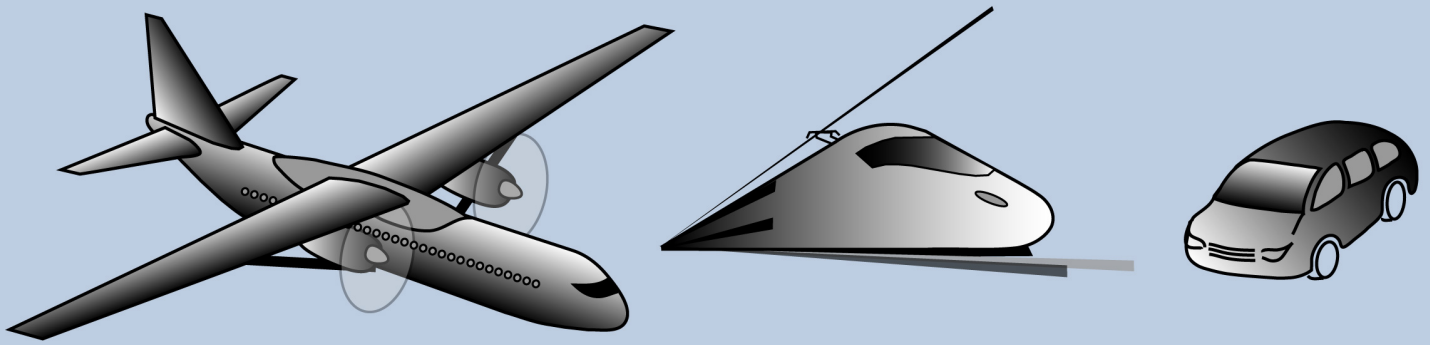
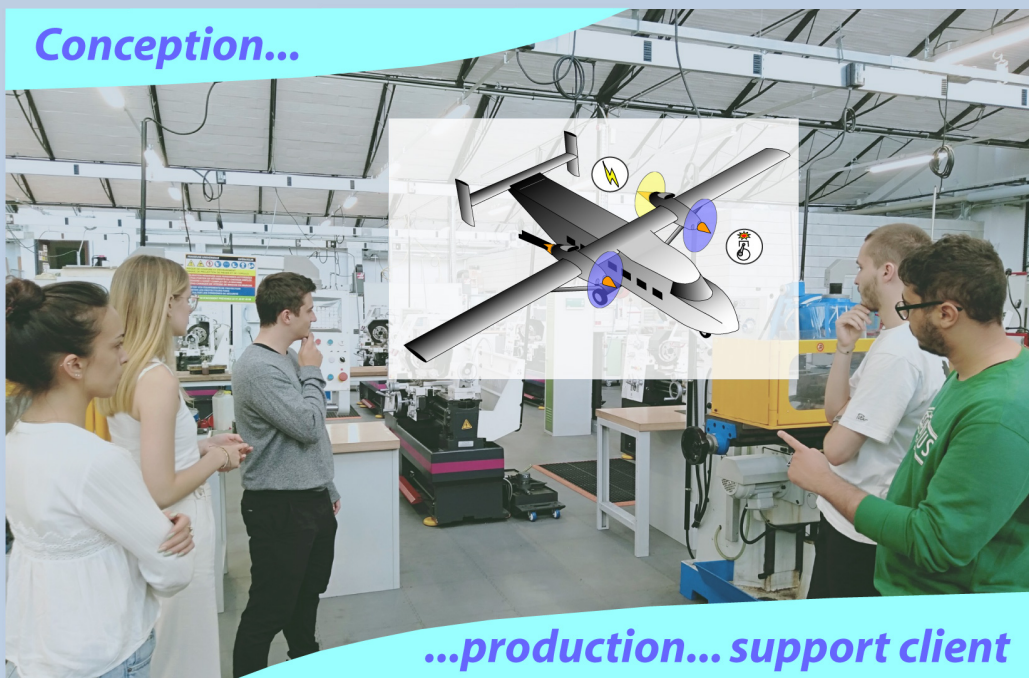


Colloque

Les transports de demain : Quels ingénieurs pour de nouvelles ambitions ?



Musée de l'Air et de l'Espace - Paris le Bourget
18 janvier 2024 de 8h30 à 18h30



Ce colloque est organisé par :



Inscriptions, site de la 3AF :

<https://www.3af.fr/agenda/les-transports-de-demain-quels-ingenieurs-2282>

Colloque

Les transports de demain: quels ingénieurs pour de nouvelles ambitions?

Musée de l'Air et de l'Espace - Paris le Bourget 18 janvier 2024 de 8h30 à 18h30

8h Accueil



8h30 Allocutions de bienvenue 8h30-9h00

Anne-Catherine ROBERT-HAUGLUSTAINE, Directrice du Musée de l'Air et de l'Espace.

Bruno SERIO, Directeur des Études du Cursus Master Ingénierie Aéronautique Transports et Énergétique, Université Paris Nanterre (CMI-ATE).

Louis LE PORTZ, Président de l'Association Aéronautique et Astronautique de France (3AF).

Vincent CAPO CANELLAS, Sénateur de Seine Saint Denis.

Chairman des sessions

Gérard LARUELLE, Ancien VP recherche, ASTRIUM.

9h00-10h20 Session 1- Futur du transport

- **RISE (Open Fan) – L'innovation de rupture sur les architectures de moteurs.**
François CARUEL, Directeur de l'Audit Technique et Sponsor de la Filière Expertise, Safran Aircraft Engines.
- **Des pistes pour les moyens de transport du futur.**
Michel KIEFFER, Chargé de la spécialisation Aéronautique, Transport et Énergétique du CMI-ATE.
- **Vers une aviation décarbonée, les pistes de recherche de l'ONERA.**
Sébastien DEFOORT, Responsable de l'équipe "conception multidisciplinaire et avant-projets", ONERA et Enseignant en conception avion, ISAE-SUPAERO.
- **Enjeux et perspectives des transports d'ici à 2050.**
Anne de CAGNY, Directrice de la Prospective, ESTACA.

10h20-10h50 Pause-café

10h50-12h10 Session 2- Avants projets rigoureux et pluridisciplinarité

- **Pour des avant-projets innovants et fructueux.**
François CARUEL, Directeur de l'Audit Technique et Sponsor de la Filière Expertise, Safran Aircraft Engines.
- **L'acculturation des futurs ingénieurs aéronautiques aux défis de la transition énergétique.**
Jean Luc CHARRON, Président de la Fédération Française Aéronautique (FFA).
- **Transversalité : approches sécurité et environnementale.**
- **Nicolas CAZALIS**, Directeur Général Adjoint, ENAC.
- **Spécifications et maîtrise des risques.**
Jacques RENVIER, Ancien VP CFM International, Safran Aircraft Engines.

12h10-13h30 Buffet

13h30-14h30 Session 3- Démonstrations critiques, développements rapides et efficaces, intégration des équipements

- **Nouvelles dimensions de l'ingénierie à l'heure du NewSpace.**
Jérôme VILA, Chef de Programme chez MaiaSpace, Académicien en Ingénierie Spatiale à l'IAA (International Institute of Astronautics).
- **Réalisations industrialisées dans un esprit de simplification et d'économies d'énergies.**
Alexandre Sabéné, Alexandre Fernandes Martins, Camille Barbier, étudiants CMI-ATE.
- **Décarbonation des transports : entre acceptation sociale et faisabilité technique.**
Michael Addad, Directeur des Innovations et des Partenariats, Alstom Group.

14h30-15h30 Session 4- La formation des acteurs : clé de l'innovation et de la ré industrialisation

- **Transmission du savoir par l'histoire.**
Mathieu BEYLARD, Responsable Planétarium, Musée de l'Air et de l'Espace.
- **"Do to think" à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard (UTBM).**
Hugues BAUME, Ingénieur-designer, Enseignant-Chercheur en design-industriel, Formation Mécanique et Ergonomie de l'UTBM.
- **La formation des étudiants par les partenariats. La simplification des produits et des organisations, clé de la compétitivité des entreprises industrielles.**
Claude WALTER, Dirigeant de la société Rythmes & Sons, partenaire industriel des projets du CMI-ATE.

15h30-16h00 Pause-café

16h-17h Session 5- Expériences de grands projets.

- **A 380, quelques surprises pendant la mise au point.**
Claude LELAIE, Ancien Directeur Des Essais En Vol, Airbus.
- **Maîtrise des grands programmes.**
Jean-Claude HIRONDE, Ingénieur en Chef du Rafale et du Falcon F7X, Dassault Aviation.

17h-18h00 Table ronde, chairman : Michel POLACCO, journaliste aviateur.

Lionel De La SAYETTE, Ancien Directeur Général Technique, Dassault Aviation.

Jean-Michel DUREPAIRE, Directeur Général, ESTACA.

Jacques RENVIER, Ancien Senior VP CFM International, Safran Aircraft Engines.

Raoul ROLAND, Technical Expertise Director, Alstom Group.

Bruno SERIO, Directeur des études du Coursus Master Ingénierie Aéronautique Transports et Énergétique (CMI-ATE).

Patrick TEJEDOR, Président de EuroSae, Président de la Commission Éducation Formation de l'Académie de l'Air et de l'Espace.

18h-18h20 Débat.

18h20-18h30 Conclusion.

18h30 Fin du colloque.

Les transports de demain: quels ingénieurs pour de nouvelles ambitions?

Ce colloque est organisé par la 3AF (Association Aéronautique et Astronautique de France) en liaison avec l'Université Paris Nanterre et le musée de l'Air et de l'Espace du Bourget.

Le contexte actuel évolue fortement pour la concrétisation de nos transports de demain, qu'ils soient terrestres, navals ou aériens. Ces nouveaux transports doivent répondre aux attentes sociétales sur les plans sécurité, environnementaux, apporter une forte réduction de la production de CO2. Les exigences économiques et formations correspondantes doivent maintenant être très intimement associés aux avancées écologiques.

L'optimisation du bilan environnemental multicritères sur le cycle de vie complet des véhicules et de leurs composants sera une clé importante de notre réussite comme la recherche de la meilleure efficacité énergétique.

Toutes ces ambitions, fort motivantes pour les jeunes et leur avenir, imposent de multiples progrès dans les outils comme dans les méthodes de travail : de la conception à la maintenance, en passant par la production. Deux points seront particulièrement traités : la gestion des avants projets et la recherche de la simplification.

Industriels, formateurs, étudiants, services officiels, ... seront au cœur des échanges au Musée de l'Air et de l'Espace du Bourget le 18 janvier 2024.

Comité scientifique & organisation.

Mathieu BEYLARD, Responsable Planétarium, Musée de l'Air et de l'Espace.

Michel KIEFFER, Chargé de la spécialisation Aéronautique, Transport et Énergétique, Université Paris Nanterre (CMI-ATE).

Gérard LARUELLE, Ancien VP recherche, ASTRIUM.

Alain MARIANNE, Marine & Offshore Industry Solution Technical Senior Manager, Dassault Systèmes.

Jacques RENVIER, Ancien VP CFM International, Safran Aircraft Engines.

Bruno SERIO, Directeur des Études du Coursus Master Ingénierie Aéronautique Transports et Énergétique, Université Paris Nanterre (CMI-ATE).

Inscription sur le site de la 3AF.

<https://www.3af.fr/agenda/les-transports-de-demain-quels-ingenieurs-2282>

Prix d'inscription : 70 €.

Venue au Musée de l'Air et de l'Espace.

<https://www.museeairespace.fr/visiteurs/acces/>

3, Esplanade de l'Air et de l'Espace.

