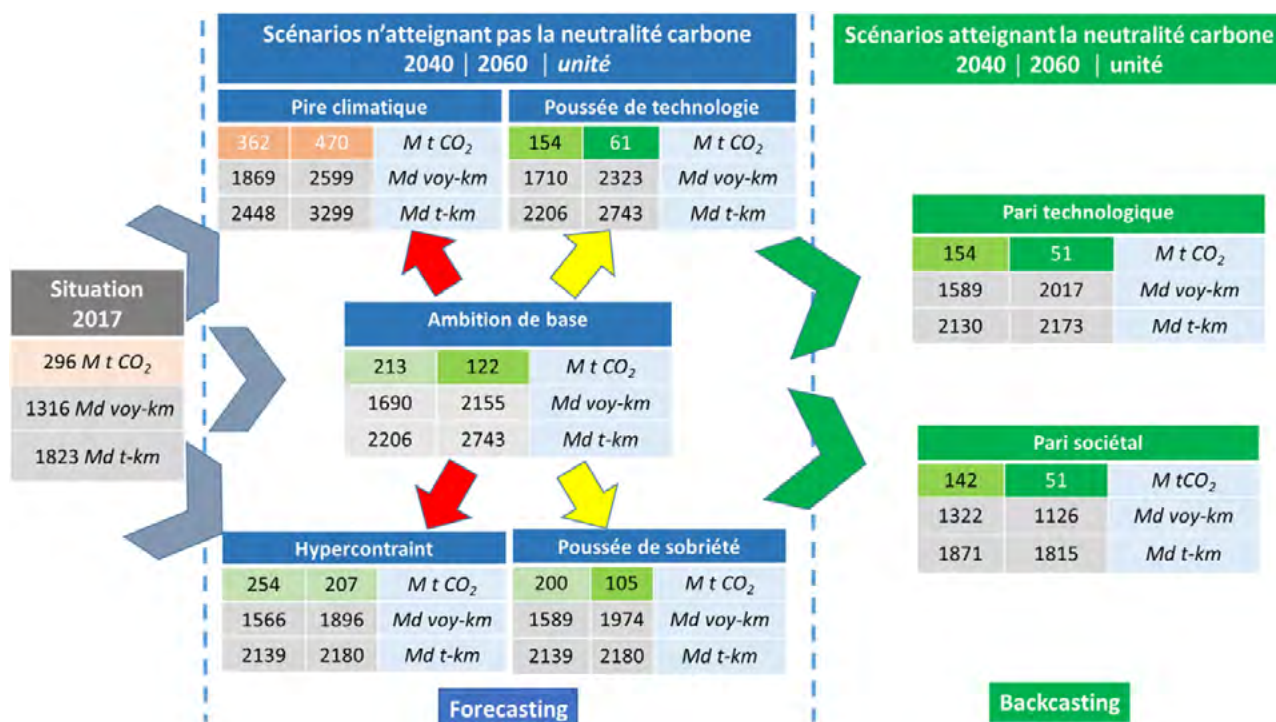
- Les évolutions des motorisations vers des solutions décarbonées, par exemple le véhicule électrique pourvu que l'électricité utilisée soit essentiellement décarbonée elle-même, ou dans une certaine mesure d'autres solutions décarbonées (par exemple le biogaz). Pour le transport aérien, les solutions de décarbonation sont plus limitées et plus complexes, car l'énergie doit être emportée à bord, ce qui implique une forte densité énergétique par unité de masse et par unité de volume.
- Les évolutions des mobilités elles-mêmes vers davantage de sobriété : ce terme reflète à la fois la maîtrise des déplacements (par exemple le télé-travail), leur massification (par exemple l'usage renforcé des transports ferroviaires et collectifs, ainsi que du covoiturage dans les axes et zones de densité moyenne), ou bien le renforcement des modes doux et actifs, notamment le vélo et la marche à pieds.

Ce qui semble ressortir de la démarche est que les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre devraient être très élevés, de l'ordre d'une division par 6, malgré la croissance tendancielle des trafics du fait de la croissance économique envisagée ; de ce fait les seuls progrès des motorisations, bien que très conséquents (de l'ordre d'une division par 4 pour les VL à même parcours, voire davantage si certaines mesures sont retenues), ne devraient pas suffire, et donc des progrès en matière de sobriété semblent également nécessaires.

Il faut donc s'attendre à des évolutions dans les façons de se déplacer, même si ces changements seront progressifs. Toutefois, les progrès de sobriété présenteront aussi des co-avantages : usages de l'espace urbain rare pour d'autres finalités que la circulation automobile, bénéfices de santé publique pour les modes actifs, plus grande inclusivité grâce aux transports collectifs renforcés.

Les progrès des technologies de décarbonation permettent d'envisager une parité de coût de revient du VL électrique par rapport au VL thermique similaire, sur l'ensemble du cycle de vie, vers le milieu des années 2020, en notant toutefois un impact sur le produit de la TICPE qui pèsera sur les comptes publics, impact qui sera susceptible d'être accru par le développement

2060	Unité	Rappel 2017	Pire climatique	Ambition de base	Neutralité Pari technologique	Neutralité Pari sociétal
Taxe carbone Et/ou quotas éventuels	E2017/tCO2eq	44 (VP) et 0 (air)	44 (VP) et 0 (air)	250	500	500 ET quotas (ou environ 5000 SANS quotas)
Télétravail et télé-x	j/sem et % des actifs % effet rebond	Faible	Faible	2 j/sem 30% actifs 50% reb.	2j/sem 30% actifs 50% reb.	3j/sem 50% actifs 25% reb.
TCU lourds	% des voy-km grandes agglos	19%	8%	26%	27%	33%
Covoiturage	Voy/veh grandes agglos	1,4	0,7	2,3	2,4	3,3
Modes doux	% des voy-km	4%	4%	9%	12%	14%
Aménagement	Effet sur les voy-km p.r. fil eau	-	-	-2%	-2%	-3%



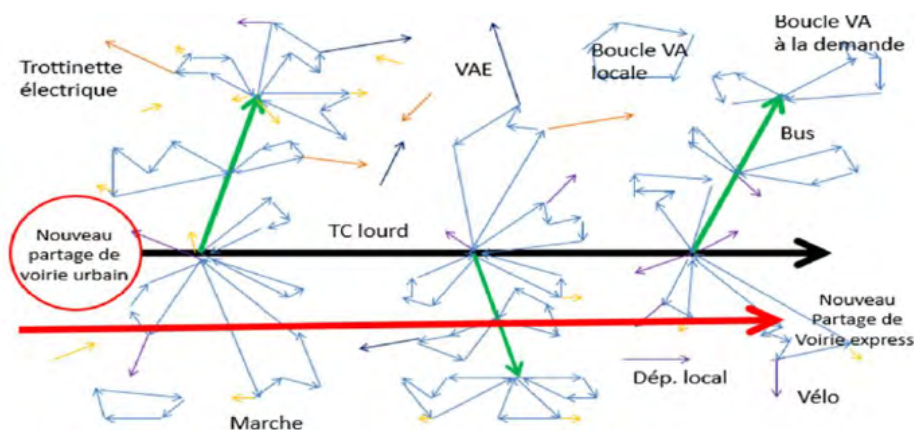
des alternatives à l'auto-solisme dans le cadre des politiques de sobriété. Pour l'aviation, le recours aux carburants décarbonés devrait augmenter les coûts de revient.

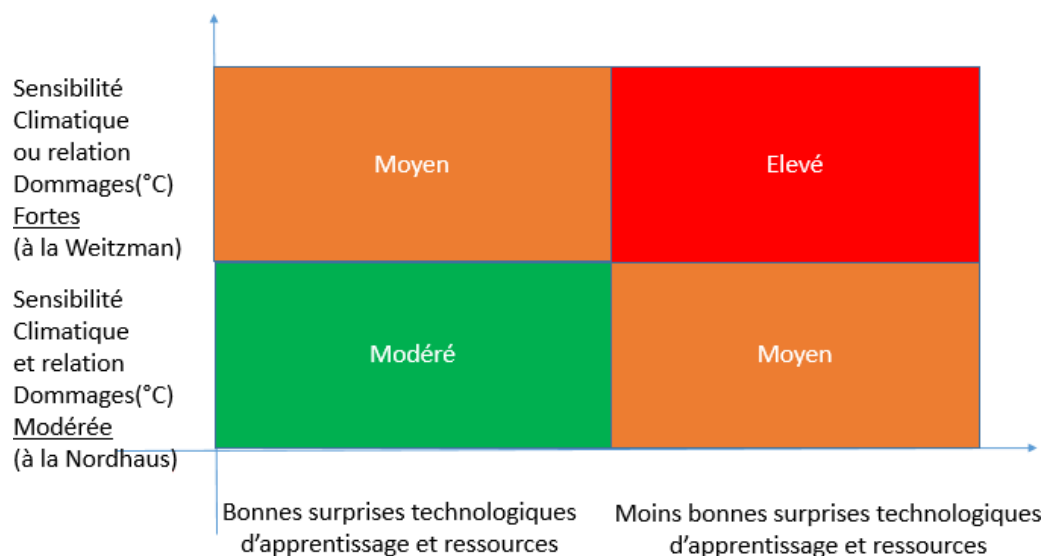
S'il devrait y avoir parité de coût de revient sur le cycle de vie, le coût du véhicule neuf pourrait être renchéri, ce qui implique des accompagnements spécifiques à envisager pour les ménages les plus exposés, par exemple des aides à la location sous condition de ressources. La période des prochaines années pendant laquelle il n'y aura pas beaucoup de véhicules électriques d'occasion pourrait donc être délicate. Le financement des points de recharge publics ainsi que de ceux pour les immeubles collectifs constituent d'autres points de vigilance.

Une hausse progressive de la taxe carbone ne serait donc pas inutile pour le financement de ces efforts, et dans ce cadre des mesures de protection des ménages sociaux paraissent utiles pour préserver leur pouvoir d'achat. Certains pays étrangers comme l'Allemagne priorisent ces aides sur les territoires peu denses où il n'y a pas d'alternative crédible à la voiture, les ménages plus urbains bénéficiant de renforcement des transports collectifs.

Les incertitudes sont à l'évidence nombreuses, et les questions d'acceptabilité sociale seront à l'évidence aussi des clés majeures de succès de cette transition. L'analyse des risques menée a démontré qu'il convient de ce fait de privilégier des politiques publiques flexibles, qui tiendront compte des informations nouvelles qui émergeront : ampleur des dommages du dérèglement climatique, évolutions des technologies et de leurs coûts, acceptabilité des évolutions proposées. Les politiques publiques concerneront de nombreux niveaux à articuler au mieux entre eux, par exemple européens pour les normes techniques de motorisation, nationales pour les grandes infrastructures de transports et l'accompagnement des nouvelles motorisations, régionales et locales notamment pour les politiques de sobriété urbaines et locales. La temporalité des mesures devrait également être coordonnée.

L'intérêt principal d'une démarche de prospective est de donner à l'ensemble des acteurs des points de repère sur les évolutions possibles pour les aider à mieux anticiper ensemble les politiques à mener. Elle peut aussi servir de socle à une politique de planification écologique largement décentralisée dans les





territoires. L'ampleur des changements à effectuer devrait être significatif, avec des ruptures d'usage induites par les évolutions de motorisations ainsi que l'avancement de la sobriété des mobilités.

Il n'y a heureusement pas que des surprises négatives. Par exemple les baisses de coût de revient des énergies renouvelables et des véhicules décarbonés ont été bien supérieures à ce qu'on pouvait envisager il y a quelques années. La part de ces véhicules dans les ventes effectives suit une croissance exponentielle avec

des parts de marché désormais à deux chiffres. Dans le cadre du programme « Fit for 55 », l'anticipation de la fin de la vente des VL thermiques en Europe dès 2035 ne semble donc pas totalement hors de portée, même si elle reste un défi.

Plus fondamentalement, la prise de conscience par la société de l'ampleur des dommages si on ne faisait rien, ou pas assez, constitue la meilleure garantie de motivation collective et donc de succès. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Les nouvelles mobilités, un chemin pavé d'ambitions pour la recherche

PAR FABRICE CUZIEUX, DIRECTEUR DE PROGRAMME DRONE, ONERA, MEMBRE D'ALUMNI-ONERA



Diplômé de l'Ecole Centrale de Marseille, Fabrice Cuzieux a rejoint l'ONERA en 2003 pour y effectuer son doctorat en mécanique de fluides appliqué aux appareils convertibles. Après deux années passées chez Airbus Helicopters sur les programmes de simulation d'entraînement, il est revenu à l'ONERA en 2007 pour y conduire différentes activités de recherche et coordination dans le domaine des voilures tournantes. Membre du Conseil français du drone civil depuis 2019 en charge du groupe de travail Certification, il est aujourd'hui directeur de programme drone à l'ONERA et suppléant EREA pour le groupe d'experts informel de la Commission sur les drones pour l'UE.

AVANT-PROPOS

La mobilité est un sujet central pour tous, mais qu'entendons-nous par « nouvelles mobilités » dans le domaine aérien ? La mobilité, c'est la propriété de ce qui est susceptible de mouvement, de ce qui peut se mouvoir ou être mû, changer de place. C'est par conséquent non seulement de la mobilité des personnes mais aussi de celle des biens dont il est question. La mobilité est une condition nécessaire à l'exercice de tous nos droits fondamentaux (droits au travail, au logement, à l'éducation, à la santé, à la consommation, ...). Les nouvelles mobilités traitent dès lors non seulement des moyens de transport innovants, mais aussi de leur impact sur l'exercice des droits de chacun à l'accès à une mobilité pour tous et dans le respect de tous. Il est donc nécessaire d'anticiper autant les besoins futurs que les évolutions technologiques pour y répondre justement.