93350 Le Bourget





maiaspace

**NOUVELLES DIMENSIONS DE
L'INGÉNIERIE À L'HEURE DU NEWSPACE**

1 8 J a n v i e r 2 0 2 4



MAIASPACE

MINI LANCEUR RÉUTILISABLE EUROPÉEN



ArianeGroup affiliate

→ 1500 kg SSO

→ 500 kg SSO



110+ MaiaSpacers hard at work

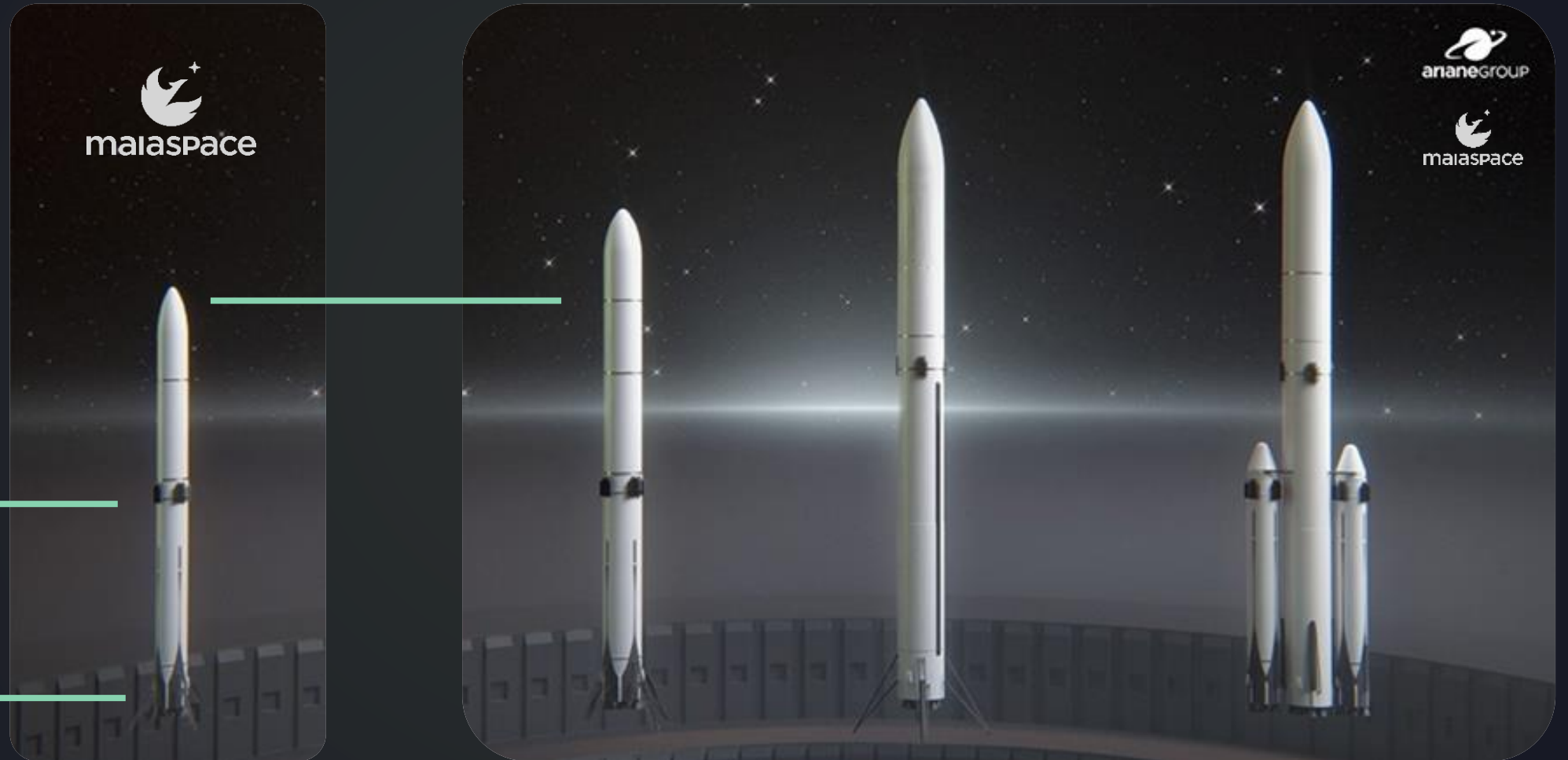
11 Nationalities



Multicultural space and non-space engineering background



SYNERGIES TECHNOLOGIQUES ET AMBIDEXTRIE



THEMIS reusable technologies

PROMETHEUS™ low cost engine

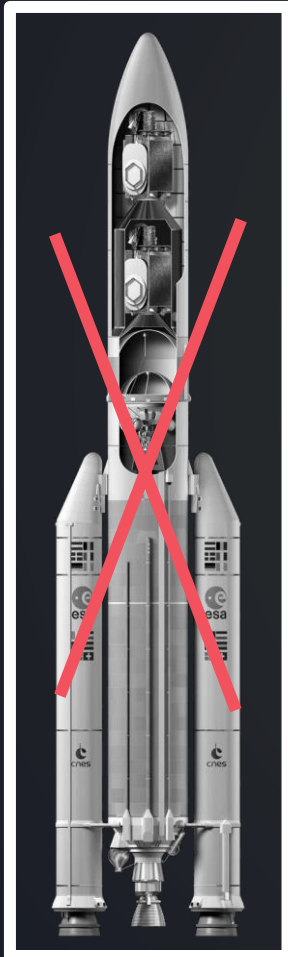


MEME APRÈS 25 ANS, ON CONTINUE À DÉCOUVRIR ET RÉ-APPRENDRE SON MÉTIER...

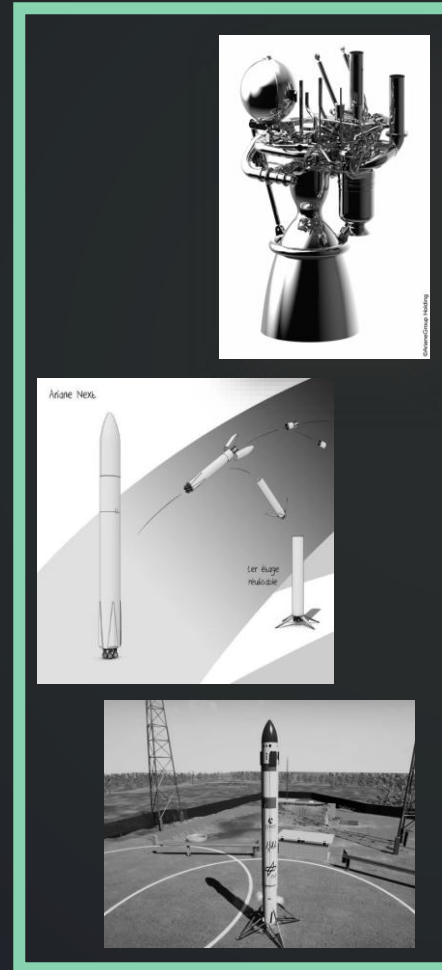
Ariane 5 ECA
1998-2008



Ariane 5 ME
2009-2012



Ariane Next, Prometheus,
Callisto, Diamant...2014-2019



ArianeWorks
2018-2021



MaiaSpace
2022 -



Grands projets complexes

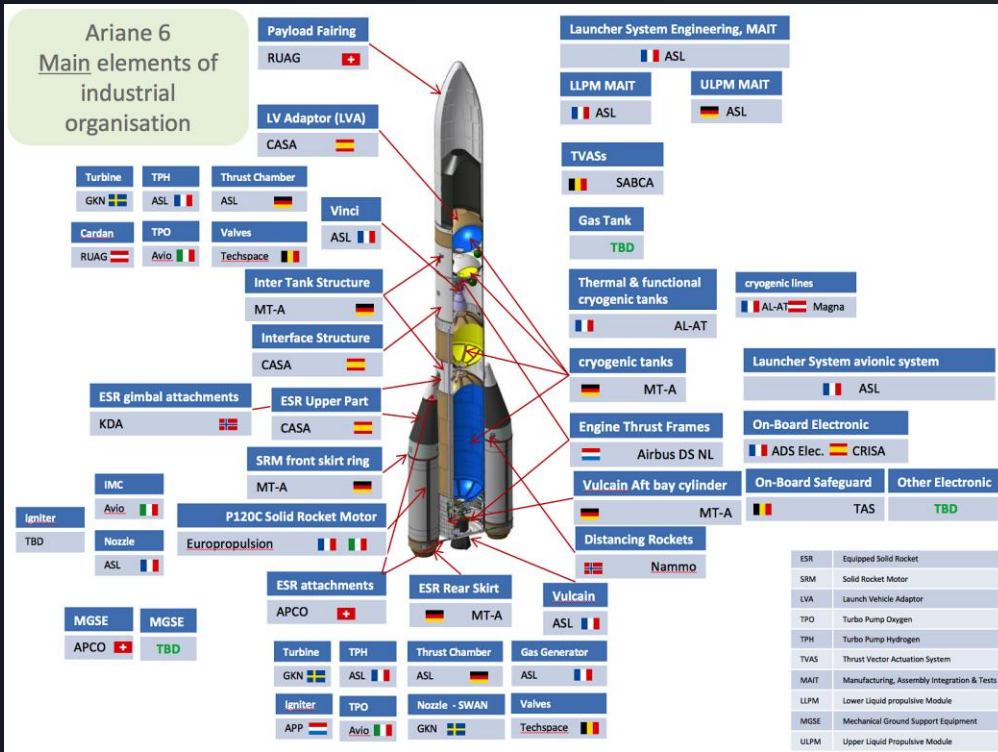
+ Avant-Projets

+ Innovation

+ Entrepreneuriat "Newspace"



L'INGENIERIE SPATIALE DEMEURE UN DES "EVEREST" DES SYSTEMES COMPLEXES



Complexité technique, d'un système suroptimisé en comparaison d'autres domaines



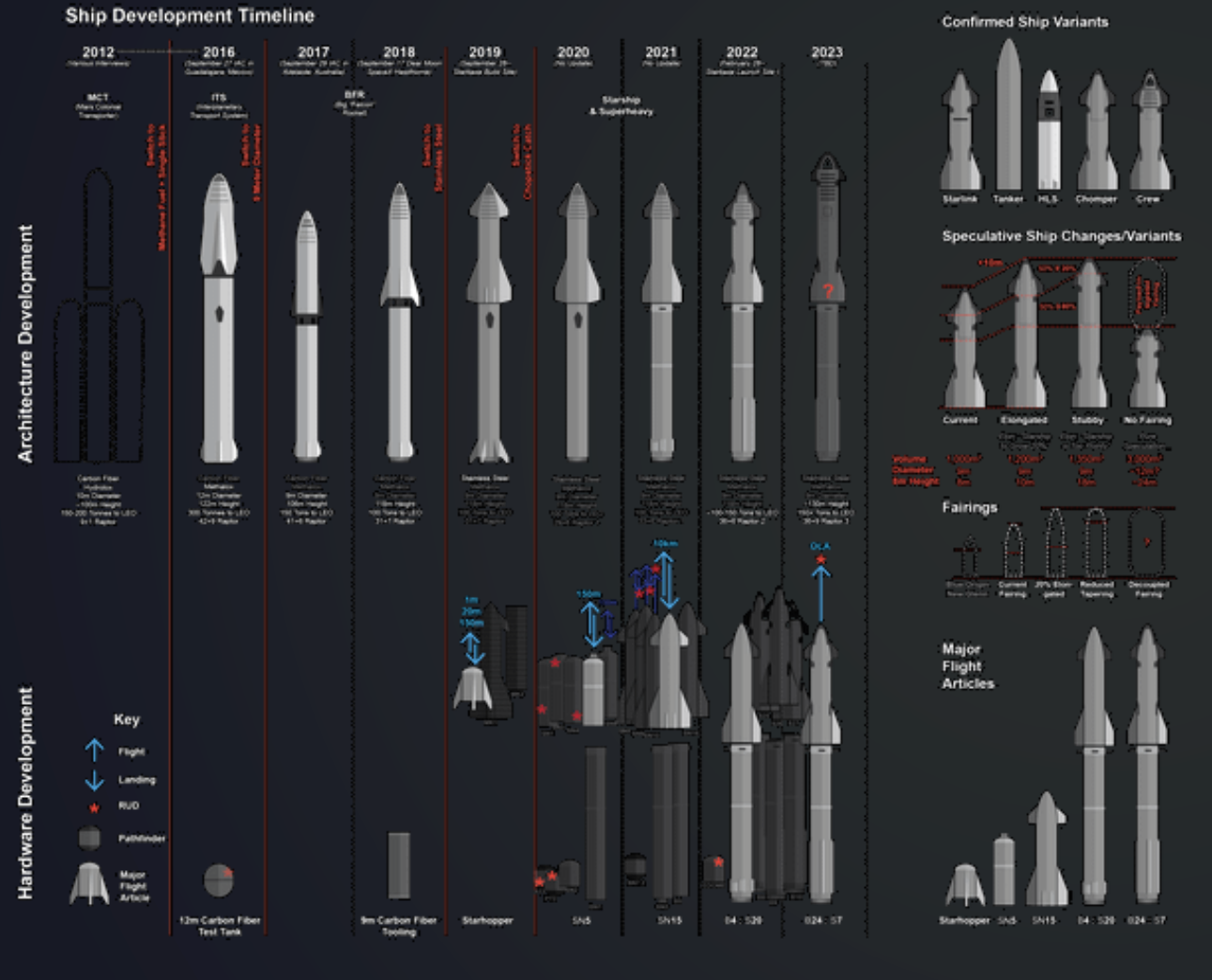
Complexité organisationnelle liée au volume d'heures x ingénieurs, de millions d'€ ou de temps requis pour le concevoir



POURTANT LE VRAI DÉFI, DANS UN SECTEUR EN MUTATION, C'EST LA VITESSE !

Evolution of Starship June 2023

u718 Principles
2023.06.20



LE ROCKET SCIENTIST DE 2024 DOIT ÊTRE UN INGÉNIEUR ET UN MAKER



DARE, DELFT Univeristy



CNES PERSEUS

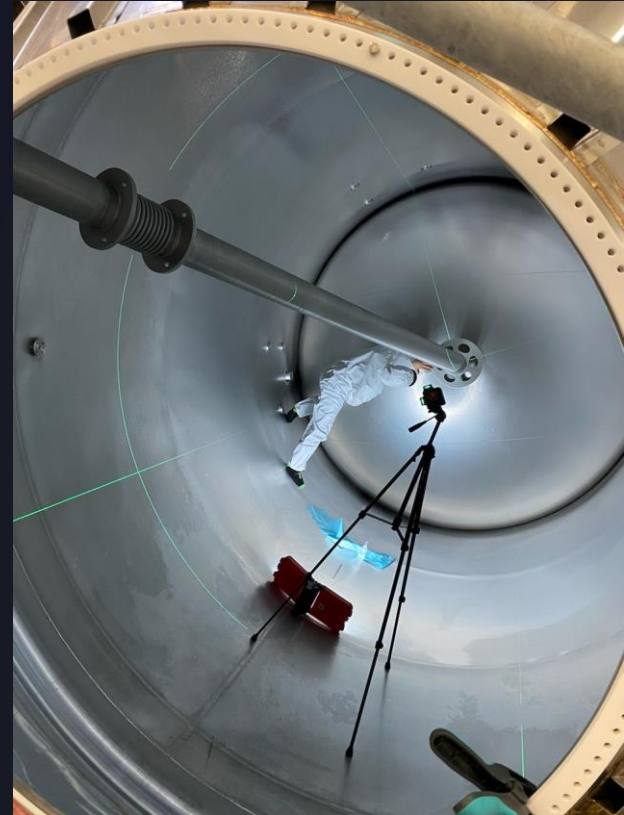


Copenhaguen Suborbitals



PLANETE SCIENCES, C-SPACE



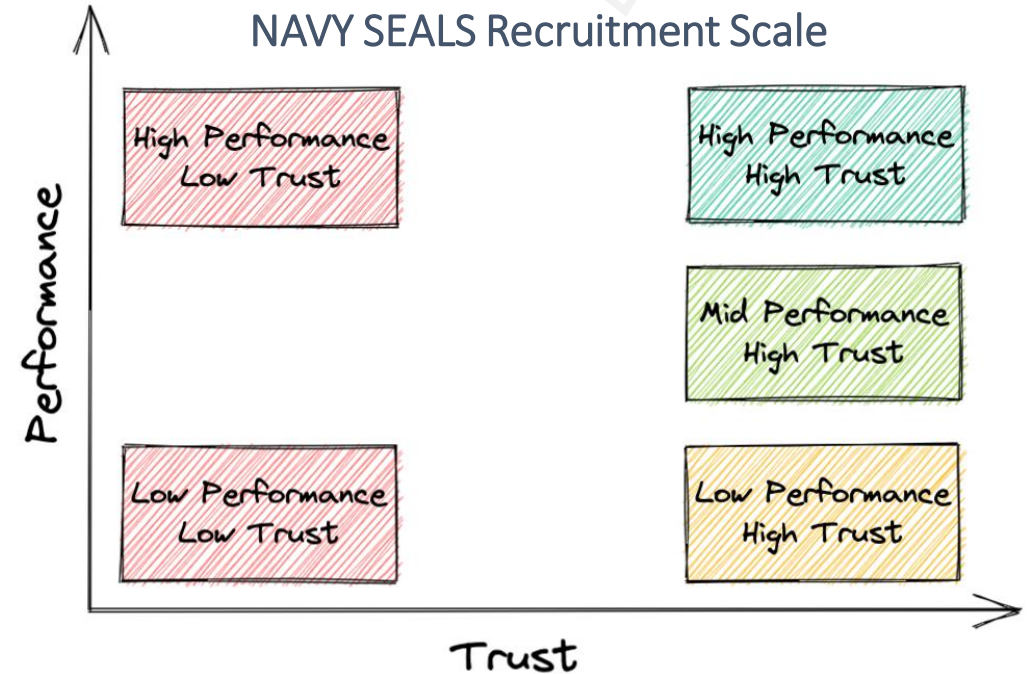


NOUS RECRUTONS DES PERSONNALITÉS ET DES CO-ÉQUIPIERS PLUS QUE DES GÉNIES



On n'accomplit rien de complexe seul. La capacité à travailler en groupe, à s'épauler efficacement, à s'organiser, font grandir les individus plus vite

Généralisation du développement en mode Agile, en petites équipes véloces qui dynamisent l'ingénierie : les soft skills deviennent plus importants au travail que la performance exceptionnelle



LA POLYVALENCE EST UN TALENT QUI A PLUS D'IMPACT D'UNE HYPERSPÉCIALITÉ

Design to Manufacturing / Schedule : la performance n'est pas le seul axe d'optimisation.



...cket Lab, Vast Space offer bid to take over now-defunct Virgin Orbit's...

[Consulter](#)



Faire plus avec moins les enjeux environnementaux et et l'industrie à l'heure de la sobriété

Comprendre et travailler la dimension économique, c'est aussi de l'ingénierie !



L'ingénierie, c'est
de l'art de changer
le monde. Il y a
beaucoup à faire.





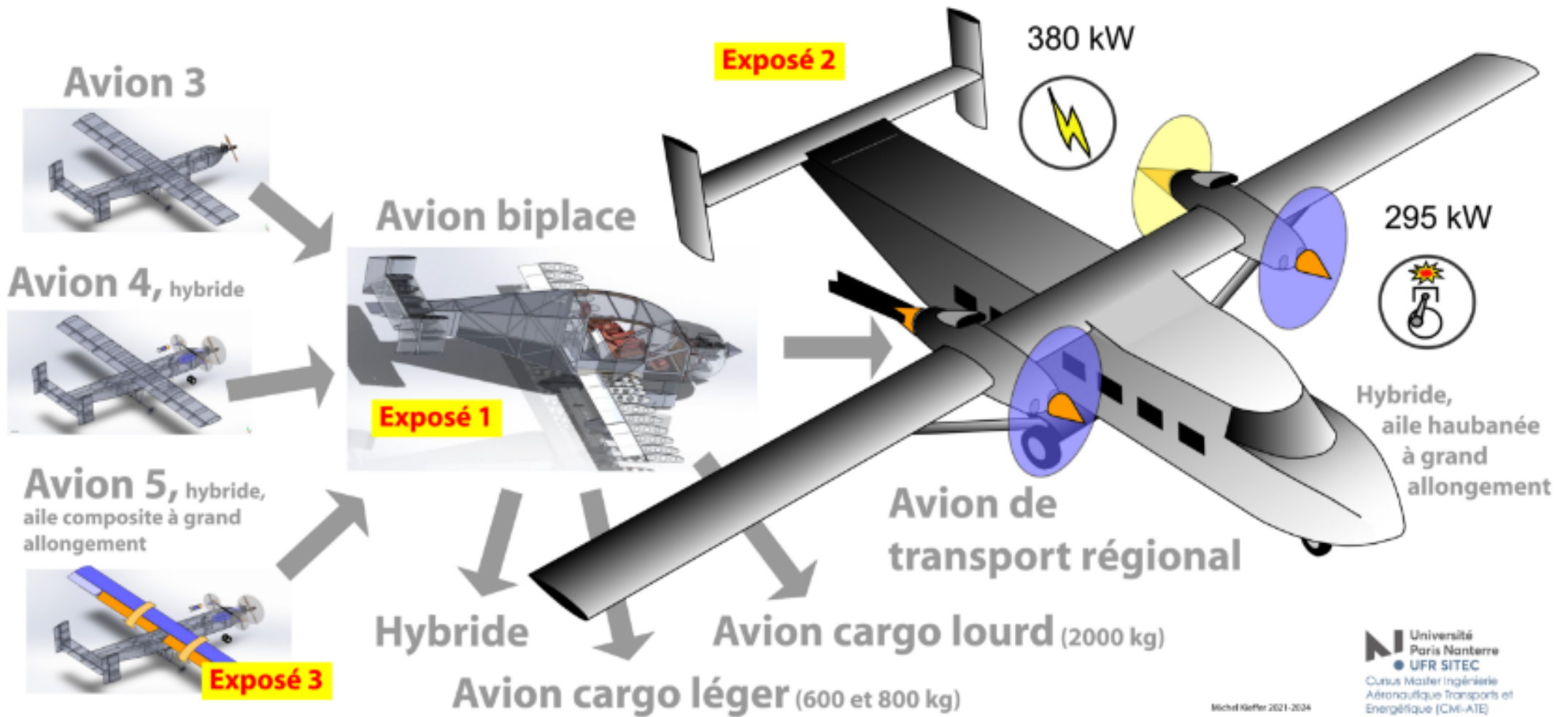
Colloque

Les transports de demain : quels ingénieurs pour de nouvelles ambitions ?

—
Musée de l'Air et de l'Espace
Paris le Bourget, jeudi 18 janvier 2024

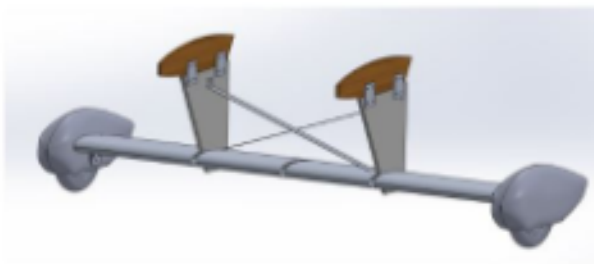
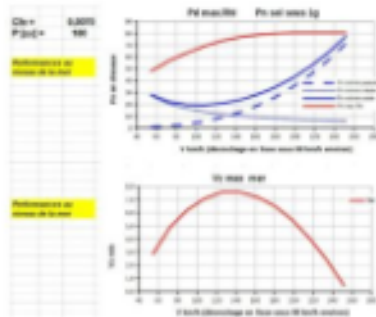
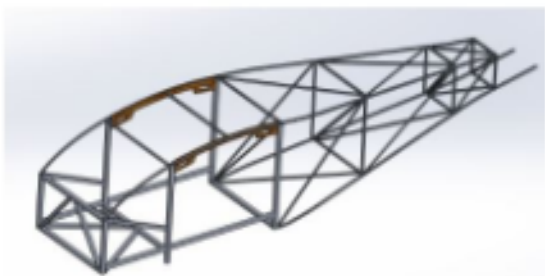
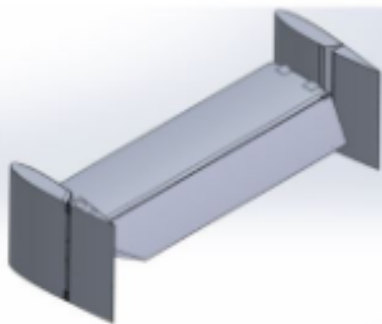
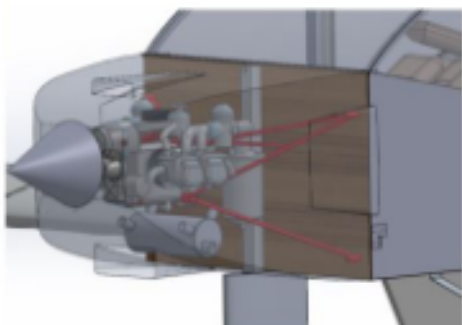
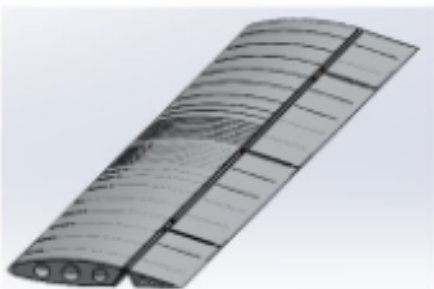
*Projets étudiants, Camille Barbier, Julia Chmiel, Inas
Aït Kettout, Ryan Keller, Alexandre Fernandez
Martins, Alexandre Sabéné*

Sommaire



Exposé 1, avion biplace

2/6



Certifications :

- CNRA
- CNSK
- CS23-1
- ULM

Travail en groupes

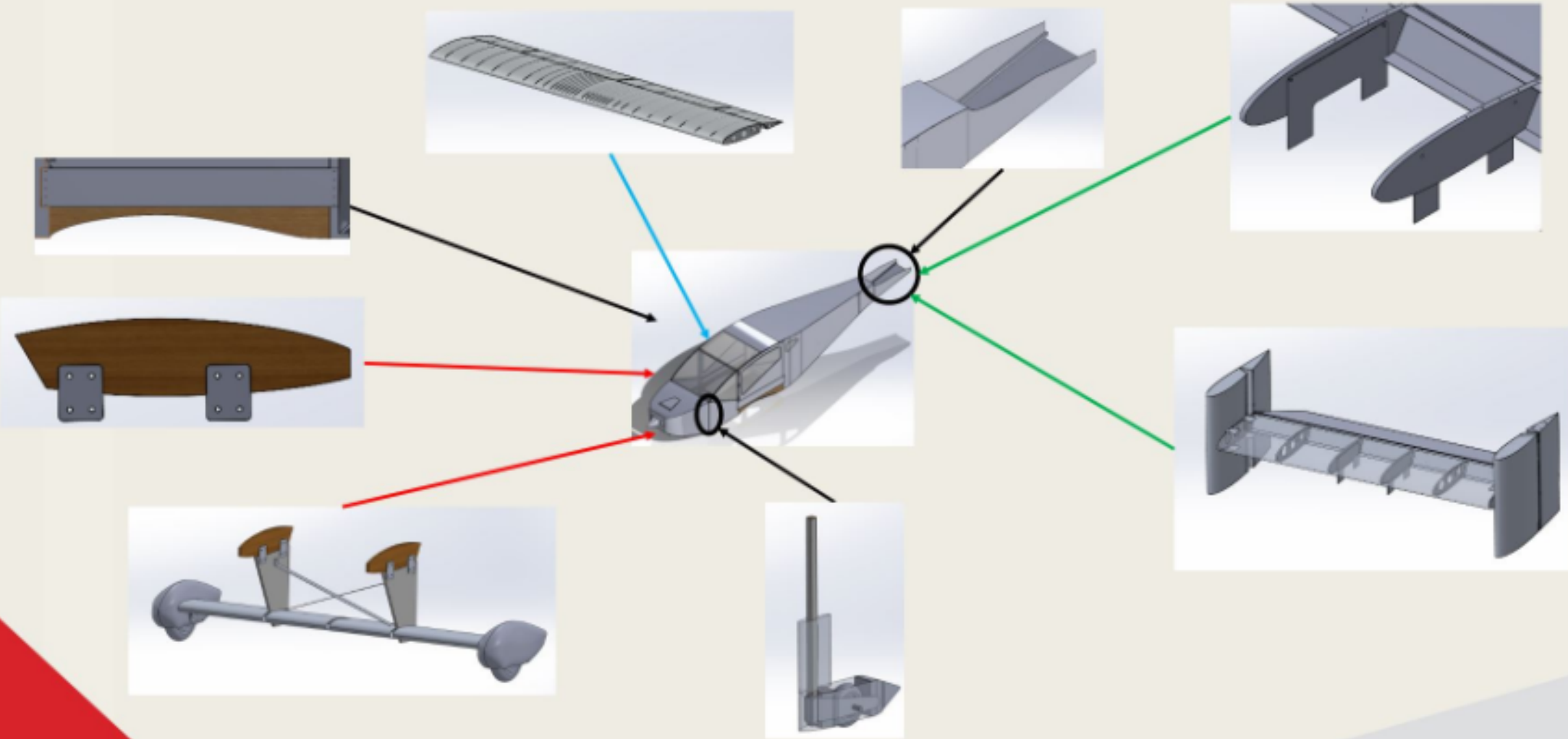
Communication au sein des groupes et entre groupes.

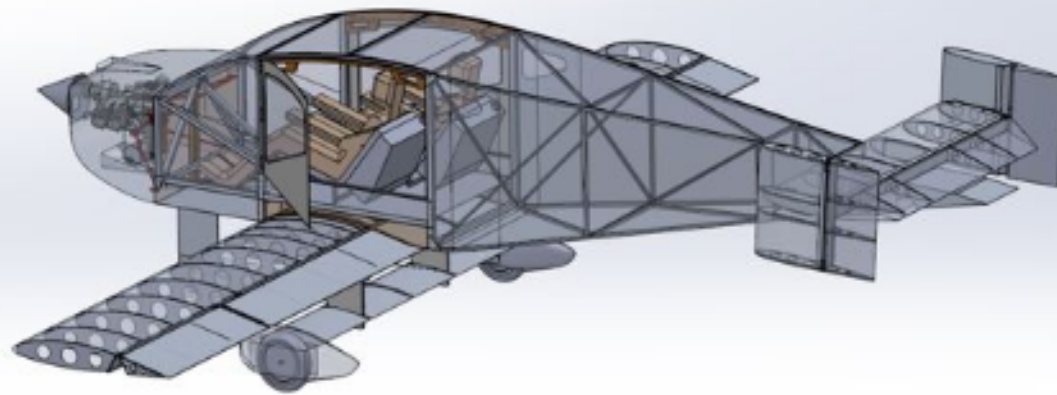
Utilisation d'une méthode de travail commune.