DRIT À LA MOBILITÉ

Le droit à la mobilité est ainsi inscrit au code des transports : « L'organisation des mobilités sur l'ensemble du territoire doit satisfaire les besoins des usagers et rendre effectifs le droit qu'à toute personne, [...], de se déplacer et la liberté d'en choisir les moyens, y compris ceux faisant appel à la mobilité active, ainsi que la faculté qui lui est reconnue d'exécuter elle-même le transport de ses biens ou de le confier à l'organisme ou à l'entreprise de son choix. La mise en œuvre de cet objectif s'effectue dans les conditions économiques, sociales et environnementales les plus avantageuses pour la collectivité et dans le respect des objectifs de lutte contre la sédentarité et de limitation ou de réduction des risques, accidents, nuisances, notamment sonores, émissions de polluants et de gaz à effet de serre. »

On y retrouve ainsi les grands enjeux auxquelles les nouvelles mobilités doivent répondre demain plus encore qu'aujourd'hui : accessible à tous, économique, sûr, performant et respectueux de l'environnement et des personnes.

ANTICIPATION ET INNOVATION

Comment répondre demain aux objectifs ici énoncés ? Dans le domaine aérien, la Commission européenne a annoncé un objectif de zéro émission à horizon 2050 (Green Deal). Dans ce contexte, l'ONERA est à l'initiative du partenariat Clean Aviation, lancé en 2021, qui s'appuie sur trois piliers : Hybrid electric regional aircraft, Ultra-efficient Short-medium Range aircraft et Technos for H2-powered aircraft. Ces actions portent majoritairement sur l'amélioration des appareils existants. Pour autant, dans l'exercice de nos droits à une mobilité plus respectueuse de l'environnement, ces appareils seront radicalement différents de leurs prédécesseurs, et représentent ainsi une nouvelle forme de mobilité.

Toutefois, si l'on souhaite adresser l'ensemble des enjeux des nouvelles mobilités, il sera indispensable d'étendre ce type de démarche à toutes les composantes de la mobilité aérienne : transport des biens comme des personnes, nouveaux usages, infrastructures, ...

L'EASA (European Aviation Safety Agency) a par exemple commandé l'étude « Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe » en 2021. Le transport des biens et des personnes par les nouvelles solutions de mobilité de type UAM (Urban Air Mobility - des drones ainsi que des taxis aériens), y a été confronté aux enjeux d'acceptabilité sociétale. Si les questions

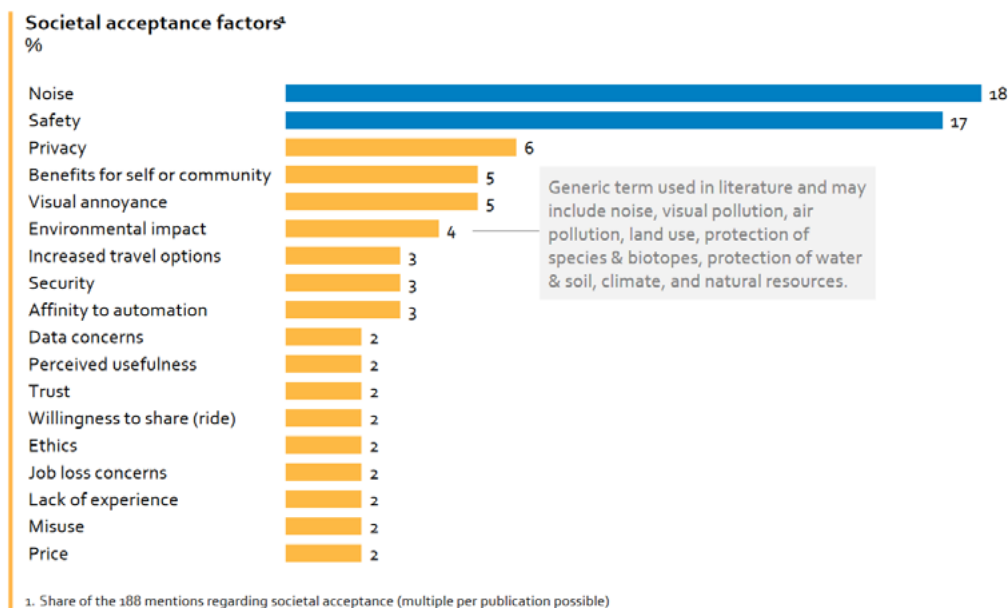


Fig1. Study on the societal acceptance of Urban Air Mobility in Europe

d'environnement sont ici encore très présentes, ces véhicules concernés sont par nature électriques et donc « zéro net émission ». L'acceptabilité acoustique prend alors une dimension majoritaire avec la sécurité et la sûreté. Du même temps, les autres enjeux tels que le respect de la vie privée, la gêne visuelle, les infrastructures adaptées et bien entendu le bénéfice attendu en terme d'option de mobilité pour tous sont tout autant présents. On y retrouve aussi d'autres enjeux moins souvent anticipés par les industrielles comme le respect de la vie sauvage, les préoccupation d'impact sur l'emploi dans les secteurs concurrencés, etc.

L'innovation dans le domaine des mobilités doit alors servir au développement de nos capacités futures à agir sur l'ensemble de ces enjeux. Dans un monde qui change de plus en plus vite, il est alors nécessaire d'anticiper l'ensemble des scénarios possibles pour que nos actions d'innovation d'aujourd'hui aient une conséquence positive dans un monde tout différent de celui où nous les aurons préparés.

On parle ici d'une prospective sur le très long terme, un horizon qui dépasse donc les innovations industrielles, même celles « dans les cartons ». Ce type d'anticipations est au cœur des actions de la recherche.

DES MOBILITÉS FUTURES AUX AMBITIONS POUR LA RECHERCHE

Anticiper conduit tout d'abord, paradoxalement pourrait-on dire, à rechercher un fait qui existe déjà pour en projeter l'évolution.

Ainsi, l'émergence de nouvelles solutions de mobilité comme celles portées par le secteur de l'UAM (Urban Air Mobility) ou l'AAM (Advanced Air Mobility) introduit par la NASA, pourraient être une solution indispensable à la mobilité de demain. Les solutions de RAM (Rural Air Mobility) qui englobent des nouvelles mobilités pour les zones généralement mal desservies à l'écart des réseaux classiques sont aussi considérées.

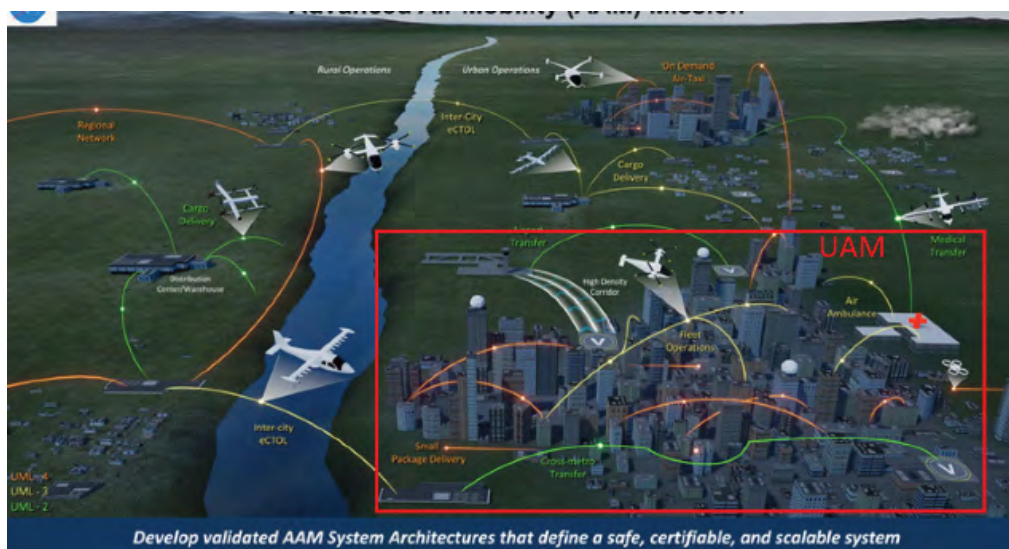


Fig2. Vision de l'AAM selon la NASA (crédit NASA)



Fig3. Décompte VFS du nombre de projet d'eVTOL au cours des années passées

Ces nouvelles solutions sont aujourd'hui très nombreuses avec plus de 600 projets de taxis aérien selon le site de la Vertical Flight Society (<https://evtol.news/aircraft>).

Le marché des drones est lui aussi en pleine explosion. Avec de plus en plus d'exploitation industrielle dans les secteurs de l'agriculture, des infrastructures, de l'énergie, de la sécurité, ..., et de plus en plus d'expérimentation grandeur nature pour des opérations de livraison au potentiel impressionnant, le ciel de demain pourrait voir leur nombre exploser.

A l'ONERA, de nombreux travaux ont été entrepris avant l'émergence industrielles de certaines de ces solutions. On pourra mentionner le partenariat avec CEA Tech, où dès 2012-2013 l'ONERA menait des travaux de prospective relatifs à la propulsion électrique pour les aéronefs. S'en est suivi en 2015, l'étude d'une solution de propulsion originale d'hyper-distribution de fans électriques nommé AMPERE (pour Avion à Motorisation répartie Electrique de Recherche Expérimentale). Ce projet à la fois numérique et expérimental a permis d'acquérir des connaissances nécessaires à l'exercice de l'expertise ONERA sur ces domaines.

En effet, la recherche, pour répondre aux enjeux des nouvelles mobilités, doit sans cesse faire progresser ses capacités expérimentales : elle doit alimenter les bases de données de référence nécessaires à l'analyse et la compréhension des phénomènes physiques mis en jeu.

Ces étapes sont les maillons indispensables à la construction et l'amélioration des codes de calculs, et des moyens expérimentaux. Ils permettent ensuite à l'ONERA d'accompagner les innovations portées par l'industrie, ou les autorités de régulation pour la mise au point des exigences réglementaires.

Par exemple, la convention PHYDIAS, financée par la DGAC, consacrée aux méthodes de conception et d'analyse de la sécurité des systèmes de drones : lancée en 2018 pour trois ans, puis reconduite en 2022 dans PHYDIAS II, permet de travailler sur l'évaluation des risques des opérations et systèmes de drones, l'impact de l'aérodynamique sur le trafic à basse altitude, les facteurs

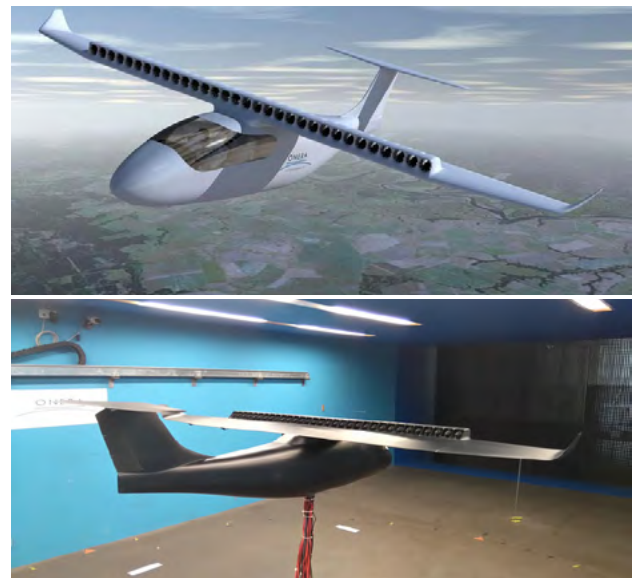


Figure 4. AMPERE et sa maquette (échelle 1/5 soit 2,90 m d'envergure) dans la soufflerie L2 (centre ONERA de Lille)

humains et la télé-opération, l'avionique autonome et les garanties sur les traitements d'images de caméras embarquées, l'acoustique des drones,.... Autant de sujets qui formeront les outils et méthodes permettant de répondre aux enjeux de sécurité et d'acceptabilité.



Figure 5. DGAC-PHYDIAS : Calcul de probabilité de collision de drones avec une personne à l'aide de l'outil DROSERA « DRONES Simulation Environment for Risk Assessment »

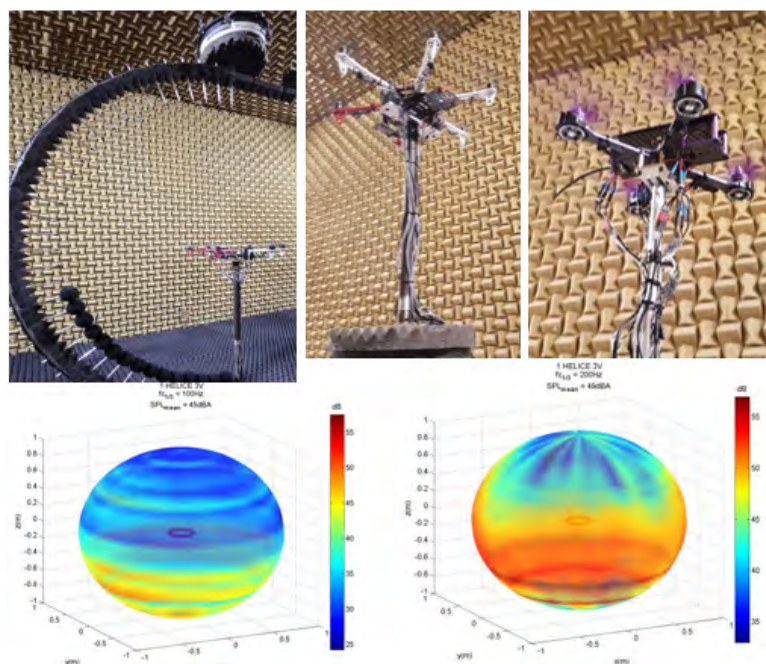


Figure 6. DGAC-PHYDIAS : Mesure en chambre anéchoïque et simulation de l'acoustique des drones

L'EASA par son étude sur l'acceptabilité sociétale de l'UAM n'a fait que remettre sur le devant de la scène la nécessité de travailler dans une démarche de recherche. En effet, dans une projection d'un futur enviable, les innovations portées par l'industrie ne représenteront de vrais solutions qu'en respectant l'ensemble de nos droits à la mobilité. Que ce soit pour les faire progresser ou pour fixer les ambitions à atteindre, seule une démarche de recherche pourra nous permettre de nous projeter en toute impartialité.