Réunion d'avancement du projet.

3/6

Intégration des sous-ensembles





Réduction des coûts

Simplification des systèmes,

« les solutions les plus simples sont les plus difficile à trouver » :

- *Train principal*
- *Structure 100% développable*
- *Assemblages rivetés*
- *Aile d'un tenant*
- ...

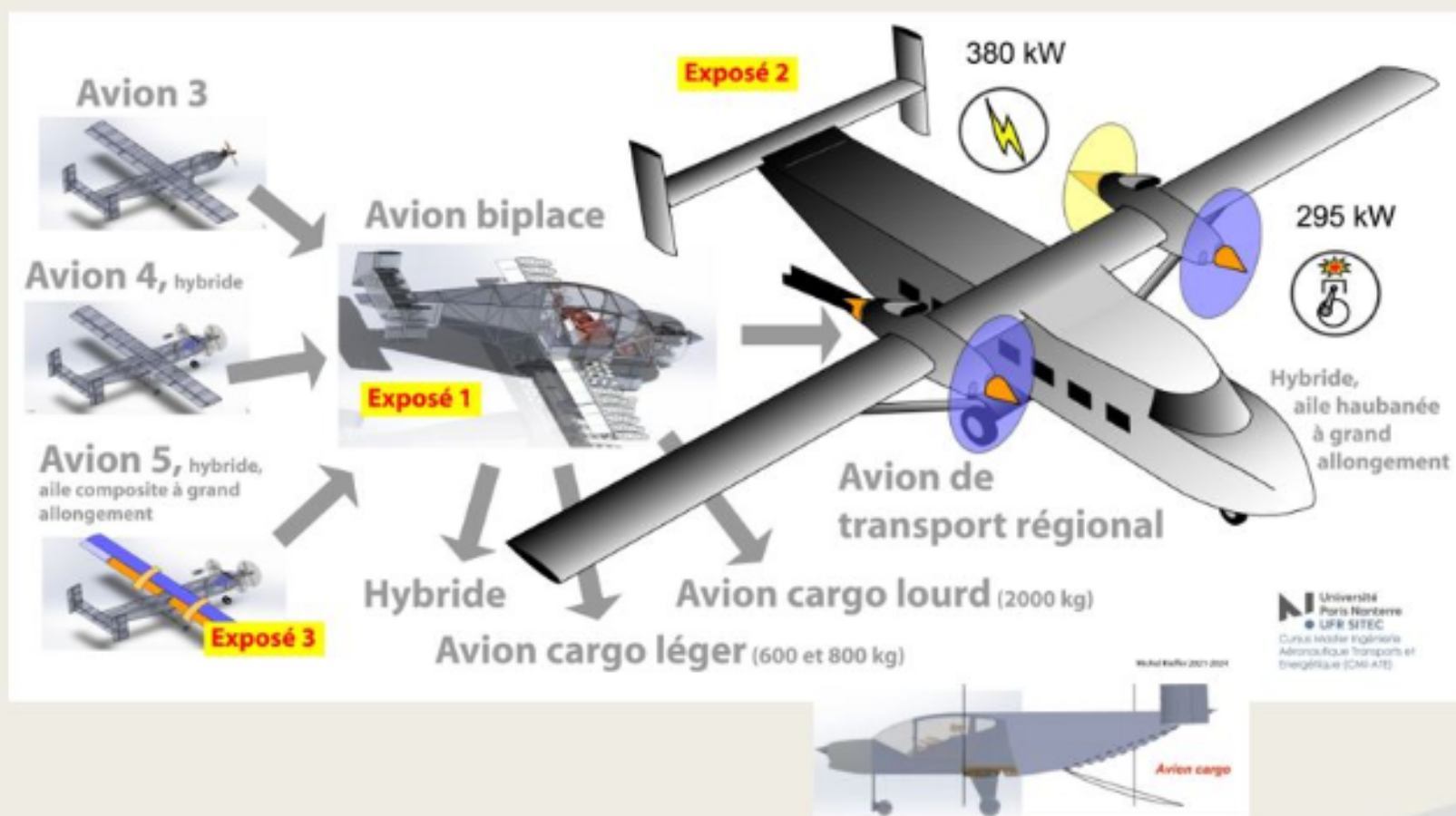
Réduire le nombre de références, une clé majeure de la simplification


Gestion documentaire :

- *Indices*
- *Traçabilité*

Projet évolutif

Drone → Avion biplace → Avion de transport régional





Merci pour votre attention

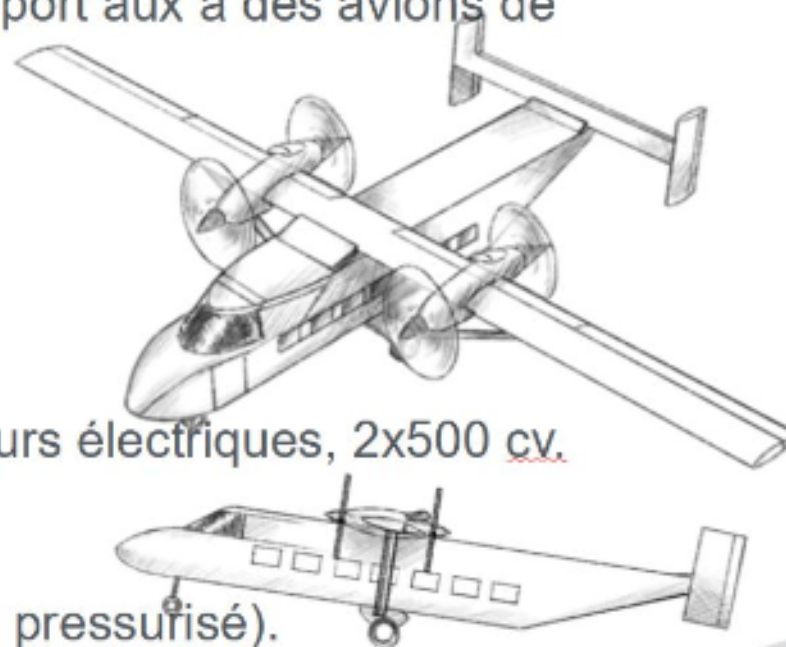
Exposé 2, avion de transport régional

Les objectifs de l'avant-projet

Depuis 2023, nous développons un avant-projet d'avion de transport régional hybride à moteurs non liés. Au prix d'une diminution de la vitesse de 30 % associée à une aile haubanée de grand allongement, la consommation diminue de 60% par rapport aux avions de même catégorie.

En quelques mots :

- Avion de transport régional 19 places.
- Certification aéronautique EASA CS-23.
- 2 Moteurs à pistons, 2x400 cv + 2 Moteurs électriques, 2x500 cv.
- 2,2T de charge utile.
- Altitude de croisière 10 000ft (avion non pressurisé).



Contraintes et innovations de l'avant-projet

—

Nous avons cherché à réduire la consommation et les coûts de production :

- Hybridation originale : utilisation des moteurs électriques combinée aux moteurs thermiques uniquement en phase de décollage et de montée, puis le vol en croisière est réalisé sous les moteurs thermiques uniquement. Les motorisations ne sont pas liées pour ne pas être impacté par le produit des rendements des sous-ensembles de la chaîne de propulsion. L'autonomie électrique est limitée à trois minutes pour ne pas impacter significativement la masse de l'avion par la masse des batteries.
- Structure, cellule et ailes sont développables pour réduire les coûts de production.



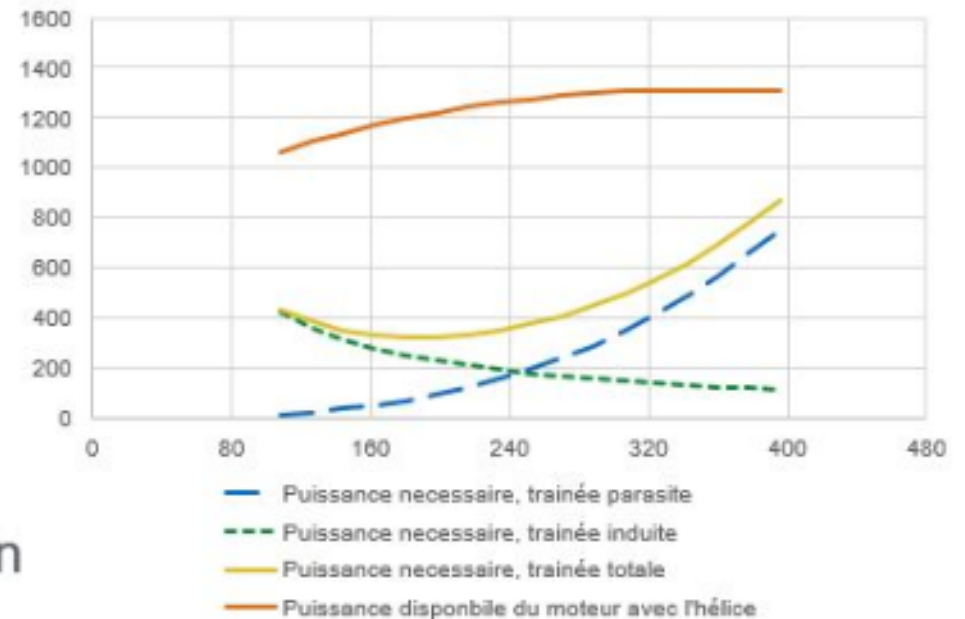
Performances

—

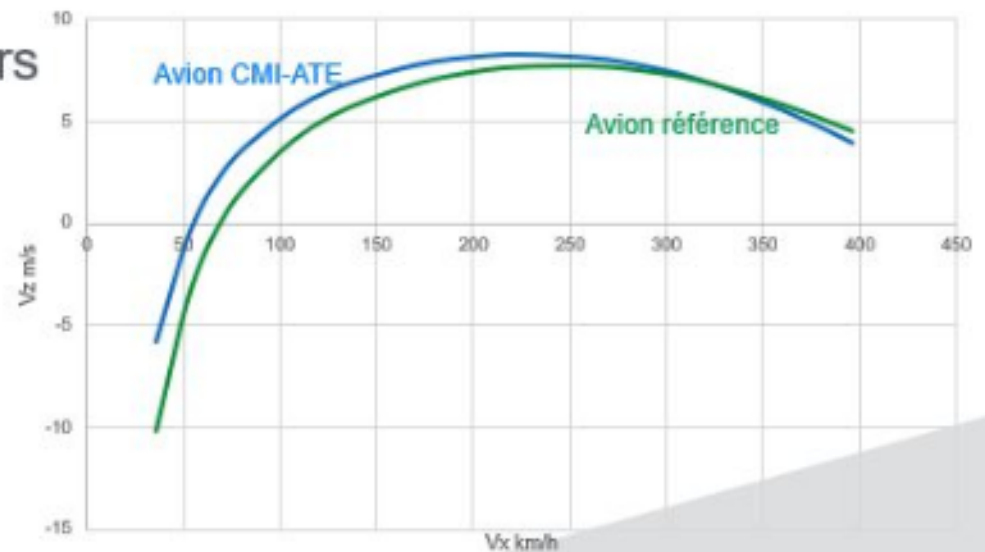
Les performances de notre avion (CMI-ATE ci-contre) sont proches de celles d'un avion comparable (avion référence ci-contre).

Différents scénarios de pannes moteurs ont été analysés.

Puissance nécessaire à 3300 m avion CMI



Vitesse ascensionnelle max a 3300 m



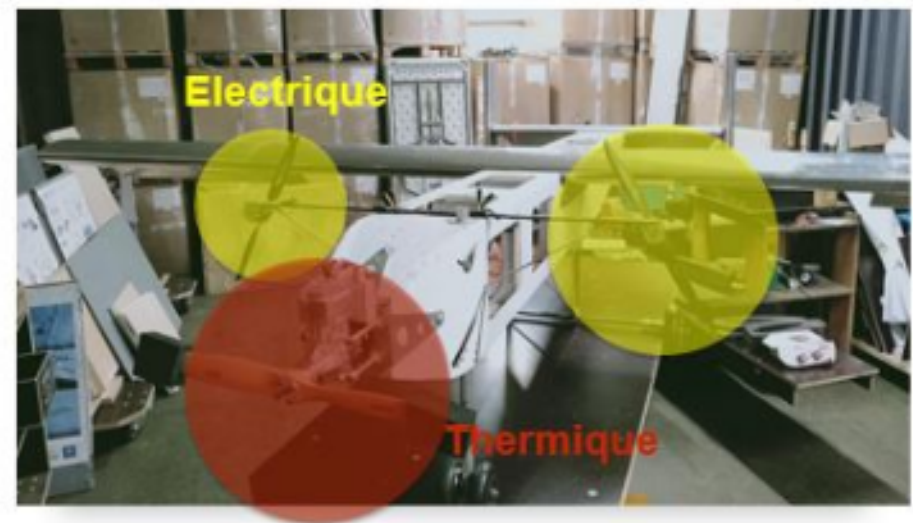
Un concept déjà testé

—

Les précédentes promotions ont développé deux démonstrateurs hybrides à moteurs non liés, d'une envergure de 4 ou 5 m selon la version, pilotés à distance. Ces démonstrateurs respectent les points clés de la certification CS23.

A travers ce projet, la simplification des systèmes ont pu être appliqués.

Les démonstrateurs donnent entière satisfaction.

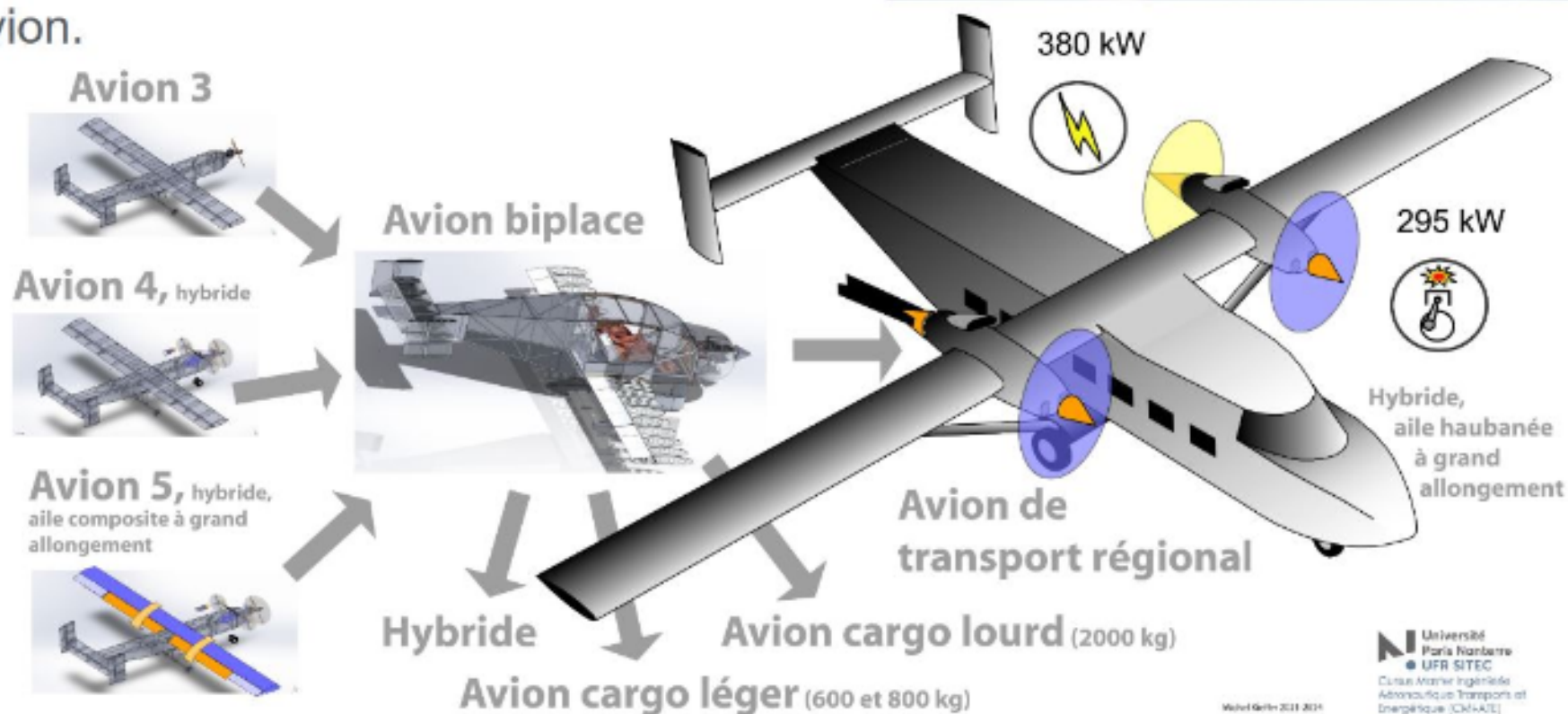


Suite du projet pour 2024

—

Approfondissement de l'avant-projet.

Conception CAO et dimensionnement de l'avion.



Exposé 3, aile composite à grand allongement

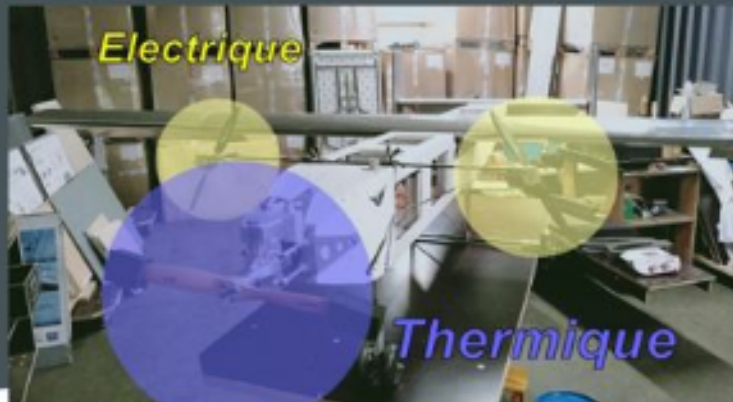
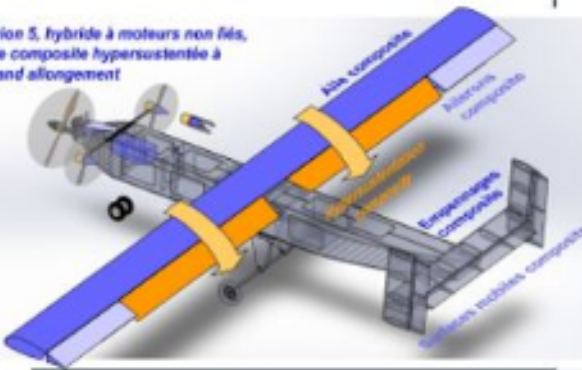
OBJECTIFS

Alléger la voilure tout en augmentant l'allongement de l'aile.

Disposer d'une voilure peu détectable aux radars (Avion 6).

Ajouter une hypersustentation à l'aile.

Avion 5, hybride à moteurs non liés, aile composite hypersustentée à grand allongement



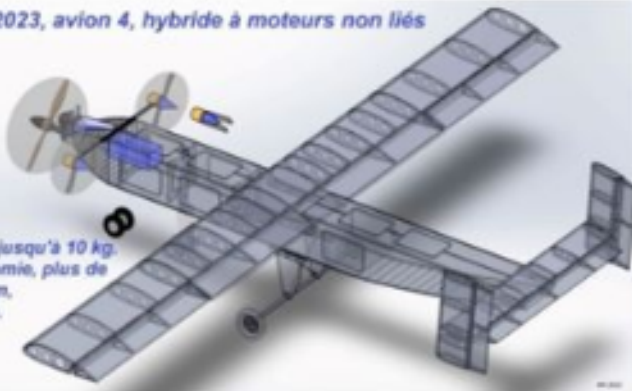
ALLONGEMENT ET AUTONOMIE

Allongement 12 induisant des moments fléchissants plus élevés. Malgré cela, l'aile composite est 7% plus légère.

Avions précédents
(A = 8)

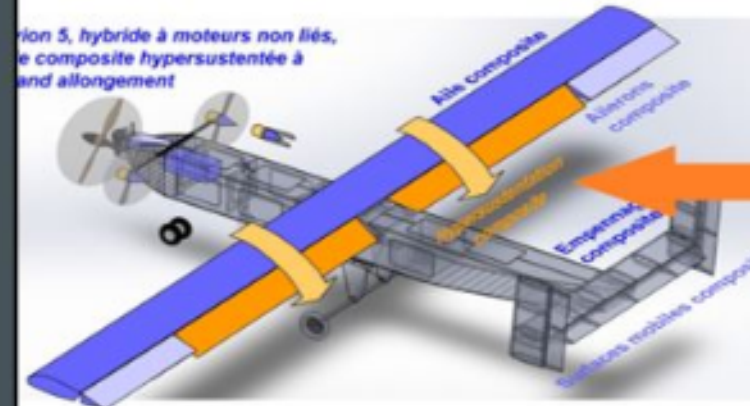
2022-2023, avion 4, hybride à moteurs non liés

Sorte, jusqu'à 10 kg.
Autonomie, plus de
1000 km,
8 à 10h.



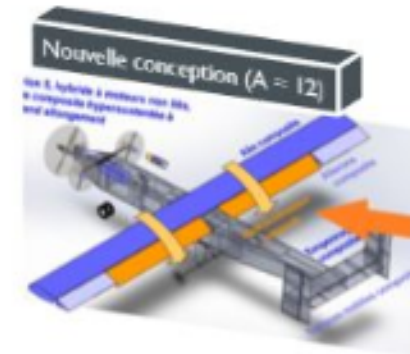
Nouvelle
conception (A =
12)

Avion 5, hybride à moteurs non liés,
aile composite hypersustentée à
grand allongement



ALLONGEMENT ET AUTONOMIE

	avions hybrides électriques						
	v	v	v	v	v		
	avion hybride 1 (H1)						
	v	v	avion hybride 1 (H1) A12				
	v	v	v	v	v	avion hybride 1 (H1) A12 hypersustenté	
	v	v	v	v	v	avion hybride 1 (H1) A12 hypersustenté Mo 5 kg	
	v	v	v	v	v		
Clap [l]	0,190	0,150	0,180	0,160	0,180	A12 avec aile composite => Clap réduite	-6%
Cl [l]	0,983	0,652	0,828	0,629	0,832		
Dh [km]	58	450	700	700	1340	A12 + 100 m de corde permet une augmentation de Dh de	38%
Vc [km/h]	67,0	67,0	80,0	80,0	80,0	A12 permet une diminution de Vc de	-10%
Vmax [km/h]	45,36	45,36	10,30	11,70	11,70	Hypersustentation permet une diminution de Vc de	4%
Cz max [l]	1,60	1,90	1,90	1,90	1,90		
A [l]	8,2	8,2	12	12	12		
M0 [kg]	8	8,8	8,8	8,8	8,8	8 kg + 2,8 kg d'hybridation batteries 7 cellules (sauf pour l'avion référence)	
consomm [kg]	7,24	3,47	0,38	0,38	0,42	valeurs constantes (avions)	
M1 [kg]	30,28	30,92	30,38	30,38	30,40		
Sa [m ²]	1,91	1,95	1,92	1,90	1,90		
M2 [kg]	20,1	20,2	19,1	19,1	19,2	Aile composite permet une diminution de M2 de	-6%
T0 [N]	9,9	6,7	10,7	11,7	20,3	L.A12 permet une augmentation du temps de vol de	74%
Dh surcharge 1 kg	127,2	150	200	200	2540	A12 + 100 m de corde + surcharge permet une augm. de Dh de	33%
Débit Dh 5 kg / Dh	110%	226%	166%	166%	36%		
cd	110%				166%		



Quelle sont ses bénéfices ?

Réduction de la traînée induite par la portance (représente **50%** de la traînée totale à la vitesse de finesse max).

Augmentation de la distance franchissable de **450 à 700 km.**

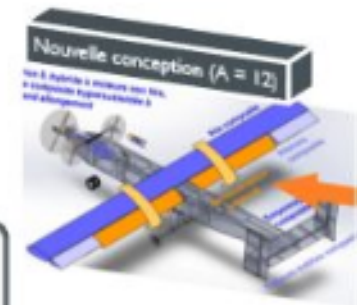
Augmentation du temps de vol de **7 à 12 h.**

Diminution de la vitesse de **67 km/h à 60 km/h.**

ALLONGEMENT ET AUTONOMIE

avant référence électrique	avant hybride 1 (H1)				avant hybride 1 (H1) A12				avant hybride 1 (H1) H2 hyperaléatoire				avant hybride 1 (H1) A12 hyperaléatoire 50 kg				
	X	Y	Z	W	X	Y	Z	W	X	Y	Z	W	X	Y	Z	W	
QWg [g]	0.1150	0.1102	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850	0.0850
QW [g]	1.965	1.951	1.421	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420	1.420
Ch [cm]	58	490	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
V10 [kmh]	87.0	87.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
V100 [kmh]	45.36	45.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36	43.36
Cu max [g]	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90
A [l]	8.2	8.2	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Mu [kg]	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
consom cont [g]	7.24	0.17	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Nit [kg]	30.28	30.92	30.36	30.36	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40	30.40
Qa [h]	1.91	1.96	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
Mu [kg]	21.1	21.2	16.1	16.1	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2	16.2
Tev [h]	0.8	8.7	10.7	11.7	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3

Ch surcharge 5 kg	117.0	119	200	200	240
Dela Ch 1 kg/Ch	116%	208%	185%	185%	85%
all	116%				185%



Allongement optimisé à I2, induisant des moments flexion élevés. Malgré cela, le composite, réduisant la masse de l'aile de près de 75%.

Après vérification, nous pouvons aussi accepter une légère surcharge de carburant, dans ce cas :

- La distance franchissable passe à 2000 km et le temps de vol à 33 heures.

FABRICATION DE L'AILE COMPOSITE



Tronçons d'aile

1- Réalisation de tronçons d'aile en mousse avec une CN à fil chaud.

2- Polymérisation séparée de tronçons d'aile, ce qui est beaucoup plus facile que de polymériser l'aile en une fois.

De plus, les tronçons de qualité insuffisante peuvent être rebutés.



FABRICATION DE L'AILE COMPOSITE

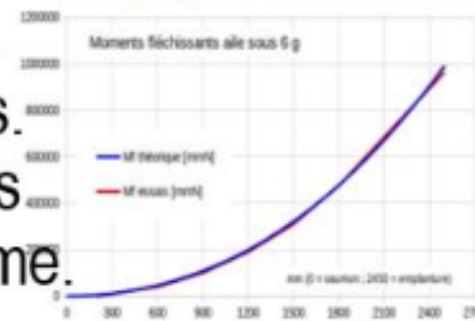


3- Les tronçons d'aile sont assemblés et liés à l'aide de patchs en composite.