CONCLUSION

Le développement rapide d'un certain nombre de technologies nous permet aujourd'hui d'entrevoir de nouveaux concepts de mobilité tels que l'UAM, ou encore l'AAM le RAM. Il en résulte un très grand dynamisme de ce secteur avec jour après jour

de nouveaux concepts de véhicules aériens, de services, ou autres. Toutefois, répondre aux attentes sociétales en matière de mobilité exigent plus que des innovations technologiques. Des développements scientifiques et techniques supplémentaires sont à anticiper pour basculer d'une innovation vers une acceptation de celle-ci dans le respect des enjeux de notre société pour l'avenir.

L'ONERA possède une expertise technique sur la plupart des domaines concernés, qui lui permet de remplir sa double mission d'innovation au profit de l'industrie et d'expertise auprès de l'État (ici, la DGAC ou l'EASA). Il l'exerce pleinement au profit des nouveaux concepts de mobilité aérienne à travers de nombreuses activités de recherche publique. Ainsi, l'ONERA contribue au respect des droits à une mobilité pour tous et dans le respect de tous. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

La ville et son jumeau virtuel

PAR JACQUES BELTRAN, VICE-PRÉSIDENT CITIES (ET) PUBLIC SERVICES, DASSAULT SYSTÈMES



Les villes abritent aujourd'hui 4,2 milliards habitants. Elles devront en accueillir un peu moins de 7 milliards¹ en 2050. Ces bouleversements démographiques appellent à une planification urbaine et des services publics plus durables. En effet, les villes sont déjà confrontées à des défis majeurs tels que la pression foncière, la pollution, l'allocation des ressources, la sécurité et la mobilité. Ces défis vont s'accroître ces prochaines décennies. Ils poussent les acteurs publics et privés à modifier profondément leur approche de la ville. Le jumeau virtuel des villes peut y contribuer.

Le jumeau virtuel des villes permet de rassembler les données d'un territoire et de sa population, de les analyser et de les modéliser. Avec de nouveaux outils de visualisation viennent de nouvelles idées. Les décisions de politiques urbaines sont souvent difficiles à prendre, tant elles impactent directement la population. Apparaît alors une autre utilisation majeure des jumeaux virtuels : **la simulation**. Basées sur des données scientifiques, ces simulations permettent de visualiser dans un futur réel ou alternatif la résilience d'une ville et de ses infrastructures, de son réseau routier, de ses quartiers, de ses parcs ou de ses immeubles. Les jumeaux virtuels sont scientifiquement identiques à la réalité. Utilisant des sources de données toujours plus nombreuses, diverses et fiables, ils permettent de mieux comprendre les enjeux d'un territoire donné.

Dassault Systèmes développe des jumeaux virtuels dans l'industrie, dans le secteur de la santé et dans celui des infrastructures depuis 40 ans. Il propose aux acteurs de la ville de mieux la comprendre, de collaborer et d'agir pour l'améliorer.

Le jumeau virtuel et la plateforme numérique de Dassault Systèmes offrent un **outil de travail commun** pour tous les acteurs de la ville. Le jumeau numérique offre un référentiel commun sur lequel se baser, échanger et œuvrer à un changement réfléchi donc durable en levant les obstacles inhérents à la circulation de l'information dans toute organisation complexe : le référentiel unique fait disparaître les silos organisationnels et offre à toutes les parties prenantes, administration comme acteurs privés, la possibilité d'accéder à une information complète et réaliste de la ville

MIEUX COMPRENDRE SON TERRITOIRE POUR L'AMÉLIORER

Les jumeaux virtuels aident à la **planification** et à **l'anticipation** des besoins d'un territoire. Dès 2014, la ville de Singapour s'est doté d'un jumeau virtuel, fourni par Dassault Systèmes, pour tester différents usages tels que l'optimisation des réseaux de communication sans fil, du choix des emplacements pour les panneaux solaires ou l'amélioration du réseau de transport urbain. Les modélisations et simulations réalisées dans le cadre de ce programme ont permis de tester la fiabilité des technologies disponibles et de tester divers scénarios d'aménagement urbain en réduisant l'incertitude associée, au bénéfice du citoyen.

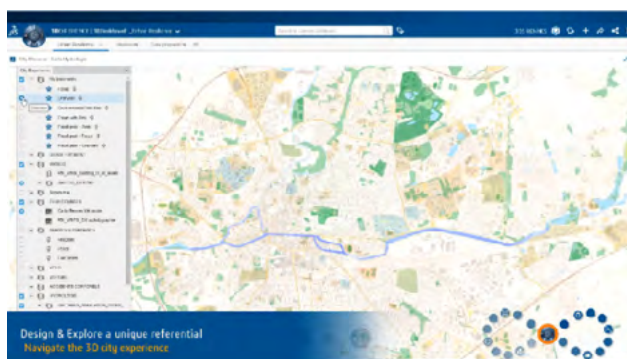
Plus récemment, La préfecture de Kyoto a mis en œuvre un jumeau virtuel dans le district de Keihanna. Plusieurs cas d'usages ont été envisagés tels que la mise au point d'un système de point relais dans les quartiers résidentiels pour faciliter l'accès à une population de plus en plus âgée.



Ce même jumeau virtuel est utilisé pour **préparer** la ville et ses habitants aux **catastrophes naturelles**. Une simulation d'inondation a ainsi permis d'étudier l'impact de la montée des eaux dans ce quartier pour définir des scénarios d'évacuation adéquats.

En France, Dassault Systèmes a collaboré avec l'institut néerlandais DeltaRes pour également simuler une potentielle inondation de la ville. La nature des sols, les infrastructures et les dynamiques urbaines ont été étudiées et permettent de mieux comprendre la capacité de résilience d'un territoire donné pour ensuite agir et l'améliorer.

1. <https://news.un.org/fr/story/2018/05/1014202>



PILOTER ET AGIR EN TEMPS DE CRISE

S'ils offrent une capacité d'anticipation et de projection remarquable, les jumeaux virtuels servent également à **réagir au plus vite**. En 2020, Dassault Systèmes s'est associé avec la région Grand-Est et l'Institut Hospitalier Universitaire de Strasbourg afin de réaliser un diagnostic et une cartographie en temps réel des personnes infectées au Covid, mais aussi un outil de prédiction visant à anticiper les arrivées des malades en service de réanimation. Cet outil a permis à la région de mieux appréhender cette crise sanitaire et à ses hôpitaux d'optimiser au mieux leurs lits et supporter les pics d'admissions en service de réanimation. Cet outil s'est révélé extrêmement performant, avec un taux d'erreur aux alentours de 5%, suffisant pour que les professionnels de santé puissent travailler plus efficacement.



Les Grottes de Lascaux à la Cité de l'Architecture

UN OUTIL DE COLLABORATION ET DE SENSIBILISATION

Le jumeau virtuel se veut **interactif**. Il est un outil de communication efficace auprès des citoyens qui peuvent se projeter dans leurs environnements grâce aux visualisations 3D. A Rennes, un espace de communication a été ouvert avec une projection des modélisations et simulations effectuées sur la métropole pour informer et rendre plus compréhensibles les politiques entreprises par les décideurs. Les Rennais deviennent ainsi acteurs des transformations locales.



Le jumeau virtuel peut aussi permettre de reconstituer des lieux disparus ou inaccessibles. La grotte de Lascaux et ses peintures rupestres ne sont plus accessibles au public depuis 1963. Dassault Systèmes a œuvré à la modélisation et visualisation 3D de ce patrimoine de l'humanité à l'échelle 1/1. Les visiteurs de la Cité de l'architecture et du patrimoine peuvent s'émerveiller et s'instruire en réalité virtuelle.

Ainsi, le jumeau virtuel offre à la ville et ses acteurs un formidable outil polyvalent, facilitant l'anticipation, la planification et le pilotage des politiques publiques. Tous peuvent se réunir et échanger autour des modélisations et simulations basées sur des modèles scientifiques complexes. Les enjeux de la ville d'aujourd'hui et de demain deviennent alors intelligibles, nous donnant toutes les cartes en main pour réfléchir et œuvrer à une ville dynamique, intelligente et durable. ■



APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Prise en compte dans l'aménagement urbain des nouvelles mobilités

PAR FRANÇOIS DESGARDIN, DIRECTEUR DES NOUVELLES OFFRES ET DE L'INNOVATION DU GROUPE NEXITY

La multiplication des modes de mobilité urbaine représente un enjeu majeur d'organisation et d'aménagement de l'espace public pour les villes, qui réduisent la place de la voiture pour libérer de la voirie dédiée aux nouvelles mobilités. Toutefois, on peut s'interroger sur la vision programmatique de ces politiques ?

Phénomène déjà largement amorcé dans les rues de la capitale, la pandémie de la crise COVID 19 a vu fleurir de manière rapide et volontariste des espaces dédiés aux vélos dans tous les centres urbains. Ces pistes, pour la plupart improvisées, ont principalement été développées par la réduction de la place dédiée aux voitures et aux deux roues motorisées afin de permettre l'émergence des déplacements liés aux vélos, vélos électriques et aux trottinettes. Dans la ville du quart d'heure proposée par Carlos Moreno au printemps 2020, la ville est un modèle idéal d'une ville où tous les services essentiels sont à une distance d'un quart d'heure à pied ou à vélo. Or, cette organisation pourrait être consommatrice d'espace et peu efficace : elle peut finir par opposer les mobilités terrestres. Elle ne permet pas de s'adapter rapidement aux nouvelles mobilités. Il faut donc inventer des espaces plus hybrides dans leur fonction.

La ville du quart d'heure, c'est la ville qui veut tous les avantages, sans les inconvénients. C'est la ville habitée par des générations de gens gâtés. C'est la ville qui ferme la porte aux camions, aux livreurs, c'est aussi une ville tournée vers elle-même. C'est une ville un peu bobo de gens qui aimeraient avoir le courage de ne plus prendre l'avion ... Avion pointé du doigt comme le summum de la mobilité polluante et inutile.

Refuser le progrès n'est pas la solution. Grâce au big data, nous travaillons beaucoup sur l'analyse des flux piétons et l'ergonomie des espaces qui leur sont dédiés. On peut avec de l'analyse de données réfléchir sur les déplacements du quotidien pour préserver la qualité de vie du dernier kilomètre sans éluder le fait que l'homme est un animal profondément nomade. La sédentarisation est un phénomène lié à la nécessité de réaliser culture et élevage pour assurer sa subsistance mais l'histoire géopolitique s'est construite dans les mouvements. La genèse et l'exode n'en sont-ils pas la meilleure illustration ?

Il y a du sens, dans l'aménagement urbain, à vouloir « sanctuariser » l'espace piéton mais cela ne peut constituer la seule voie d'une humanité en mouvement. Il faut penser



La société française Bionatics propose des cartes en trois dimensions qui mêlent des vues spatiales et de la data dynamique pour aider dans la prévision de l'aménagement territoriale

l'aménagement urbain pour allier des déplacements lents et des déplacements plus rapides, permettre des déplacements simples et efficaces : se repérer sur la voirie, trouver son bus, accéder aux vélos partagés, etc. Il s'agit de considérer le projet d'aménagement comme élément structurant d'une politique globale. Certains engagements concernent directement l'aménageur, d'autres ouvrent la discussion avec les élus locaux. Ils permettent d'envisager avec eux des stratégies de réponse, afin d'enclencher une dynamique susceptible de s'étendre au reste de la commune, voire au-delà.

Pour favoriser l'émergence de nouveaux moyens de transport, on doit repenser les infrastructures. Il faut faciliter l'accès à des sources d'énergie différentes de celles utilisées actuellement. On pense ici à l'énergie électrique mais aussi à l'hydrogène. On doit réinventer les lieux d'intermodalités où pourront se mélanger les piétons, les véhicules mais dès demain les véhicules volants. Les sauts de technologie dans la motorisation électrique et la conduite autonome permettent aujourd'hui de penser sans exagération que le temps est proche où nous verrons des taxis aériens voler sans bruit autour de nous. **Nous envisageons la mobilité en deux dimensions. La smart city de demain doit s'envisager en trois dimensions, en intégrant l'espace aérien.**



L'agence d'architecture deux et demie (Alessandro BOLDRINI) a produit pour le compte de Nexity Entreprises un bâtiment concept permettant d'accueillir des drones dans une nef pour assurer la livraison de colis et en assurer la livraison du dernier kilomètre par triporteur.

Place aux véhicules électriques qui sillonneront bientôt le ciel des métropoles mondiales. Ces véhicules à mi-chemin entre l'hélicoptère et le drone. Dans le langage des spécialistes, on les appelle e-VTOL (pour Electric vertical take-off and landing). Ils sont destinés à désengorger les villes. On pourra leur trouver des usages sur les trajets du centre vers les aéroports ou les quartiers d'affaires, et à faciliter les services de secours. Électriques, ils sont peu bruyants et non polluants. La région Ile-de-France, le groupe ADP et la RATP ont inauguré en octobre 2020 sur l'aérodrome de Pontoise la filière Mobilité aérienne urbaine. L'Ile-de-France est la plus grande région aéronautique en termes d'emplois et la création d'une telle filière intéresse fortement les industriels comme

Safran ou Airbus. Cela pourrait dès lors changer notre manière de concevoir l'aménagement urbain, de concevoir les parkings, les stations de recharge, les immeubles, la place du toit et des balcons. Il y a une véritable opportunité de marché en ce domaine, ainsi qu'un réservoir de nouveaux métiers pour le futur.