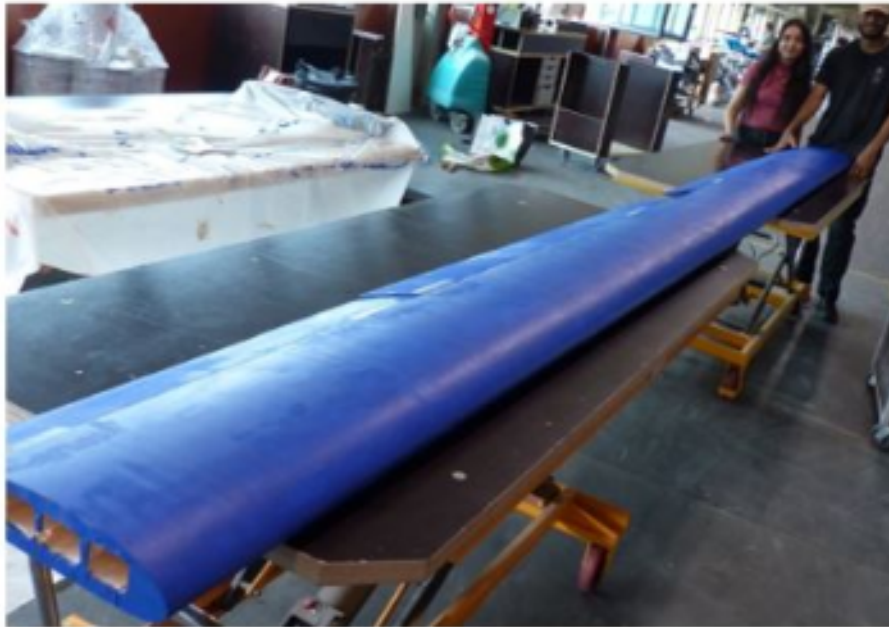
Cas de charge 3, charge totale :



4- Les essais statiques sont réalisés. Plusieurs ruptures ont été constatées. L'aile donne entière satisfaction après réparations et essais à la charge ultime.



FABRICATION DE L'AILE COMPOSITE



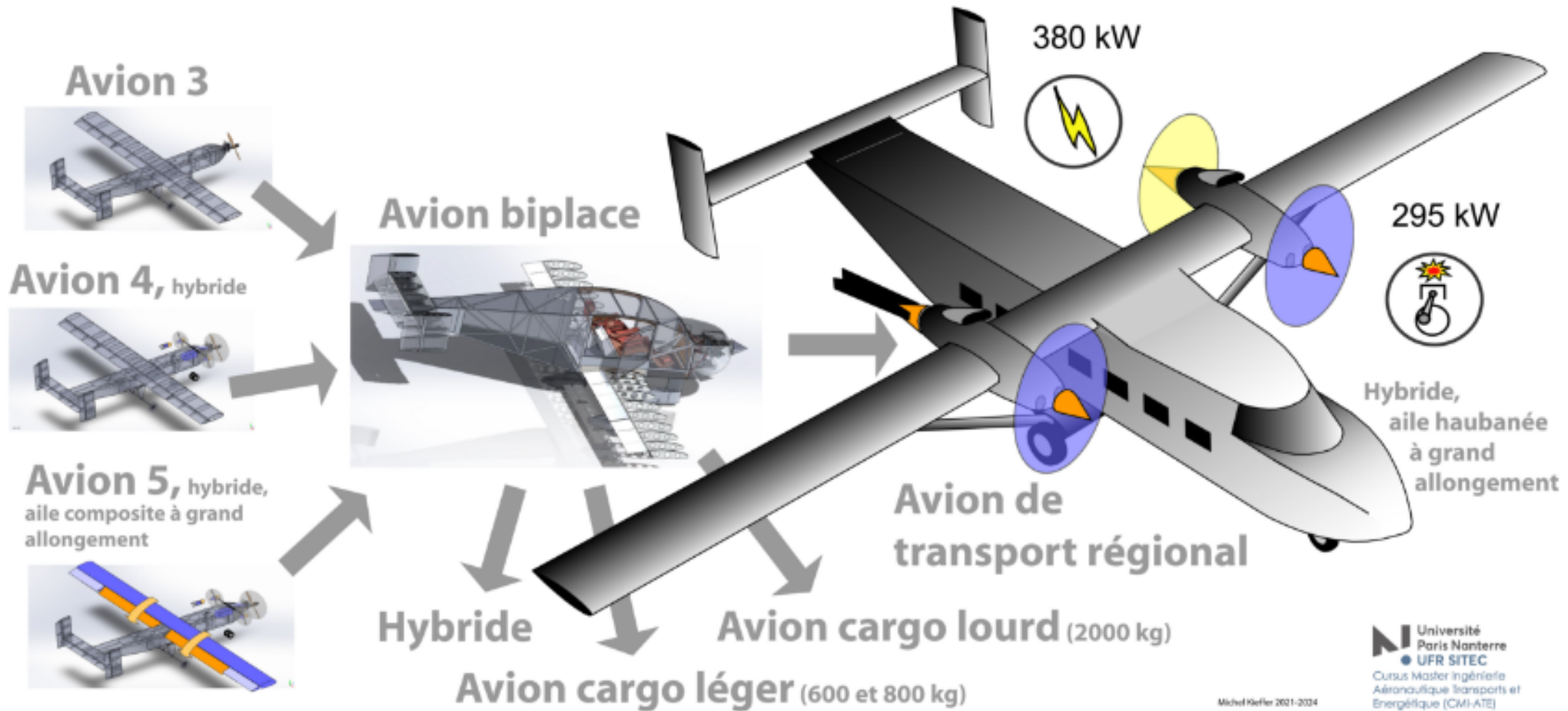
Aile Composite

5- Ajout de volets réduisant la vitesse minimale de sustentation (V_{so}) de 45 à 41 km/h.

6- Réalisation de la finition de l'aile.

SUITE DU PROJET

- Intégrer l'aile et les empennages composites sur le fuselage de l'avion hybride à moteurs non liés.
- Préparation des premiers vols de l'avion 5 en 2024.
- Etude d'une aile composite pour l'avion biplace dans sa variante hybride.



Merci pour votre attention



Décarbonation des transports : entre acceptation sociale et faisabilité technique

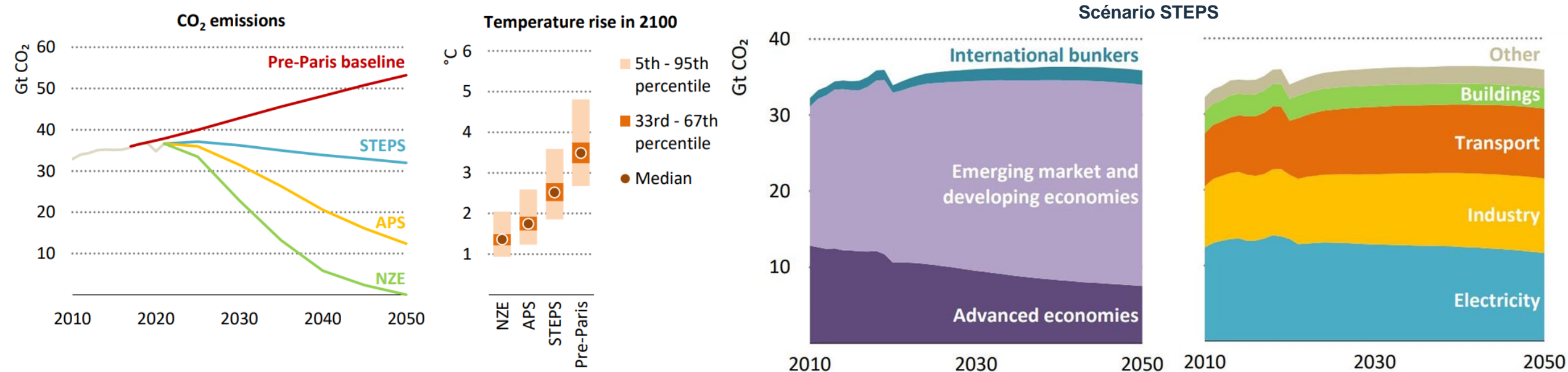
Michaël Haddad

michael.haddad@alstomgroup.com

18/01/2024

Emissions de gaz à effet de serre et trajectoire « Net-Zero Emission »

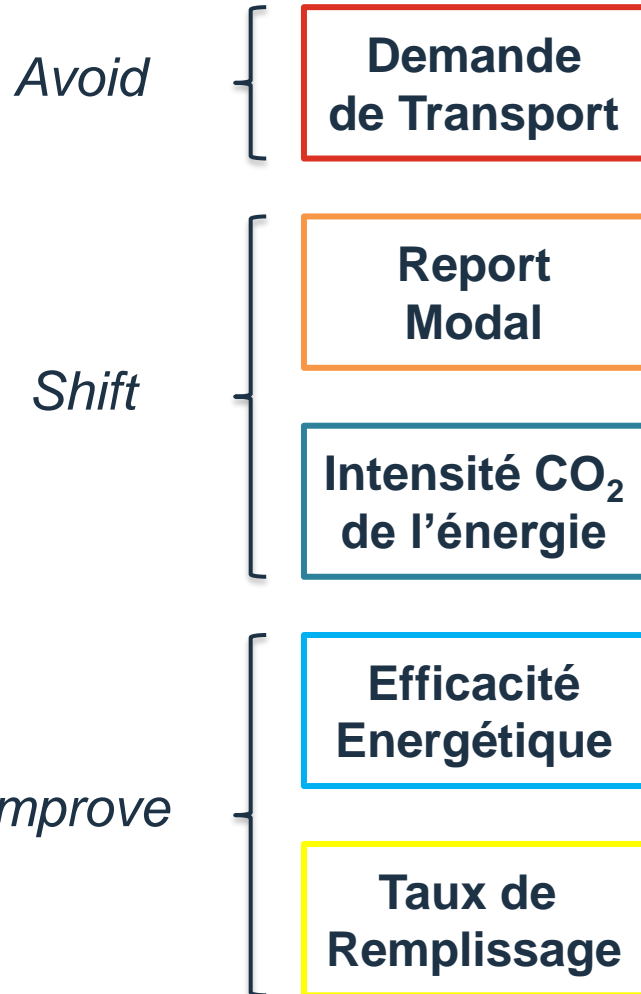
- Selon l'IAE (International Energy Agency), la trajectoire actuelle STEPS (STatEd Policy Scenario) conduit à un réchauffement moyen global de 3°C. Le scénario APS (Announced Pledges Scénario) reste insuffisant. Pour respecter les accords de Paris (COP21 - 2015), il faut emprunter la trajectoire NZE (Net Zero emission).
- 25% des émissions sont liées au transport, elles n'ont jamais baissé.



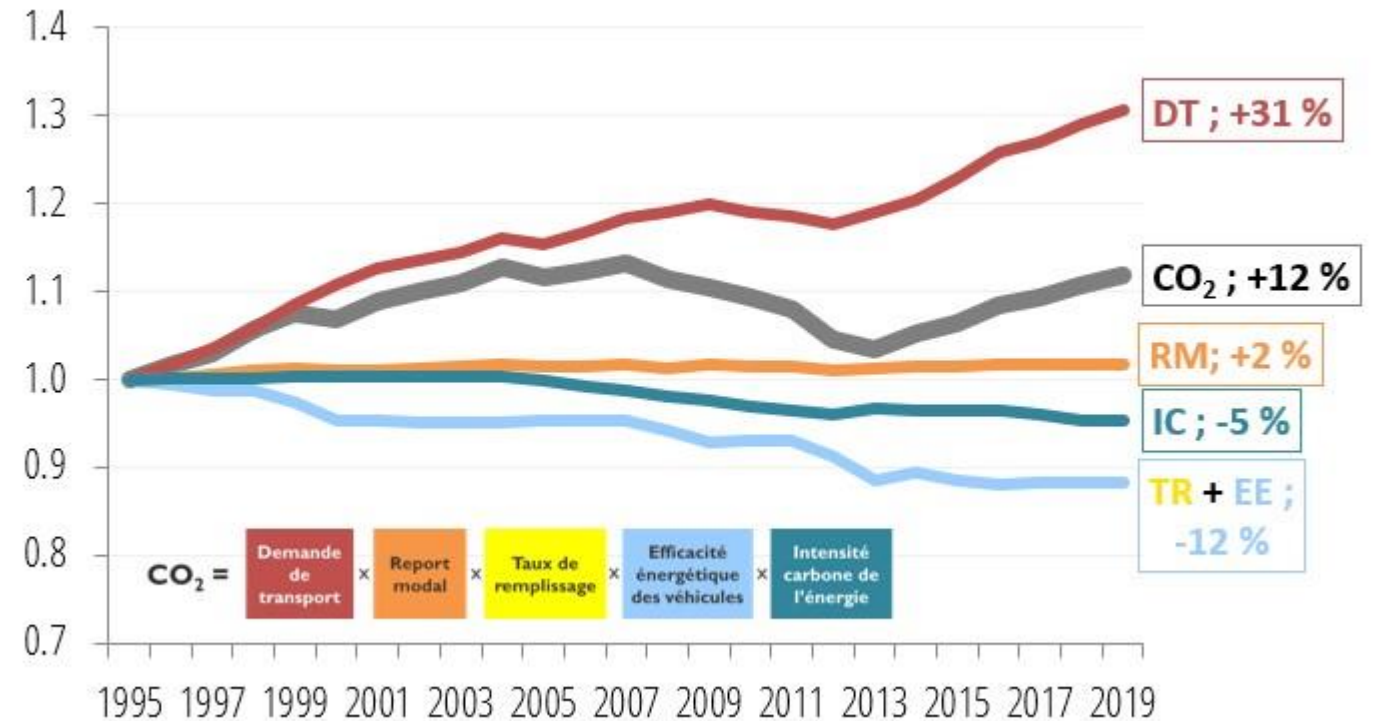
IEA. CC BY 4.0.

Source: [Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector, IEA, October 2021](#)

Quelles options pour une neutralité carbone dans les transports ?