Il est possible que d'ici cinq ans, les premiers taxis volants puissent effectuer des vols. Pour cela, il faudra définir des couloirs aériens qui seront comme des autoroutes du ciel. Ces couloirs devront faire attention à préserver la tranquillité et la sécurité des riverains. Ils offriront toutefois un terrain sans commune mesure avec les voies terrestres actuelles. Bien sûr, on n'y verra pas immédiatement apparaître des véhicules individuels. Ils feront partie d'une flotte. **Comme pour son taxi, on pourra accéder à ce service par une application smartphone** ou via des sites internet. De la même manière que nous avons Uber, G7 ou Cityscoot pour la mobilité routière, nous aurons des services « on demand » pour la mobilité aérienne. Les municipalités ne cachent pas leur intérêt pour la question, et le cabinet Oliver Wyman évalue à 60 le nombre de villes qui seront dotées d'un service de taxi volant en 2035.

Comme le décrit Bertrand Billoud, « Demain, la mobilité sera responsive, c'est-à-dire qu'elle pourra s'adapter en permanence en fonction des opérateurs, des flux et des infrastructures ». Les différents acteurs de la mobilité pourront fonctionner de manière coordonnée pour permettre aux utilisateurs d'avoir accès à une mobilité véritablement multimodale.

Pour cela, nous prendrons en compte une quantité considérable de données. Quelles soient conjoncturelles (« quel temps fait-il ? ») ou contextuelles (« je sais que cet axe est souvent bouché à telle heure »). Ces données seront traitées avec de l'intelligence artificielle pour permettre de proposer à l'utilisateur une solution de mobilité parfaitement adaptée. L'enjeu ? Donner la bonne information, à la bonne personne, au bon moment. La proposition sera individualisée. On ne proposera pas une trottinette ou un vélo, s'il pleut, à une personne à mobilité réduite.

Comme l'explique Dan EL BAZE, Innover en matière de transport est ce que l'homme "moderne" a sans doute fait de mieux ces dernières décennies. Pour autant, sommes-nous toujours parvenus à optimiser le déplacement des personnes d'un point A à un point B. Avons-nous su prendre en compte l'accélération des micros étapes que nous faisons toutes et tous depuis le lieu de départ jusqu'à la destination finale. Trottinettes, Shuttle, Buses, Trains, Véhicules Électriques sont autant de moyens de déplacements. Se pose alors la problématique de comment rendre ces déplacements optimaux sur le plan écologique et au plus proche de l'attente du sujet les empruntant. Comment intégrer la notion de « Big Data » avec des leviers AI pour offrir une expérience unique et personnalisée aux utilisateurs ? Prenons pour exemple le véhicule électrique (EV). S'il fut un temps où le ronronnement des moteurs, le carburant Diesel ou la surconsommation d'une motorisation essence eut été un argument de poids. Nous sommes aujourd'hui rentrés dans une digitalisation absolue du cockpit, autrement dit une hyper personnalisation de l'environnement du conducteur.

En effet, nombreux sont les véhicules qui sont équipés d'un système dit de "Mirroring" qui renvoie certaines fonctions de nos smartphones directement sur les tableaux de bords (infotainment). Mais à l'ère du 100% digitale, dans un temps où le conducteur souhaite une personnalisation absolue de son expérience de conduite, il nous faut trouver des solutions plus avancées et bien évidemment intégrer directement aux véhicules. Pouvoir commander son café au prochain "Drive-In" au départ de son domicile à la voie depuis son volant. Optimiser et automatiser la prochaine étape de recharge en fonction de son emploi du temps en étant directement connecté aux stations de recharges (paiement inclus). Annoncer depuis son véhicule que vous êtes en route pour récupérer vos courses au Drive et maintenir un itinéraire adapté en communication avec la chaîne d'hypermarché concernée. La liste est très longue encore, mais c'est désormais un standard quasi obligatoire qui transforme le véhicule en un outil unique.

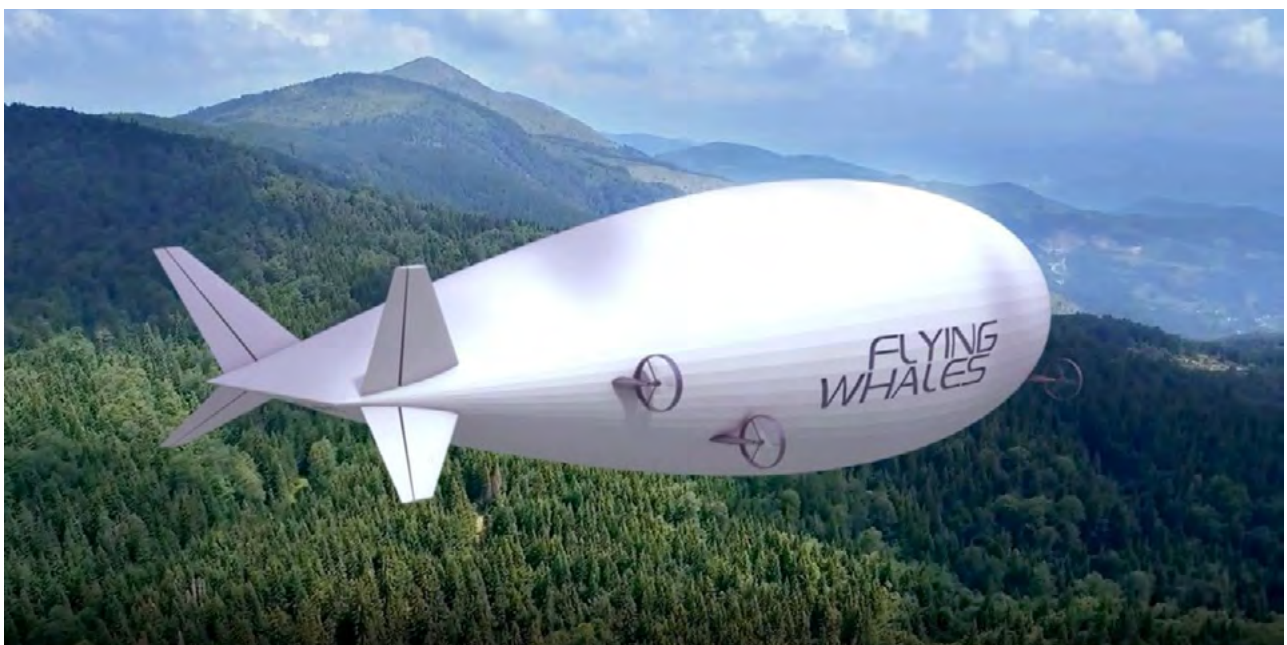


Dan EL BAZE, Global Automotive New Business Director TOM TOM

Il est certain que réussir à connecter tous ces acteurs au tableau de bord de la voiture n'est pas une mince affaire. Pour autant, chez TOM TOM, nous sommes en bonne voie et en tout optimisme pouvons affirmer qu'avec nos solutions vos véhicules électriques et autres moyens de transports seront bientôt les meilleurs alliés de notre routine quotidienne.

Le cabinet Oliver Wyman a recensé environ 170 prototypes d'aéronefs eVTOL. Le coût assez conséquent de ces technologies oblige au déploiement d'un service permettant de répartir le coût de production du véhicule sur plusieurs personnes. Boeing s'est rapproché du constructeur automobile Porsche pour étudier la mise au point d'un véhicule. En parallèle, l'avionneur américain collabore avec Tactical Robotics, une filiale de l'entreprise israélienne Urban Aeronautics, pour travailler sur sa technologie de propulsion baptisée "Fancraft". Ce système utilise deux hélices carénées en direction du sol intégrées au fuselage de l'appareil. Airbus et Boeing travaillent sur des projets en la matière, ainsi que d'autres géants industriels comme Honeywell, qui veut mettre au point les systèmes de pilotage autonome.

On voit aussi émerger d'autres types de véhicules comme les ballons que nous propose Flying Whales. Flying Whales est une start-up fondée en 2012. Elle construit et exploite des ballons dirigeables à structure rigide. Les futurs aérostats sont destinés aux transports de charges lourdes ou indivisibles. À l'origine, la société est créée pour permettre à l'ONF d'agrandir sa zone d'exploitation des forêts, notamment celles qui sont difficilement accessibles ou éloignées de toute infrastructure. Le dirigeable intéresse pour transporter des charges lourdes et volumineuses, comme les pales d'éolienne ou les pylônes électriques. Le coût du transport ainsi que le bilan carbone d'un dirigeable gros porteur sont compétitifs. Certains prennent déjà le pari et c'est ainsi que la principauté de Monaco participera à l'aventure par le biais de sa société nationale de financement. Le Québec réinvestit également ainsi que deux autres partenaires historiques : le groupe ADP et Air Liquide. Flying Whales voit l'arrivée de plusieurs investisseurs privés, dont Société Générale Assurances, très impliqué dans le leasing d'avions auprès des compagnies aériennes. « C'est la troisième étape de notre plan de financement qui porte ainsi nos fonds propres à hauteur de 160 millions d'euros avec des actionnaires publics et privés »



La société Française Flying Whales travaille sur des ballons dirigeables de nouvelles générations permettant notamment de prendre en charge des flux logistiques

On peut aussi parler de Seabubbles. La SeaBubble est ainsi un bateau à hydrogène qui vole sur l'eau sans faire de bruit, sans produire d'émission de CO2 et sans produire de vague. Il est issu de l'industrie navale par son système de propulsion, son système hydraulique et son design hydrodynamique. L'intérieur et la partie haute viennent de l'industrie automobile et les foils, de l'industrie aéronautique. Aujourd'hui, les premiers bateaux sont en construction à Saint-Jorioz (Haute-Savoie). La société est passée de 5 à 26 employés. Avant de construire une centaine de Seabubbles, il faut commencer par déployer une ou deux d'entre elles sur un territoire pour comprendre toutes les problématiques autour : Comment je m'approvisionne en hydrogène ? Comment je fais évoluer la réglementation ? L'idée étant d'avoir la solution globale en miniature et pouvoir ensuite la déployer à grande échelle.

« Fantaisiste ? Par forcément regardons WISK, en début d'année Boeing est entré au capital en investissant environ 400 millions d'euros dans sa succursale Wisk Aero. Avec cette enveloppe massive, cette entreprise codétenue par l'avionneur historique et Larry Page, co-fondateur de Google, devient instantanément l'une des firmes les mieux financées de sa catégorie. Elle dispose de moyens considérables pour développer son concept d'eVTOL.

L'avenir va d'abord se construire sur du « volant » hors milieu urbain pour un transport inter cité plus facile et plus écologique nécessitant des systèmes de guidage capable de gérer du big data en temps réel. Ce dernier rappelle qu'outre les véhicules volants « nous aurons les taxis autonomes (comme Tel Aviv avec Mobileye ; Moscou avec Yandex ou encore Los Angeles avec Cruise (GM backed) »

En conclusion, si l'on élude les progrès formidables faits par la science ces dernières années et que l'on se concentre sur un aménagement urbain visant à construire des couloirs sur la voirie existante pour chasser la voiture au profit des vélos et des trottinettes, on oublie que de nouveaux moyens de transport vont émerger sous 10 ans. Ces moyens permettront à l'homme de poursuivre sa volonté de mobilité, de découverte du monde et d'ouverture vers l'autre sans pour autant négliger la nécessité de décarboner le transport. Ils vont nécessiter des infrastructures connectées, des pistes, des stations de charge, des aéroports, des parkings en rooftop, des hubs mixant mobilités terrestres et aériennes, des tours de contrôles, des entrepôts. L'ère qui s'annonce s'avèrera passionnante pour qui sera lever les yeux au ciel. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Ville durable et Inter-modalité : Comment créer de la valeur sociale ?

PAR **BERTRAND QUÉLIN**, PROFESSEUR DE STRATÉGIE À HEC PARIS, TITULAIRE DE LA CHAIRE BOUYGUES-HEC PARIS
« SMART CITY ET BIEN COMMUN »

Penser la mobilité dans l'espace urbain, c'est nécessairement identifier les politiques municipales les mieux à même de faire face aux enjeux que sont le changement climatique, le réchauffement général de la planète, la pollution atmosphérique et l'empreinte carbone, et enfin la rareté des ressources et la réduction de la biodiversité.

DE LA « SMART CITY » À LA VILLE DURABLE

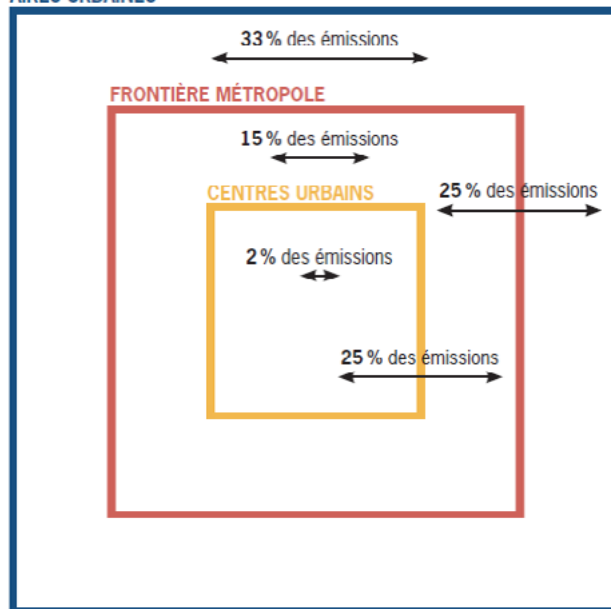
La conception de la « smart city » défendue au début des années 2000 par certains Gafa, certains cabinets de conseil et les principaux constructeurs automobiles est devenue obsolète et quelque peu désuète. Pourquoi ? Il s'agit dorénavant de défendre une conception de la ville bien au-delà de cette approche initiale de la smart city. La ville de demain ne peut se résumer à une mobilité coordonnée par des capteurs et l'échange d'informations entre utilisateurs des voies de transport. Elle doit au contraire offrir des solutions pérennes à même de réduire la congestion, source de pollution, de diminuer l'empreinte carbone des activités humaines et du bâti, et de recourir à des énergies renouvelables. L'enjeu est de transformer les villes existantes en vecteurs du développement soutenable. Parmi les nombreux enjeux, celui de la mobilité influencera la future occupation des territoires comme les déplacements des habitants de la ville.

INTERMODALITÉ ET MICRO-MOBILITÉ

L'intermodalité est définie comme « l'utilisation de plusieurs modes de transport au cours d'un même trajet, pour les marchandises ou les voyageurs » (Larousse, 2022). Le domaine est large. Aussi, cet article se focalise sur la mobilité des voyageurs, dans le cadre urbain. Plusieurs modes de transport généralement coexistent : les transports publics, les transports privés agissant dans le cadre d'une concession ou bien d'une délégation, les moyens de transport individuels et les nouveaux moyens de micro-mobilité (vélos, trottinettes, et scooters à source électrique). D'un côté, ces moyens de transport en mode partagé (autopartage, taxi collectif...) comme ceux de la mobilité dite douce représentent un substitut aux différents transports publics collectifs (trams,

bus, métros, et trains). D'un autre point de vue, ces moyens de transport en mode partagé et mobilité douce (vélos, trottinettes, scooters...) sont de véritables compléments aux offres de transport public. Les solutions de micro-mobilité viennent compléter le maillage et la densité des réseaux publics de transport et offrent une véritable solution complémentaire pour couvrir les besoins sur les derniers kilomètres. L'enjeu est double : offrir de véritables substituts au recours à la voiture individuelle, et réduire les gaz à effet de serre. Développer les plateformes comme les MaaS (mobility as a service) représente donc une opportunité majeure car cela favorise l'apparition de nouveaux services de mobilité et l'émergence d'une économie réellement collaborative.

AIRES URBAINES



Les émissions de gaz à effet de serre (GES) selon les types de déplacements urbains - Source : Crozet & Coldefy (2021)

Ce graphique montre que les plus fortes émissions polluantes sont liées à la mobilité entre les différentes zones d'une métropole ou d'un tissu urbain. Le maillage des transports publics n'est



Une typologie des services de mobilité (MaaS): 4 niveaux de service et exemples - Source : Sochor et al. (2018)

jamais suffisant, comme il est économiquement exorbitant de le densifier. Les différentes liaisons de transports publics représentent des dorsales vers lesquelles le trafic issu des solutions de micro-mobilité devrait converger en lieu et place de la voiture individuelle.

COMMENT CRÉER DE LA VALEUR SOCIALE ?

Nous estimons que les contrats de délégation de service public (DSP) pour les transports publics, comme les contrats de concession pour les moyens de micro-mobilité, ne sont pas suffisamment exigeants et innovants pour à la fois inciter au partage de l'information intermodale et favoriser les innovations sociales.

La thèse défendue dans cet article est la suivante : l'open data et la mise à disposition gratuite des informations (disponibilités, horaires, fréquences, affluence...) devraient devenir une caractéristique structurelle des contrats de délégation ou de concession (évoqués ci-dessus) afin de favoriser l'innovation et les projets d'entrepreneurs comme l'émergence d'intégrateurs de service. La valeur sociale ainsi créée en serait supérieure.

INTÉGRATION DE SERVICES : INTERMODALITÉ ET MICRO-MOBILITÉ

Une telle évolution contractuelle favoriserait le développement d'un nouveau service de transport combinant plusieurs modes de transport et différentes offres de mobilité pour un même trajet. Via une plateforme qui intégrerait différentes sources, les itinéraires seraient ainsi calculés en termes de temps et de coût (itinéraire le plus direct, itinéraire le moins cher, etc.). La facturation de ces services pourrait être ainsi unifiée et varierait en fonction des habitudes de mobilité de l'utilisateur. Différentes formules de mobilité pourraient ainsi être proposées et s'adapteraient au profil du voyageur (à la manière des forfaits de téléphonie mobile) : famille, professionnel, étudiant... usage régulier ou bien circonstanciel. Ces formules intégreraient donc des abonnements ou des usages kilométriques de différents types et moyens de transport, publics comme privés. La réservation, l'abonnement et le paiement seraient également réalisés via une plateforme intégrant les différents services de mobilité.

DES MODÈLES D'AFFAIRE PLUS RIGoureux ET VERTUEUX

Le but de telles plateformes d'intégration de service est d'optimiser les offres de transport publics et privés, au bénéfice des voyageurs. Le but de ces plateformes consiste également à permettre aux acteurs des transports publics et privés de travailler ensemble dans une logique de coopération (coopération et concurrence) : partage d'information et logique économique propre. La source de valeur sociale supérieure est intrinsèquement liée à la valorisation des externalités et effets de réseau directs. En effet, l'existence d'une information disponible et d'une billetterie unifiée valorise les interdépendances entre les réseaux fixes et les flottes comme les complémentarités de maillage (disponibilité, couverture géographique complémentaire...). Les uns sont fixes mais structurent l'espace urbain et péri-urbain. Les autres sont déployés en fonction des besoins des voyageurs. De telles plateformes de service valorisent les synergies et optimisent les complémentarités : leur attractivité peut réduire le recours et la pollution liée à l'usage de la voiture individuelle.

LE DÉVELOPPEMENT DE LA MAAS PASSE PAR UNE POLITIQUE DE LA MOBILITÉ PLUS AMBITIEUSE

Coopérer dans le cadre d'une plateforme MaaS constitue à la fois un gain pour les opérateurs de transports (accès à une grande base de consommateurs) et une perte (partage de données avec des concurrents) et éventuelle entrée d'intégrateurs de services.

La Mobility as a Service (MaaS) est un concept de mobilité, conçue comme un service. Une conjonction de nouveaux équipements et de nouveaux services de mobilité : ces services sont issus de la révolution numérique. La MaaS repose sur l'idée simple d'accéder via un support unique – par exemple un smartphone – à une variété de services de mobilité, dont les transports publics (TP), les transports privés et les services de mobilité partagée. Le concept est que la mobilité urbaine est devenue entièrement multimodale afin de réduire les coûts externes (sociaux) de la mobilité urbaine. Pour qu'une plateforme MaaS soit performante, il est nécessaire qu'elle combine des services de transport publics et privés en mettant l'utilisateur au centre de toute l'expérience afin de représenter une proposition de valeur supérieure, car elle

repose sur une optimisation des moyens disponibles et de leurs usages complémentaires. L'accès à un large éventail de services de mobilité peut être coordonné, soit entre divers fournisseurs de services de mobilité, soit via l'offre d'opérateurs de plateformes qui intègrent les différentes sources d'information.

La MaaS est un modèle économique viable et socialement acceptable, car elle propose une réelle adaptation aux besoins des territoires et des usagers dans la diversité de leurs usages, tout en garantissant l'ouverture et la gestion de données à tous.

Les enjeux sont d'amplifier le recours à l'intermodalité par les usagers, de favoriser la possibilité d'utiliser facilement et « à la demande » n'importe quel moyen de transport, et ainsi de rendre le transport accessible à tous, partout et à tout moment. Les plateformes permettent d'utiliser toutes les options disponibles privées comme publiques. L'open data et l'intermodalité sont des solutions viables et durables pour répondre aux enjeux de la ville de demain car le développement de telles plateformes MaaS permet de réduire l'usage individuel des voitures personnelles.

Une politique urbaine moderne de la mobilité pourrait amplifier le recours à l'intermodalité pour les usagers. Il s'agit d'utiliser toutes les options disponibles privées comme publiques. Via l'open data et l'intermodalité, il s'agit de mieux répondre aux enjeux de la ville de demain. Le développement des plateformes MaaS est un outil de développement de l'usage du transport public et des moyens de mobilité douce et d'innovation sociale. L'ouverture de l'accès aux données en temps réel des services de transport est une condition nécessaire à l'optimisation de l'usage des différentes offres de transport dans la ville. Il est donc nécessaire d'aller au-delà de la loi pour l'orientation des mobilités (LOM). Les autorités organisatrices doivent innover dans leurs appels d'offre et stimuler/imposer le partage des informations.

Bertrand Quélin
quelin@hec.fr

Références (liste sélective)

- Crozet Y., Coldefy, J., (2021). « *Mobility as a Service (MaaS): Une feuille de route digitale pour les autorités organisatrices* », CERRE, janvier 2021, www.cerre.eu
- Crozet, Y., Santos, G., & Coldefy, J. (2019). *Shared mobility and MaaS: The regulatory challenges of urban mobility*. Centre on Regulation in Europe (CERRE).
- Quélin, B. & Smadja, I. (2021). *Smart Cities – The Sustainable Program of Six Leading Cities* - e-Book, <https://hecparis.studit.fr/ebook-SmartCities/#page=1>
- Sochor, J., Arby, H., Karlsson, I. M., & Sarasini, S. (2018). A topological approach to Mobility as a Service: A proposed tool for understanding requirements and effects, and for aiding the integration of societal goals. *Research in Transportation Business & Management*, 27, 3-14. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Smart City 2050 : quelle place pour l'homme au cœur d'un système de mobilités ? ¹

PAR LAURENCE VANIN, TITULAIRE DE LA CHAIRE SMART CITY : PHILOSOPHIE & ETHIQUE - UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR, NICE

Laurence Vanin est Titulaire de la Chaire Smart City : Philosophie et Ethique à l'Université Côte d'Azur. Chercheur au laboratoire « Risques, Epidémiologie, Territoires, Informations, Education et Santé » RETINES, de la même université.

Elle est également Expert de l'Institut Europ IA, Expert du Smart Deal, Expert SAFE - Safe Cluster, et du MWF (Monaco), et directeur du Comité d'Ethique de INR (Institut du Numérique Responsable), docteur es Lettres en philosophie politique et épistémologie. Elle est essayiste et directeur de collections notamment "Chemins de pensée" et "Philosophie et Ethique de la Smart City" aux Editions Ovidia. Elle est également Lieutenant-Colonel de Gendarmerie (Réserve Citoyenne) affectée au service Transformation de la DGGN.

« La conscience est un trait d'union entre ce qui a été et ce qui sera, un pont jeté entre le passé et l'avenir. »

Henri Bergson, *L'énergie spirituelle*, Puf 1963, p. 818

La Smart City évoque une proposition, non pas au sens d'énoncé logique mais plutôt pragmatiquement en qualité d'ouverture à de nombreuses possibilités liées à l'offre technologique et à la création de services nouveaux. Ces opportunités coïncident avec l'exigence de résorber les effets des excès de la consommation et les gaspillages énergétiques qui ont notamment des conséquences tragiques sur la santé des individus, des vivants et plus généralement sur l'environnement. Défini par un ensemble de contraintes qu'il se doit de surmonter, le projet Smart City prend donc forme dans un processus de créativité maîtrisé. La ville du futur déploie ainsi son schéma logique en une stratégie et se révèle alors *intentio*, une tension vers ce qu'elle n'est pas. Elle relève donc d'une intentionnalité car elle est pourvoyeuse de sens et objectivante. Elle génère de l'innovation.

Toutefois cette représentation mentale ou Idée de Smart City ne peut se tenir à distance de la réalité. Tout comme l'explique Lévi-Strauss dans *Tristes Tropiques* le paysage urbain évoque surtout une rythmique, toute en musicalité parce que la ville est un espace de « mise en tension » qui permet d'augmenter la réalité en donnant son efficacité à une profusion de possibilités. De fait, la population urbaine est passée durant le XX^e siècle de 220 millions à 2,8 milliards d'habitants et en 2050 plus de 70 pour cent de la

population mondiale vivra dans des métropoles ou mégapoles. Les statistiques ne peuvent laisser indifférents ². Elles dictent les orientations. Les chiffres « parlent » et impactent les décisions qui se calent sur les contraintes chiffrées et norment les choix. Ces chiffres qui étayent les effets d'annonce désignent ainsi un ensemble de signes qui suscite le questionnement sous-tendent parfois un discours alarmiste, motive l'imaginaire et l'inventivité indispensables à l'émancipation des technosciences. La réussite de la technique s'obtient au prix d'une économie de moyen pour un maximum d'efficacité. Certes la technique modifie les conditions de vie mais aussi impacte les façons de penser.

Ce constat mathématique ³ sur la concentration d'individus sur un périmètre restreint met en évidence d'autres facteurs auxquels la Smart City va notamment devoir faire face : la combinatoire des mobilités, la sécurité, la concentration des besoins, etc.

La question de la mobilité a rapidement pris une avance sur les autres sujets car elle touche à la nécessité de répondre à deux exigences : se déplacer sans difficulté et écologiquement. Les municipalités sont soucieuses de fluidifier le trafic urbain et périurbain mais aussi de préserver la santé des usagers. La ville devient le lieu de l'entre-expression des réseaux de transports (bus, trams, métros, etc.) et des réseaux piétons (zone piétonnes et trottoirs interactifs). La difficulté consiste aujourd'hui à envisager dans un futur proche le développement de nouvelles mobilités : des véhicules autonomes, les micromobilités (trottinettes et

1. Laurence Vanin, DR/HDR en philosophie politique et épistémologie. Titulaire de la Chaire Smart City : Philosophie et Ethique à l'Université Côte d'Azur.