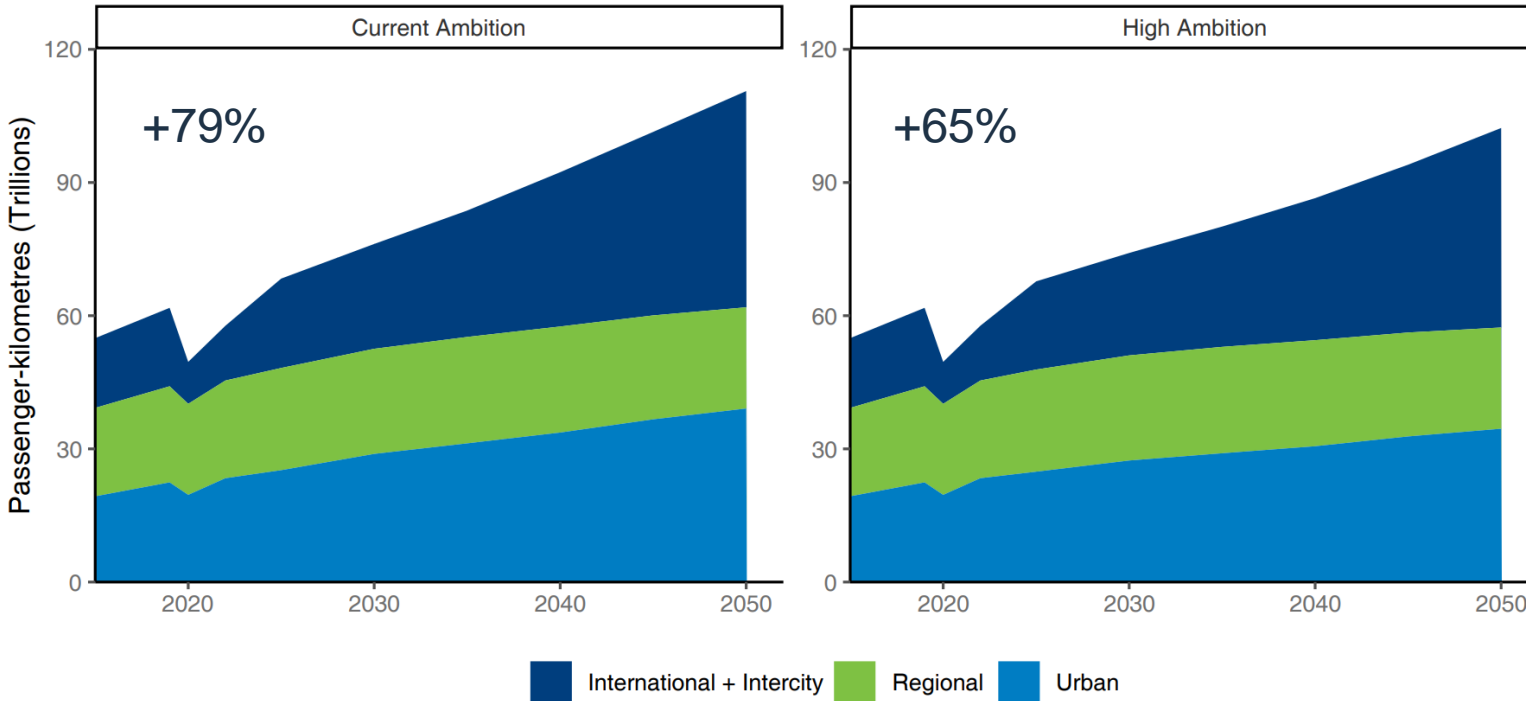
Décomposition de l'évolution des émissions de CO₂ liées au transport de voyageurs dans l'Union Européenne (1995 – 2019)



Source : « Quelles tendances des émissions des transports dans l'UE ? », Ariane Bousquet, Aurélien Bigo, Bruno Lapillonne et Laura Sudries, Enerdata, 2022

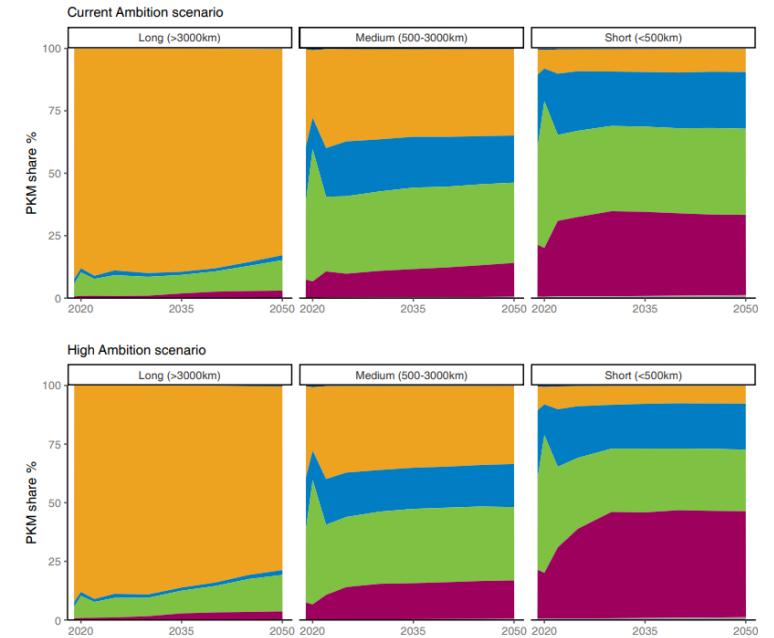
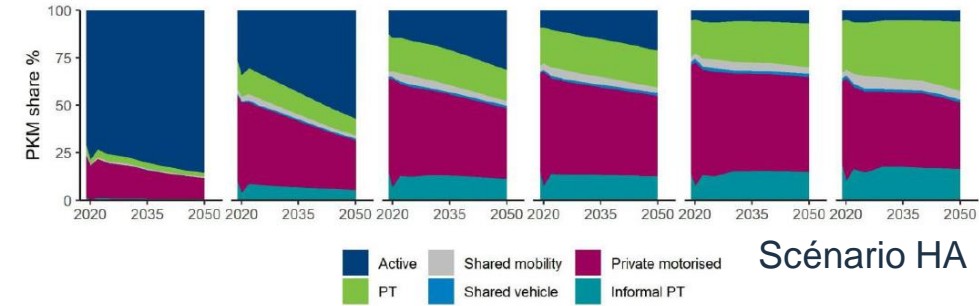
Evolution de la demande en transport dans le monde

Demande en Passager.Kilomètre selon les scénarios « Current Ambition » et « High Ambition »



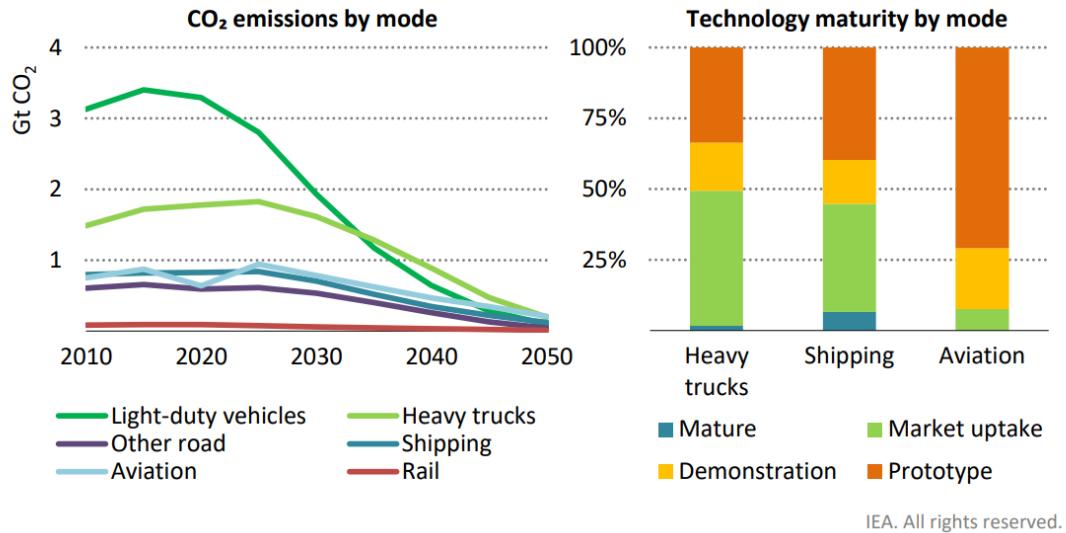
Source: [OECD ITF Transport Outlook 2023](#).

Demande en transport selon la distance et le mode



Impact CO₂ par mode de transport

Emissions & Technologie



Passenger cars can make use of low-emissions technologies on the market, but major advances are needed for heavy trucks, shipping and aviation to reduce their emissions

Source: [World Energy Outlook 2022, IEA, November 2022](#)

Evolution de la mobilité en France

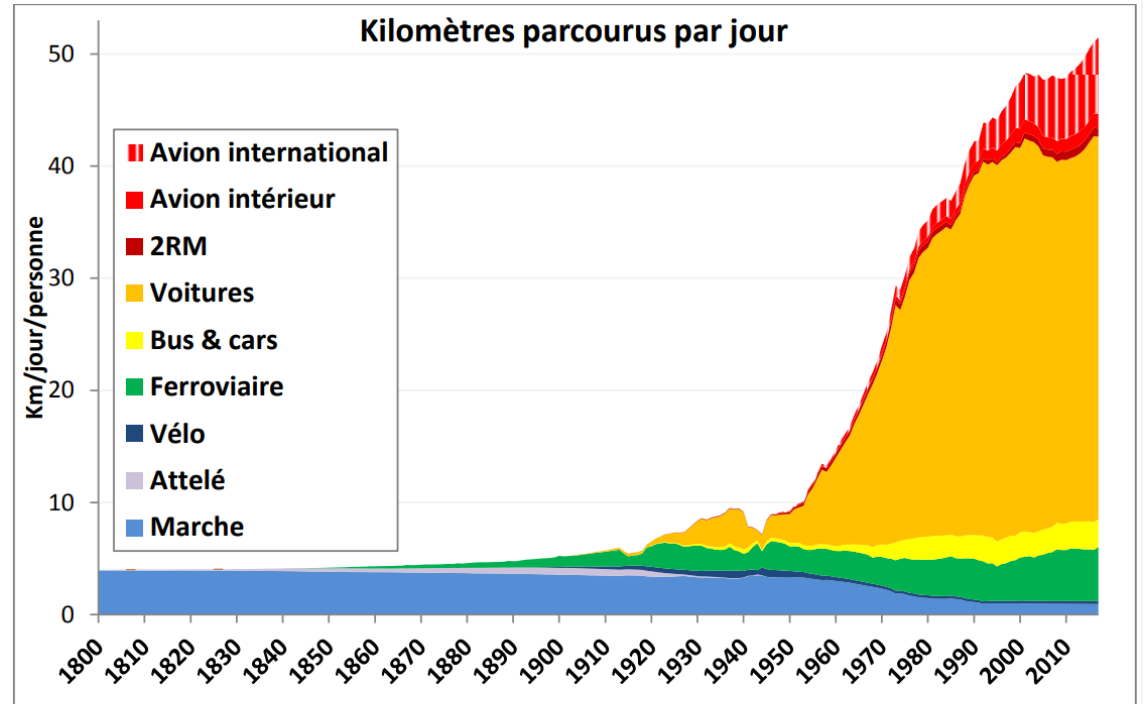
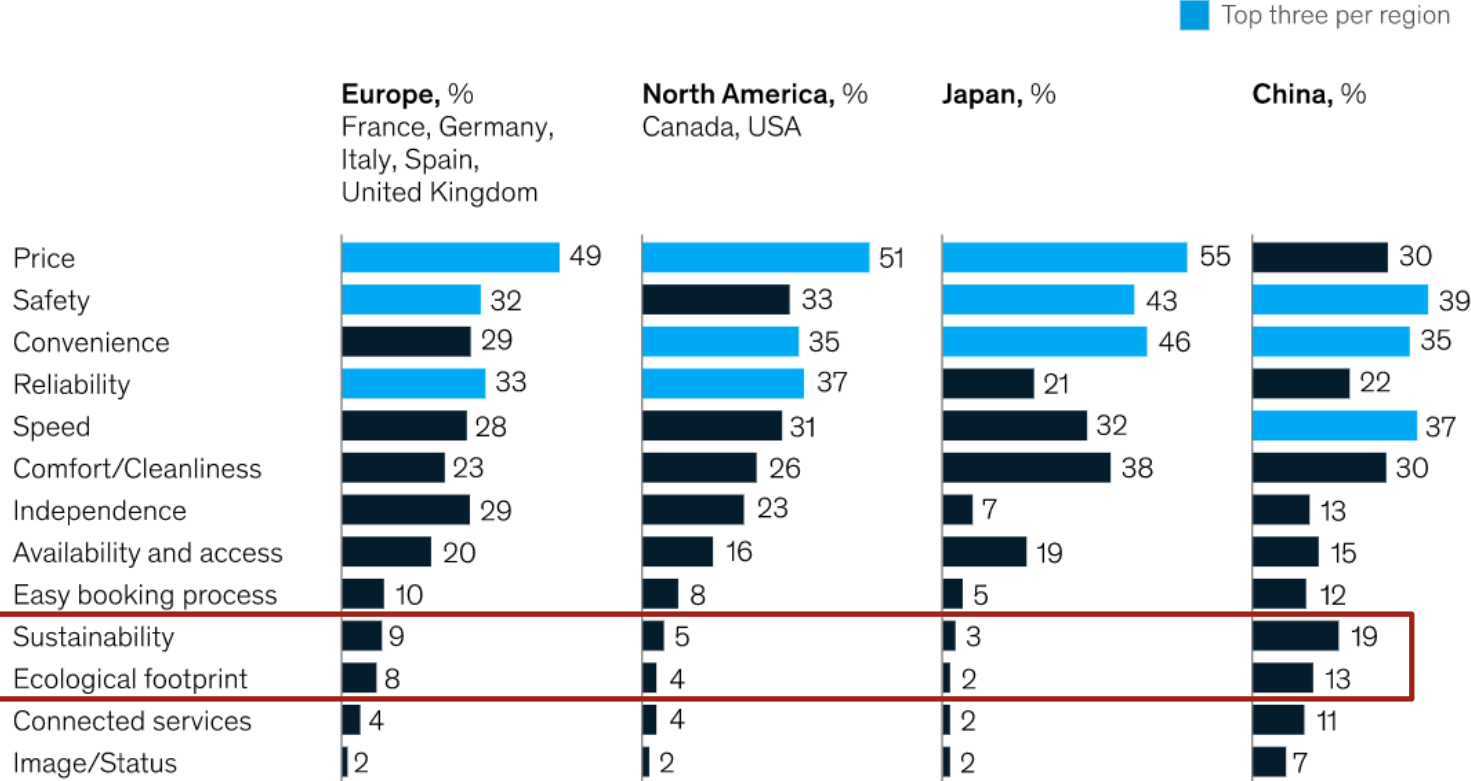


Figure 71 : Estimation du nombre de kilomètres par jour et par personne en France, 1800-2017
Schéma à partir de nombreuses données compilées, en particulier CGDD, SNCF, DGAC, Orselli, Grübler, Papon ; incertitudes importantes plus les périodes sont éloignées ; 2RM = deux-roues motorisés ; Voitures comprend aussi les VUL

Source: "Les transports face au défi de la transition énergétique. Explorations entre passé et avenir, technologie et sobriété, accélération et ralentissement. », Thèse de doctorat, Aurélien Bigo, Ecole Polytechnique, 2020.