2. Cf. CMI, Seban & Associés et IFSTTAR, *Innovation et villes durables, repères pour l'action*, Marne la Vallée, Advancity, 2015. Danielou Jean, *La ville intelligente, état des lieux et perspectives* en France, Paris, Commissariat Général au Développement Durable, Etudes et documents, N° 73, Novembre 2012.

3. Cf. Caird S, Hudson I, Kortuem G, *A tale of Evaluation and Reporting in UK Smart Cities*. Milton Keynes, Open University, Faculty of Mathematics Computing and Technology, 2016.



autres objets inventés dans les années futures, ira-t-on vers des chaussures à roulette électrique ?) les drones (livraisons, taxis, etc.), les robots autonomes (humanoïdes qui promèneront le chien de la dame du 4ème ou encore des petits charriots autonomes de livraisons) des commerces ambulants (A quand le dépôt de pain dans une voiture autonome?). Tous ces véhicules terrestres, aériens, fluviaux nécessiteront une logistique : des bornes de recharges, des couloirs de passages, des quais de livraisons, ... Tout ceci supervisé et mis en œuvre à partir d'un grand centre de coordinations et de gestions des trafics équipés d'assistants intelligents performants. A cela il faudra sans doute ajouter des nouveaux usages liés à la logistique 4.0 et repenser les toits des bâtiments pour y prévoir des « terrains/pistes d'atterrissages » ou aménager les berges des fleuves. Les hommes eux-mêmes seront peut-être équipés d'une combinaison volante dans un futur proche.

Dans de nombreuses villes intelligentes seront utilisés des capteurs embarqués afin de surveiller certains modèles de trafic et pour gérer des zones d'embouteillages courantes afin d'améliorer les conditions de circulation. Les données collectées pourront tracer les nouvelles mobilités et serviront sans doute à mettre en évidence des dysfonctionnements afin de mettre en place rapidement des solutions adaptées aux nouvelles réalités de terrain. Les technologies intelligentes permettront aussi de repérer et de pourvoir à l'éventuelle détérioration des équipements ou encore à quantifier les effets de ces nouveaux trafics sur l'environnement. D'ici là, les ingénieurs ont un espace de création élargi et peuvent donner libre cours à leur ingéniosité. Outre la sécurité des systèmes ils devront aussi relever le défi de la combinatoire et de l'harmonisation éthiques des systèmes en vue d'une mobilité durable, acceptable et responsable. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

La mobilité aérienne, une question d'urbanisme

PAR PASCAL TERRACOL, ARCHITECTE DPLG, PROFESSEUR DES ÉCOLES D'ARCHITECTURE, DIRECTEUR SCIENTIFIQUE DE LA CHAIRE PARTENARIALE ARCHITECTURE & INTELLIGENCES, ENSA PARIS-VAL DE SEINE

INTRODUCTION

En examinant la variation de la densité d'habitants majorée, d'une part, par l'hyperdensité urbaine et minorée, d'autre part, par le rural profond, il apparaît que Paris se situe à un niveau de l'ordre de plus de 20 000 habitants au km² alors que la densité du rural profond se positionne elle à moins de 5 habitants au km². Ainsi le gradient sur lequel se fonde une réponse possible à la demande sociale de nature et de paysage [Luginbuhl 2001] est construit sur ce rapport de 5 pour 20000. Si l'on ajoute à cet état de fait les composantes économiques ; le télétravail et le mode de déplacement pendulaire qui lui est associé ; les épisodes de confinement dus au COVID ; les loisirs et le rapprochement familial, proposer un service de mobilité aérienne inséré dans l'hyperdensité réalisant ainsi un lien géographique, social et économique entre la ville dense et le rural profond et incluant de fait toute autre situation géographique intermédiaire prend tout son sens.

ONTOLOGIES ARCHITECTURALES DE LA VILLE VERTICALE

Les ontologies architecturales des Vertiports existent, il s'agit de la ville verticale : le ministère des finances de Bercy intègre un héliport, le projet de Fehling Gogel pour l'usine Fiat du Lingotto de Turin également et si dans l'univers de la Bande Dessinée, l'utopie urbaine représentée par Wallace « Wally » Allan Wood esquisse un univers où la densité urbaine est revisitée à la fois par les Vertiports, équipements essentiels mais également par des processus d'approche fussent-ils gérés par des processus et des réglementations ayant intégré des paradigmes certifiés et sécurisés des réseaux de neurones artificiels, cet ensemble de projets préfigure une utopie qui peut être complétée par la ville dessinée par Jean Paul Jungmann dans *Livre de pierres n°2*¹ en intégrant des éléments sémantiques baptisés « les êtres de l'air ; les plumes planeurs ; les câbles qui sifflent en plein jour ; la saison des cerfs-volants et les géants aérostats là-haut ! ». Ils constituent autant

de préfigurations de l'utopie urbaine qui a besoin d'être pensée, nommée et dessinée pour exister et préfigurer un monde adapté aux nouvelles modalités technologiques, environnementales, réglementaires et urbaines portées par les mobilités en émergence. La demande sociale de nature et de paysage² ne peut se réaliser que de deux manières : 1 - inviter à la nature dans la ville ou 2 - permettre aux urbains de s'affranchir de l'hyperdensité en s'en éloignant. Mais à la manière d'Alain Roger³ ré-interprétant le modèle de la nature artialisée que Montaigne expose dans ses *Essais*, Sur des vers de Virgile : « Si j'étais du métier, je naturaliserais l'art, autant comme ils artialisent la nature » préfigurant ainsi l'apparition du modèle esthétique du paysage dans les canons de l'art pictural jusqu'au Greenings : tropisme contemporain ayant - parfois sous son jour le plus radical du *greenwashing* - fait son apparition dans les paradigmes urbains présents dans la majeure partie des diplômes soutenus dans les écoles d'architecture de nos pays industrialisés et - cela jusqu'à l'écoblanchiment exhaustif des stratégies marketing - comment ne pas faire le lien avec les aérostats de Montgolfier dont le premier vol en montgolfière du 19 septembre 1783 à Versailles réalisa l'avènement de la physique comme exploit scientifique et comme l'une des ontologies du déplacement urbain articulé à la capacité à élaborer une solution de déplacement entre la densité urbaine et le rural profond ? A ce jour, c'est la toute la question de la thèse de Wéronika SOJKA accueillie sous contrat CIFRE par Avions Mauboussin, l'argument étant de rapprocher physiquement le service de déplacement de la densité urbaine guidé par le paradigme d'un avion de 4 à 6 places propulsé par une centrale énergétique hybride électrique - hydrogène.

Les aménités du dernier kilomètre minorant le temps de transfert du lieu d'habitation à l'airport ainsi que l'empreinte environnementale associée à ce déplacement militent également pour le rapprochement d'un service de mobilité aérienne articulant ville dense et ruralité.

1. JUNGSMANN (Jean-Paul). *Livre de pierre & Vaisseau de pierres*, Le bel aujourd'hui d'hier. Paris : Sens Tonka Aerolande, 2020.

2. LUGINBUHL (Yves). *La demande sociale de paysage, Rapport pour le Conseil National du Paysage*. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2001.

3. ROGER (Alain). *Court traité du paysage*. Paris : Gallimard, 1997

Au-delà de la seule assertion « la géographie de l'open data est à construire »⁴, la mobilité aérienne convoque cette géographie selon la possibilité d'installer des vertiports dans des sites urbains ou péri-urbains i.e. la capacité à définir et identifier ses sites éligibles à l'installation de cette nouvelle typologie d'équipements selon les canons réglementaires de l'EASA⁵.

UN FORT POTENTIEL D'ÉVOLUTION

L'analyse urbaine adossée aux données est une méthodologie d'analyse puissante qui permet de revisiter les canons des outils et méthodes d'urbanisme traditionnels : un hybride entre force brute et *deep learning*. C'est bien en ce sens que cette question technologique constitue une question d'urbanisme. Si l'on intègre la position de l'ONU : en 2050, plus de deux tiers de l'humanité sera urbaine, il est pertinent de reconsidérer l'évolution possible du gradient précédant sur lequel repose à ce jour la demande sociale de nature et de paysage dans les trente prochaines années comme intégrant un fort potentiel d'évolution.

En observant les actions de la région Ile de France visant à minorer l'empreinte environnementale et sanitaire de l'acte de déplacement urbain, la solution de la mobilité aérienne comme alternative à celle du déplacement terrestre prend tout son sens et incarne un sérieux compétiteur en terme de ratio (coût d'infrastructure / facteur d'attractivité) réflexif. Réaliser une solution de mobilité urbaine revient à résoudre une équation à plusieurs inconnues dont les premiers termes sont humains, géographiques, technologiques, réglementaires, économiques et urbains. L'articulation des échelles inter-régionales, entre hyperdensité et ruralité présuppose l'implantation d'infrastructures et de nouvelles typologies d'équipement, que sont les airparcs. C'est l'un des objets de la thèse de Wéronika Sojka accueillie en contrat CIFRE dans le laboratoire EVCAU associé à la Chaire Architecture & Intelligences. Pour Wéronika Sojka « L'implémentation de ces nouvelles technologies qui apparaissent dans le domaine des transports et des mobilités aura un impact indéniable sur les processus d'urbanisation dans plusieurs échelles : inter-régionale, inter-territoriale ainsi qu'à l'échelle de la ville et même celle du quartier ». La méthodologie convoquée pour identifier les sites possibles d'implantations de ces infrastructures intègre les outils présents dans le séminaire Données et territoires de la chaire Architecture & Intelligences. Quant à la capacité à établir et à valoriser les enjeux avec le système d'acteurs, des élus et des décideurs il s'agit là d'un objet symbolique articulant bien au-delà de la seule technologie : géographie humaine, géographie physique, empreinte environnementale, coût d'implantation et d'exploitation, valorisation et attractivité des territoires : il s'agit bien là d'une véritable question d'urbanisme et de paysage. Un enjeu majeur pour le 21^e siècle qui intègre une nouvelle composante de l'intermodalité.

L'intérêt que nous portons à cette forme de mobilité via la thèse intègre une forte dimension prospective. La question qui se pose s'inscrit dans la typologie et dans le prolongement d'une typologie de programmes : à la fois ceux des aéroports et des pôles d'échanges intermodaux en y ajoutant une nouvelle composante inédite, celle des vertiports et celle du potentiel de la connexité de service articulant le potentiel économique et culturel de l'hyperdensité aux aménités du rural profond, il s'agit là d'un paradigme qui revisite la demande sociale de nature et de paysage. Ce dernier se déclinant rappelons-le selon les 3 composantes : Nature, Société et Esthétique. En installant un service de mobilités dans l'hyperdensité urbaine, le paradigme du dernier kilomètre : le temps de transfert du lieu de résidence ou de travail au vecteur de déplacement est reconsidéré dans des aménités, environnementales, économiques, sociales qui repositionnent un rapport à la nature et à l'acte de déplacement interurbain très différent de ce qui existe aujourd'hui. A l'heure de l'abandon du projet Hyperloop⁶, le coût des infrastructures et d'exploitation des vertiports devient compétitif, la portance d'une aile d'avion est immanente et l'investissement théorique se réalisera au travers des résultats de la thèse. C'est la toute la vertu d'un partenariat de thèse en contrat CIFRE.

Par ailleurs, il s'agit là d'un autre élément de continuité qui nous permet de faire un lien pragmatique et épistémologique entre la pratique et la recherche en urbanisme et en architecture. Ce dernier élément s'inscrit pleinement dans les problématiques ouvertes de la Chaire architecture & Intelligences et du Séminaire d'initiation à recherche : Territoires et Données. En utilisant le code et les data lakes de données ouvertes, le processus d'analyse urbaine prend un nouvel essor dont doivent se saisir les étudiants des écoles d'architecture.

Il existe un faisceau de compétences vertueuses et complémentaires composé des écoles de commerce, d'ingénieurs, de design et de marketing associées à celles présentes dans les écoles d'architecture. D'ailleurs nous examinons l'évolution des méthodes déployées dans les grandes agences d'urbanisme ou dans les services techniques d'urbanisme des collectivités urbaines et nous pensons que les écoles financées par l'argent public se doivent de former les futurs architectes à ces métiers et à ces méthodes de *data-scientists* opérationnels dans leurs nouveaux champs de compétences. Il s'agit là d'un des objectifs que nous sommes fixés via le lab le Code pour les architectes et cette thèse CIFRE préfigure une des réponses aux questions essentielles posées à la société, notamment celle de la mobilité, du réemploi et de l'empreinte environnementale et sanitaire des actes de construire ou de se déplacer. Nous sommes avec cet arsenal très loin des seuls référents scientifiques encore à l'œuvre dans l'enseignement des écoles d'architecture qui constituent une véritable aporie au 21^e siècle en décalage complet avec ce qui se pratique dans d'autres

4. TERRACOL (Pascal). *Jumeaux Numériques*. Key Note. Paris Cap DIGITAL 29 mars 2022.

5. European Union Aviation Safety Agency.

6. projet visant à la propulsion de pods dans des tubes à basse pression à une vitesse pouvant atteindre plus de 1 000 km/h. A Toulouse, l'entreprise américaine Hyperloop TT devait y construire une piste d'essai longue d'un kilomètre, l'infrastructure devant permettre de tester la technologie en taille réelle. Le projet a été abandonné en fin d'année dernière alors qu'une section de 300 mètres de long avait déjà été construite.

pays : le système Monge qui a été un objet central au 19^e siècle et, au-delà, l'argument toujours à l'œuvre dans certains amphis qui adossés à Vitruve constituent un anachronisme épistémologique pathétique et délicieusement désuet. Nous pensons en particulier que l'opportunité qui est offerte à notre école est le moment de répondre avec les outils sophistiqués et contemporains aux grands défis posés à la société : minoration de l'empreinte environnementale, réemplois des matériaux et mobilité en sont bien sûr les grandes lignes directrices et cette thèse préfigure de ce fait les Mastères professionnalisants que nous souhaitons prochainement ouvrir et intégrer dans la maquette pédagogique de notre établissement d'enseignement supérieur. Il s'agit là d'un ensemble d'outils portés à la disposition de nos étudiants et futurs doctorants.

La question de la thèse dépasse largement les seules composantes technologiques et réglementaires et les processus associés qui sont déjà conséquents. La thèse de Weronika Sojka accueillie en contrat CIFRE préfigure le concept d'*Urban Air Mobility Operational Environment* décrit par Boeing et les *Concept of Operations ConOps*. Bien au-delà de ces éléments issus de la prospective aéronautique, il s'agit d'établir des solutions de spatialisation d'une nouvelle typologie d'équipements qui articule

les univers du monde de l'industrie aéronautique, les processus de régulation des flux de véhicules autonomes en regard des réglementations en cours et de leurs sécurisation, mais également les demandes sociales et les implications urbaines comme les impacts environnementaux et économiques. Il s'agit là d'éléments réalisant les composantes de vecteurs d'émancipation culturels et économique de territoires jusqu'alors qualifiés d'enclavés. De l'implémentation de ces nouveaux services de déplacements dépendent à terme les composantes environnementales, paysagères, sociales, économiques qui vont nécessairement remodeler l'attractivité des territoires et accompagner les élus en déplaçant de fait et de manière dynamique déjà à l'œuvre les gradients de densité d'occupation des territoires en transformant les urbains en rurbains. Il s'agit là d'un paradigme qui revisite la palette d'équipements offerte aux systèmes d'acteurs en place : élus et communautés de communes. Ces outils réalisent- et cela et à plusieurs échelles - un lien entre la ville dense et les territoires. Ce sont un ensemble de pratiques qui deviennent pertinentes et vertueuses. C'est en ce sens que la question de la mobilité renvoie à des questions d'urbanisme.

pascal.terracol@paris-valdeseine.archi.fr



« les êtres de l'air ; les plumes planeurs ; les câbles qui sifflent en plein jour ; la saison des cerfs-volants et les géants aérostats là-haut ! » Jean Paul Jungmann par lui-même - Monographie d'un dessinateur d'architecture 1956- 2004. Paris : Sens & Tonka . Aerolande 2022 438p

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

L'autoroute électrique au service de la décarbonation du transport routier

PAR PIERRE DELAIGUE, DIRECTEUR DES PROJETS MOBILITÉS CONNECTÉES ÉLECTRIQUES ET AUTONOMES, VINCI

UN ENJEU ENVIRONNEMENTAL MAJEUR

Le secteur des transports en France est responsable de 30% des émissions de gaz à effet de serre et la route, qui assure plus de 85% des flux de transports, représente l'immense majorité de ces émissions. Il est donc urgent de décarboner la route et ses usages pour contribuer à l'atteinte des objectifs français¹ et européens² de réduction des gaz à effet de serre.

L'autoroute quant à elle représente 20% des émissions du transport routier, soit à l'échelle de la France 6 à 7% des émissions globales de CO₂. Les solutions technologiques à mettre en œuvre pour une mobilité moins émettrice dépendent des catégories de véhicules et de leurs usages.

Pour les véhicules légers, la solution de référence actuellement en cours de déploiement est le véhicule électrique à batterie. S'il présente encore certains défis, comme son prix, son poids, et des tensions potentielles sur les filières d'approvisionnement de certains matériaux critiques nécessaires à la fabrication de sa batterie, il n'en demeure pas moins la solution mainstream retenue par la filière automobile pour décarboner ces segments de véhicules.

QUELLES ALTERNATIVES POUR LES POIDS-LOURDS ?

Pour le transport routier lourd et de longue distance, plusieurs motorisations zéro émission sont envisageables pour sortir de l'ère des hydrocarbures, forts émetteurs de CO₂ et de polluants atmosphériques, et atteindre les objectifs de décarbonation imposés par l'Europe aux constructeurs de poids lourds³.

- Le poids lourd électrique à batterie présente pour le transport lourd et longue distance des inconvénients d'ordre technique (surpoids et surconsommation associée du fait de sa

grosse batterie), d'ordre environnemental (empreinte élevée liée à la fabrication de sa batterie en termes d'émissions de CO₂ et de besoins en matières premières), d'ordre économique (surcôt à l'acquisition) et d'ordre opérationnel (temps d'immobilisation pour la recharge, autonomie limitée). Ces difficultés interrogent sur la pertinence des modèles à grosse batterie pour le transport lourd et longue distance.

- Le poids lourd électrique à hydrogène est lui aussi *zéro émission* comme les modèles à batterie. Mais sa pénétration dans le parc roulant sera lente⁴ et ne débutera qu'à partir de 2027-2028, ne lui permettant pas de jouer un rôle significatif dans l'atteinte des objectifs de décarbonation européens à horizon 2030.

Des groupes de travail coordonnés par le Ministère des Transports⁵ en 2021 ont conclu à la pertinence des systèmes de charge dynamique en roulant, dits *Electric Road Systems* ou ERS, pour la décarbonation du transport routier lourd de par les bénéfices que ces systèmes proposent :

- Une réduction drastique de la taille des batteries embarquées (d'un facteur 3 à 4), permettant la réduction du coût d'acquisition des véhicules, de l'empreinte environnementale de leur fabrication, et de limiter la diminution de leur charge utile engendrée par de trop grosses batteries.

- Les ERS permettent aussi des bénéfices opérationnels pour les transporteurs en réduisant le temps d'immobilisation des véhicules pour leur recharge, et en remplaçant le paradigme d'une autonomie embarquée limitée par celui d'un rayon d'action illimité sur l'infrastructure ERS.

TROIS TECHNOLOGIES POSSIBLES POUR LA RECHARGE DYNAMIQUE

Trois familles de technologies de recharge dynamique sont actuellement développées par des industriels, startups et laboratoires académiques. Chacune présente des avantages et

1. Stratégie Nationale Bas Carbone : réduction de 40% des émissions de gaz à effet de serre en 2030 vs. niveaux de 1990 et neutralité carbone en 2050.

2. Green Deal Européen : réduction de 55% des émissions de gaz à effet de serre en 2030 vs. niveaux de 1990 et neutralité carbone en 2050.

3. Objectifs Corporate Average Fuel Economy pour poids lourds : -30% d'émissions CO₂ en 2030 vs 2019

4. Approximativement 2% de poids lourd à hydrogène au sein du parc roulant en France en 2030 (sources : ADEME et PPE)

5. Direction Générale des Infrastructures des Transports et des Mobilités – [Rapports sur l'autoroute électrique](#)

3 TECHNOLOGIES COMPARÉES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
CHARGE CONDUCTIVE PAR CATENAIRES 	- Hautes puissances de charge, ratios de transfert élevés - Expérience sur LGV et tramway, standards existants	- Non interopérable (uniquement compatible avec poids lourds de fort tonnage) - Enjeux de compatibilité avec ouvrages d'art - Maintenance régulière des câbles - Pollution visuelle - Risques de chute de câbles
CHARGE CONDUCTIVE PAR RAIL 	- Hautes puissances de charge, ratios de transfert élevés - Interopérabilité entre véhicules - Pas de pollution visuelle	- Enjeux d'adhérence (par ex. pour motos) - Risques de dommages pour le bras articulé - Besoin d'une bobine chauffante pour dégivrage en hiver - Nettoyage des rails - Technologie encore prototype
<i>Interopérables</i> CHARGE INDUCTIVE 	- Interopérabilité entre véhicules - Sécurité électrique - Faible coût de maintenance - Pas de pollution visuelle	- Sensibilité à la distance entre les bobines - Exposition aux champs magnétiques - Dissipation thermique - Pas de standard existant pour la charge dynamique

inconvenients propres.

A noter que les technologies de recharge au sol, par rail conducteur ou induction, présentent l'avantage d'être interopérables avec plusieurs catégories de véhicules permettant ainsi d'amortir les investissements liés aux infrastructures de recharge sur une plus large assiette d'utilisateurs et la décarbonation d'un plus grand nombre de véhicules.

DES PRINCIPES PHYSIQUES INÉVITABLES

Si la filière de production des batteries a démontré sur la dernière décennie son dynamisme et sa capacité à constamment améliorer les performances des batteries des véhicules électriques, les évolutions futures ne seront pas infinies et ne pourront jamais dépasser les principes physiques suivants :

- L'électricité « se stocke mal ». Aussi denses soient-elles, les batteries électriques ne rivaliseront jamais avec la densité énergétique des hydrocarbures. Les meilleures batteries actuelles emportent moins de 300 Wh par kg de batterie alors qu'un kg de diesel contient 13 000 Wh, soit un facteur de plus de 40 entre les deux.
- L'électricité « ne pèse rien » et se transporte facilement sur de longues distances.

Il n'est donc pas pertinent d'appliquer les schémas de pensée utilisés pour les modèles thermiques, qui consistent à emporter l'intégralité de l'énergie nécessaire à bord, aux modèles électriques pour lesquels cette approche du « tout embarqué » se heurte aux propriétés intrinsèques de l'électricité et aux limites de son stockage électrochimique.

COMPATIBILITÉ DES ERS AVEC LES FUTURS MODÈLES À BATTERIE OU À HYDROGÈNE

Si la tentation est grande de vouloir opposer les différentes solutions de décarbonation des véhicules dans un débat passionné dont une seule technologie sortirait vainqueur, la

réalité technique est pourtant différente. Les véhicules alimentés par une batterie électrique, par de l'hydrogène via une pile à combustible, ou par une infrastructure ERS, utilisent tous le même type de moteur électrique pour leur propulsion, lui-même alimenté par de l'électricité alternative. Ces trois approches sont donc fondamentalement compatibles et complémentaires selon les usages, par exemple : un véhicule peut être alimenté par une infrastructure ERS lorsqu'il évolue sur le réseau autoroutier, et par une batterie électrique ou de l'hydrogène lorsqu'il évolue sur le réseau routier secondaire.

INTEROPÉRABILITÉ À L'ÉCHELLE EUROPÉENNE POUR LE TRANSPORT TRANSFRONTALIER

Le besoin de garantir une interopérabilité européenne pour les poids lourds effectuant des trajets transfrontaliers est souvent cité comme un des verrous au déploiement des ERS à grande échelle. Ce soi-disant obstacle, issu également de la tentation d'opposer les technologies, ne représente pas pour autant une difficulté insurmontable.

Il n'existe en effet pas d'impossibilité fondamentale d'alimenter un véhicule par deux sources d'énergie. N'est-ce pas ce qui existe déjà sur les véhicules hybrides rechargeables, ou même pour des véhicules électriques, tous équipés de prises AC et DC (donc de deux types de courants différents) ?

La faisabilité d'équiper un même poids lourd de deux types de récepteurs ERS (par exemple pantographe conducteur et bobines inductives) dépendra donc seulement du coût de ces équipements.

QUELLE LOGIQUE DE DÉPLOIEMENT ?

Si le potentiel de décarbonation des ERS ne pourra être totalement accompli qu'en cas d'un déploiement massif de ces infrastructures à l'échelle nationale voire européenne, un déploiement progressif de premiers « couloirs de décarbonation » empruntés par des flottes captives présenterait déjà des bénéfices

de décarbonation certains. Certains pays européens envisagent ainsi la mise en service de sections ERS de plusieurs centaines de kilomètres dans les 5 prochaines années.

Peu représentés dans le débat public, les Electric Road Systems sont pourtant une solution pertinente de décarbonation du transport routier longue distance. Au-delà des challenges techniques que les fournisseurs de ces technologies s'attachent actuellement à résoudre, l'intervention de la puissance publique aux niveaux national et européen sera nécessaire pour garantir la coordination des déploiements à grande échelle nécessaires à la pleine réalisation du potentiel de décarbonation des Electric Road Systems. ■

APRÈS DEMAIN OU À 30 ANS

Décarbonation des mobilités et infrastructures de transport

PAR NICOLAS HAUTIERE, DIRECTEUR DU DÉPARTEMENT COSYS ET DIRECTEUR DU PROJET ROUTE 5E GÉNÉRATION, UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL

INTRODUCTION

La route est au cœur des enjeux de société, notamment à cause de ses émissions de CO₂. La démarche portée par le projet Route 5e Génération (Fig. 1), initié dès 2010 par l'Isttar désormais Université Gustave Eiffel, s'est imposée de facto comme la feuille de route à même d'adapter la route aux enjeux de mobilité du 21e siècle.

LA R5G SUPPORT DES NOUVELLES MOBILITÉS

La mobilité, notamment routière, concentre un maximum de défis sociétaux. C'est à la fois une source d'émissions de gaz à effet de serre, de pollution de l'air et d'artificialisation des sols. Au quotidien, c'est une source de nuisance par le bruit et la congestion qu'elle génère. Enfin, la route continue à tuer et à blesser, notamment sur les réseaux routiers secondaires. Pour autant, la route reste indispensable pour la mobilité quotidienne de nombreux concitoyens.

Pour relever ces défis, l'enjeu communément admis est de parvenir à développer des formes de mobilité plus soutenables, plus durables, plus sûres et plus inclusives. Cela passe le développement d'une offre véhiculaire renouvelée - véhicule électrique, véhicule automatisé - à même d'être mise au service de nouveaux services de mobilité (autopartage, à la demande, etc.). L'histoire montre cependant que ces nouveaux véhicules ne pourront se généraliser qu'à condition de disposer d'une infrastructure adaptée.

Pour y parvenir, elle se doit d'être toujours plus « connectée » à ses usagers. Cela passe par la connectivité de la route avec les systèmes d'information de trafic pour réguler les usages, mais aussi avec les systèmes d'exploitation des gestionnaires routiers pour assurer une disponibilité maximale de la route, y compris en cas de conditions météo difficiles. Cela passe également par une connectivité énergétique pour augmenter le rayon d'action des véhicules décarbonés et par la même alimenter les différents systèmes et équipements de la route, typiquement télécoms.

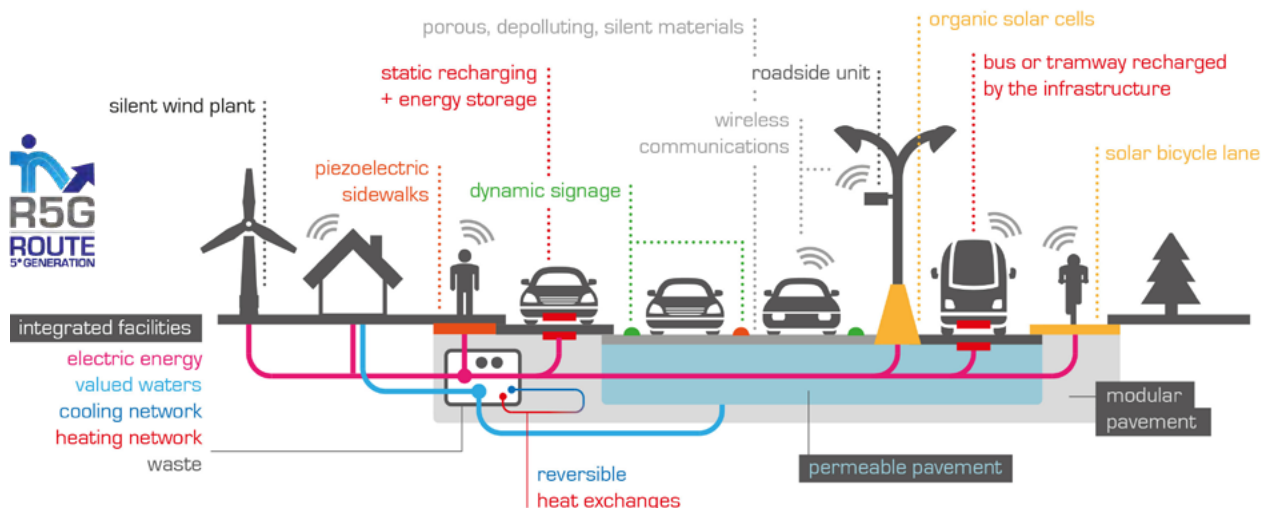


Fig. 1. Concept de la R5G dévoilé à l'occasion du congrès TRA en 2014.

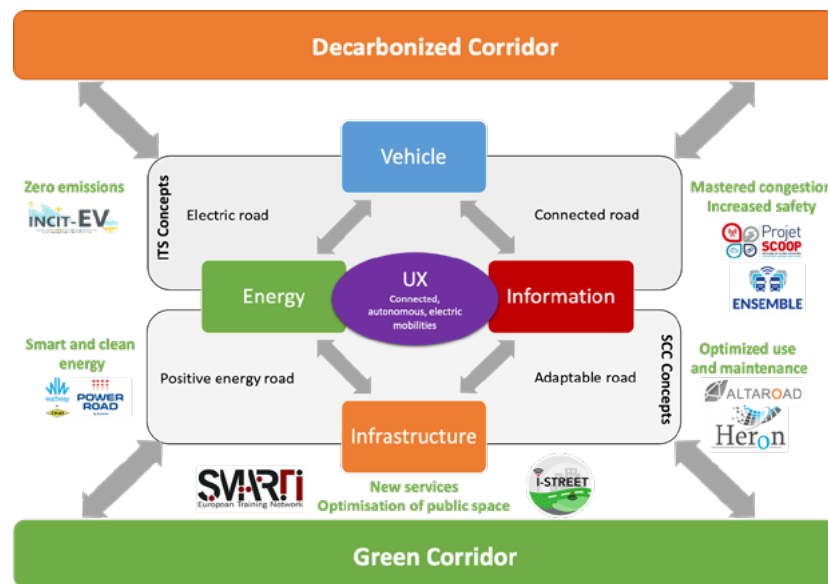


Fig. 2. De la R5G aux « Routes de l'anthropocène » (projet TRÂCE) intégrant les solutions fondées sur la nature et le monitoring opportuniste des territoires.

La conception des routes devrait ainsi progressivement passer du modèle Véhicule-Infrastructure-Conducteur (VIC) au modèle Véhicule-Infrastructure-Information-Énergie (VI₂E). La route électrique, la route coopérative, la route à énergie positive et la route évolutive forment quatre technologies-clés qui concourent au développement des nouvelles offres de mobilité.

LA R5G AU SERVICE DE LA RÉGÉNÉRATION DES TERRITOIRES

La route est duale. Elle constitue à la fois un réseau de transport, mais également un lieu de vie. L'équipement des infrastructures routières en réseau télécom et énergétique pour accompagner l'essor des nouvelles mobilités participe donc étroitement à l'aménagement du territoire.

En effet, grâce aux technologies transformatives dont elle sera munie, l'infrastructure routière va pouvoir proposer de nouveaux services, y compris à son environnement proche. Il s'agit de développer des synergies opérationnelles entre les fonctions écologiques du corridor ainsi formé et les fonctions techniques de la R5G pour réduire les coûts tout en constituant un ensemble cohérent et lisible.

L'infrastructure R5G télécom et les capteurs du système d'exploitation routier ou ferroviaire, servent au monitoring environnemental du corridor : par exemple, les caméras qui équipent les réseaux analysent l'état de la faune et de la flore et commandent des interventions humaines qui le nécessitent en même temps qu'elles mesurent le trafic et le brouillard. L'énergie électrique et le « smart grid » de recharge des véhicules électriques (recharge ponctuelle en station ou recharge en continu), de même que les équipements de production d'énergie décentralisés (route solaire), alimentent les véhicules et les équipements du corridor (Fig. 2).

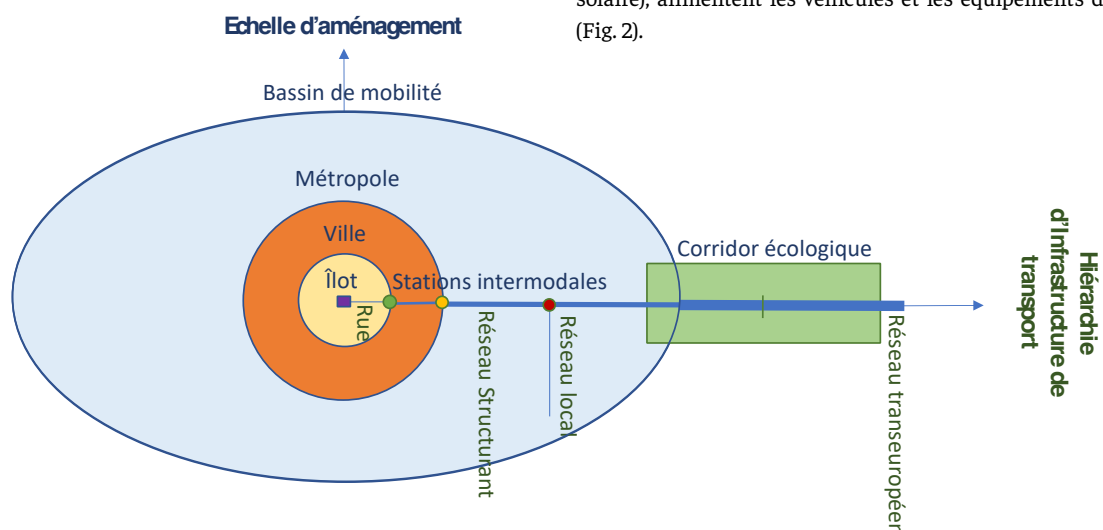


Fig. 3. Tentative de représentation multi-échelle des projets transformants de la R5G'Fab.

LA R5G'FAB MET EN RÉSONANCE LES TRANSFORMATIONS EN COURS DANS LES VILLES ET TERRITOIRES

Voici quatre familles de projet transformant emblématiques issus de la R5G'Fab :

- Du boulevard urbain à la rue à santé positive : si on veut capter toute la valeur associée aux opérations de relamping LED en milieu urbain, il faut doter le revêtement de chaussée d'un albédo plus élevé. Si on veut déclencher les éclairages uniquement quand il y a du trafic, il faut aussi connecter les lampadaires. Il s'agit donc d'un système de systèmes, qui permet de faire des économies d'éclairage et de financer la réfection de la chaussée, tout en fonctionnalisant celle-ci pour dépolluer l'air ou créer des parcours de fraîcheur.
- De l'autoroute urbaine au RER routier : il s'agit de faire circuler des véhicules hautement occupés sur des voies dédiées, par exemple des voies de covoiturage. On peut imaginer que demain ces véhicules soient connectés les uns aux autres et qu'on puisse massifier ces voies dédiées et constituer une sorte de RER routier, non pas pour se substituer aux transports en commun, mais en attendant de terminer le Grand Paris Express par exemple.
- De l'autoroute interurbaine au train routier de marchandises : on peut massifier les transports en rapprochant les véhicules, en sécurisant les trains de poids lourds, ou bien électrifier et rendre possible la recharge en mouvement des poids lourds. Les travaux français sur l'autoroute électrique ont démontré un potentiel de 86 % de décarbonation du fret atteignable d'ici 2040.

• Du réseau secondaire au transport à la demande : peut-on décarboner le dernier kilomètre à la campagne ? Dans la Brenne, nous menons des expérimentations de navettes autonomes, mais à l'inverse, des véhicules autonomes routiers pourraient aller sur les rails. Sur le projet Flexmove, nous accompagnons le développement d'une solution de transmodalité qui vise à la relance ferroviaire.

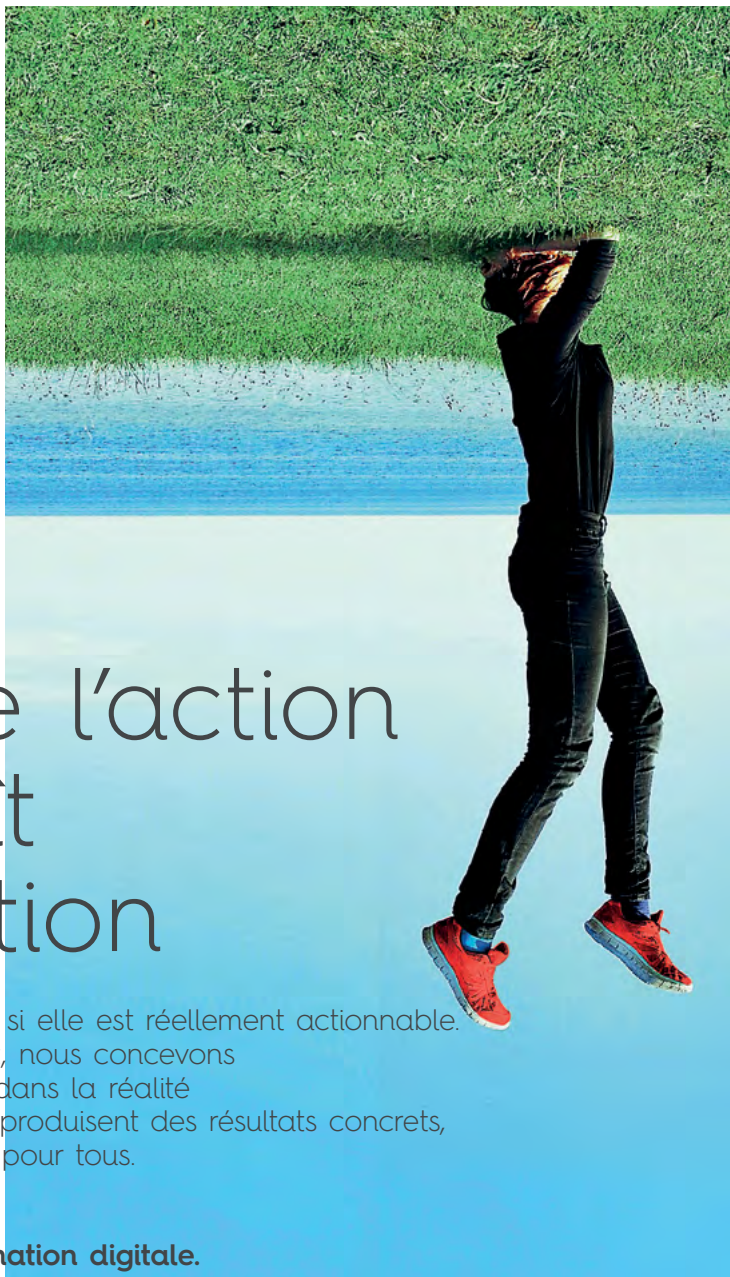
CONCLUSION

A la croisée de la mobilité et de l'aménagement du territoire, la R5G constitue un élément structurant des villes et territoires de demain. En effet, elle est de nature à permettre la mise en place d'un contrat de performance multi-échelle grâce à une connectivité généralisée avec ses usagers et leurs impacts sur l'environnement. Dans ce contexte, le rôle des acteurs publics, notamment de l'État, a vocation à changer pour passer de prescripteur à régulateur exigeant de ce nouveau régime sociotechnique. ■

C'est de l'action que naît l'inspiration

Une vision ne vaut que si elle est réellement actionnable.
Chez Sopra Steria Next, nous concevons
des stratégies ancrées dans la réalité
de votre entreprise qui produisent des résultats concrets,
durables et bénéfiques pour tous.

Sopra Steria Next,
le conseil en transformation digitale.



* Le monde est tel que nous le façonnons.

The world is how shape it*

sopra  steria
next

Trajectoire(s)