Une demande tirée par le prix et l'expérience voyageur

Decision criteria towards choice of transportation, Share of respondents (selection of up to 3 criteria possible)



Source: « How to entice travelers to change tack to track », McKinsey & Company, February 2023

Figure 21: "Are you willing to pay more for flights if the airline offsets the carbon emissions associated with your flight?" (developed versus emerging countries)

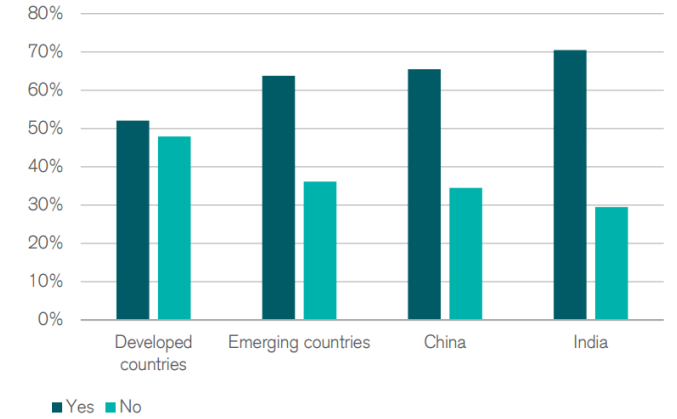
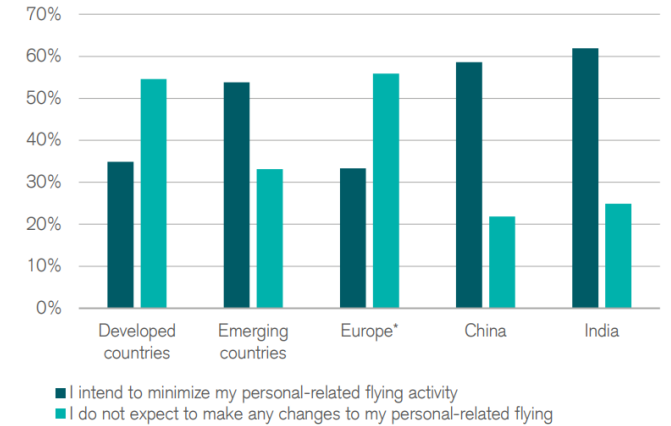


Figure 14: "Thinking of environmental concerns and flying, which of the following options describes your future situation best?" (developed versus emerging countries)

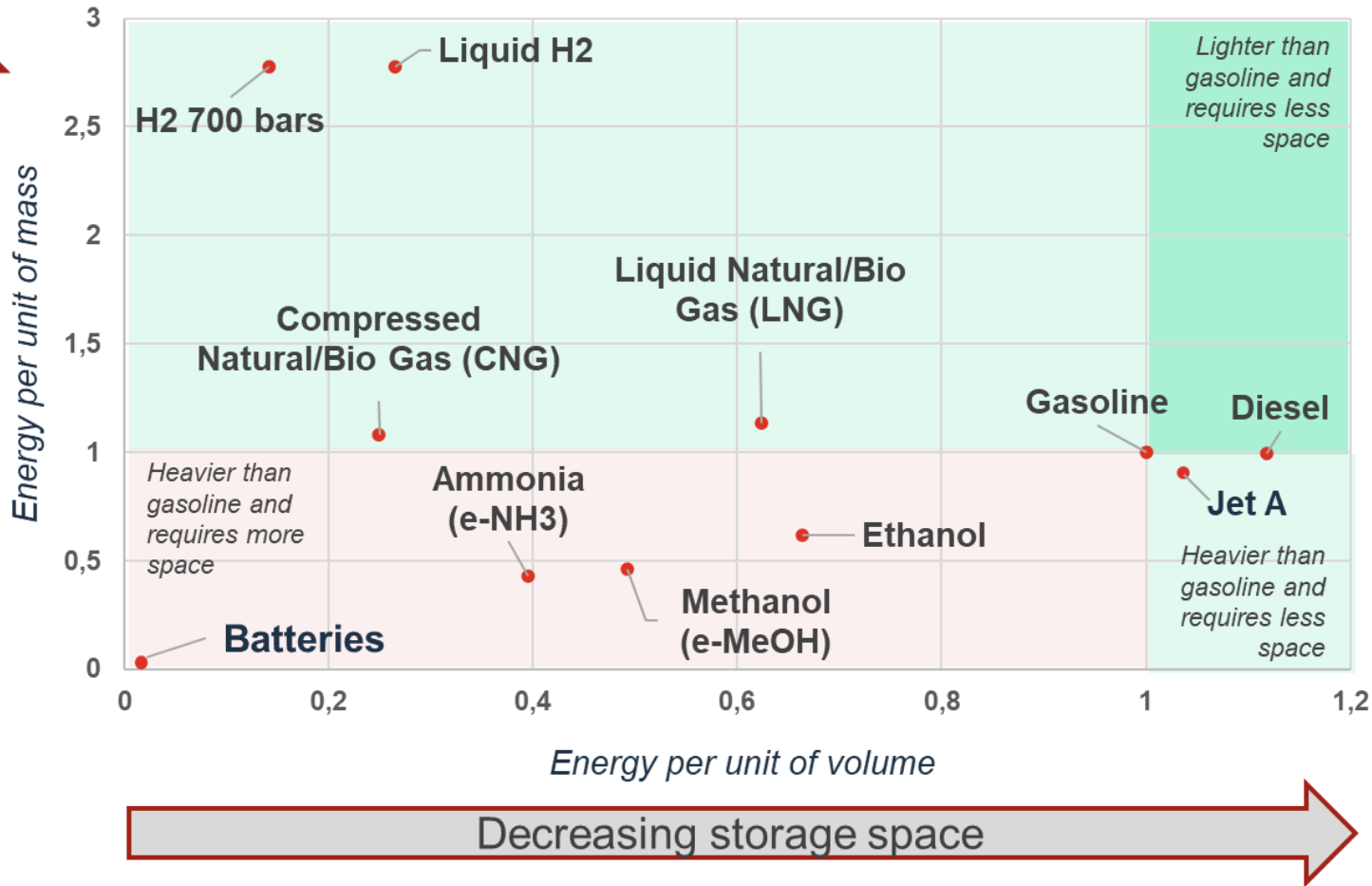


*Includes France, Germany, Switzerland and the United Kingdom
Source: Credit Suisse Sustainable Consumer Survey

Source: « The young consumer and a path to sustainability », Crédit Suisse, February 2022

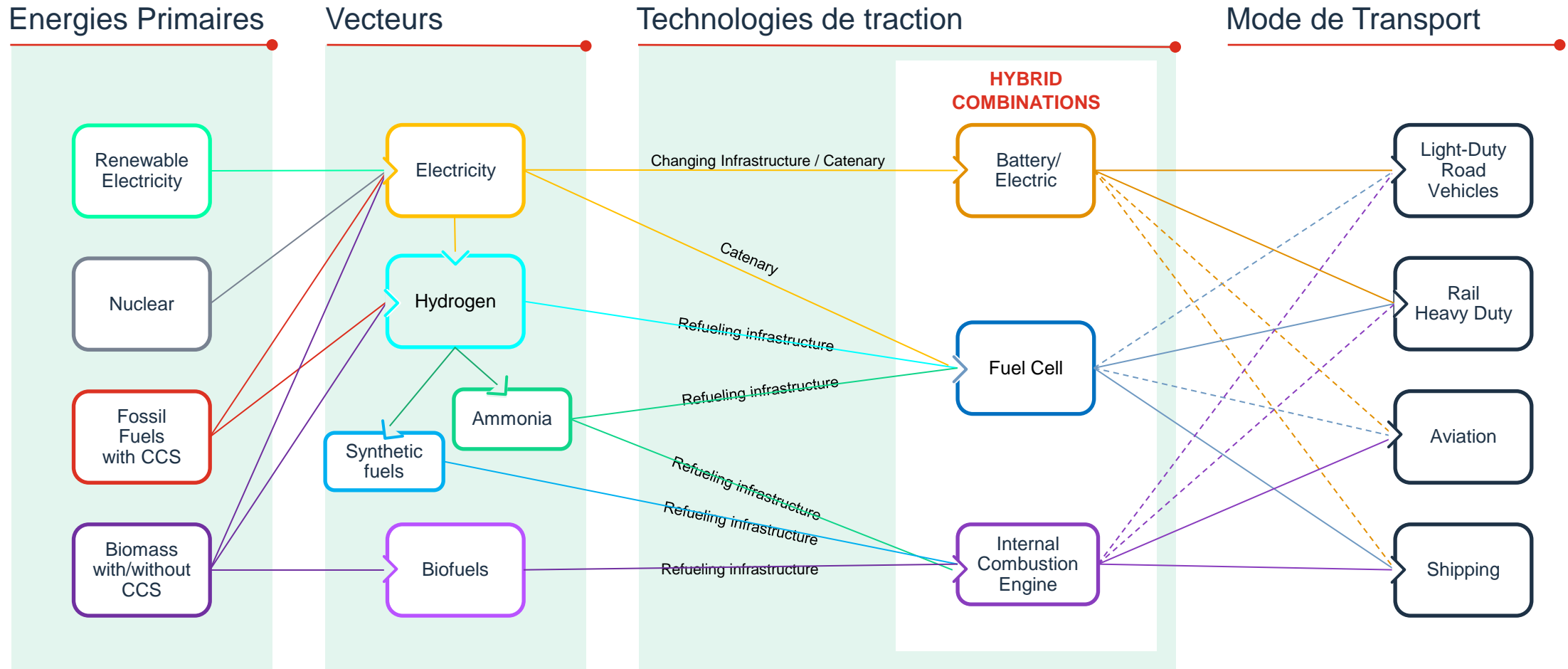
Intensité Carbone de l'énergie : les carburants bas-carbone

Lequel choisir ?



- **Les carburants de synthèse** sont fabriqués à partir de dioxyde de carbone ou de monoxyde de carbone capturés avec de l'hydrogène à faible teneur en carbone. Ils sont appelés électrocarburants ou e-fuels car l'hydrogène est obtenu à partir de sources d'électricité durables.
- **Les biocarburants de synthèse** sont définis comme des carburants synthétisés à partir de biomasse ou de déchets ou des biocarburants fabriqués à l'aide de procédés chimiques ou thermiques.
- **Les biocarburants** utilisent la biomasse et uniquement des procédés biologiques.

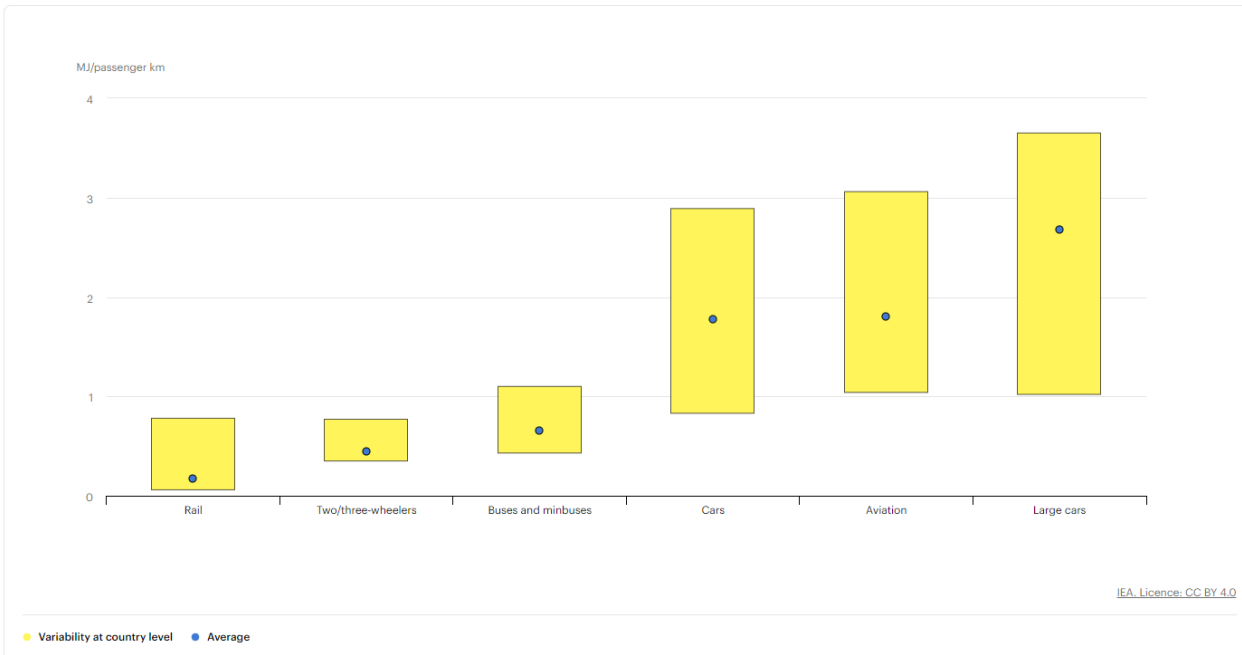
Les solutions bas-carbone pour les transports



Source: Energy pathways for low-carbon transport technologies, IPCC, 2022

Efficacité énergétique et Impact Carbone

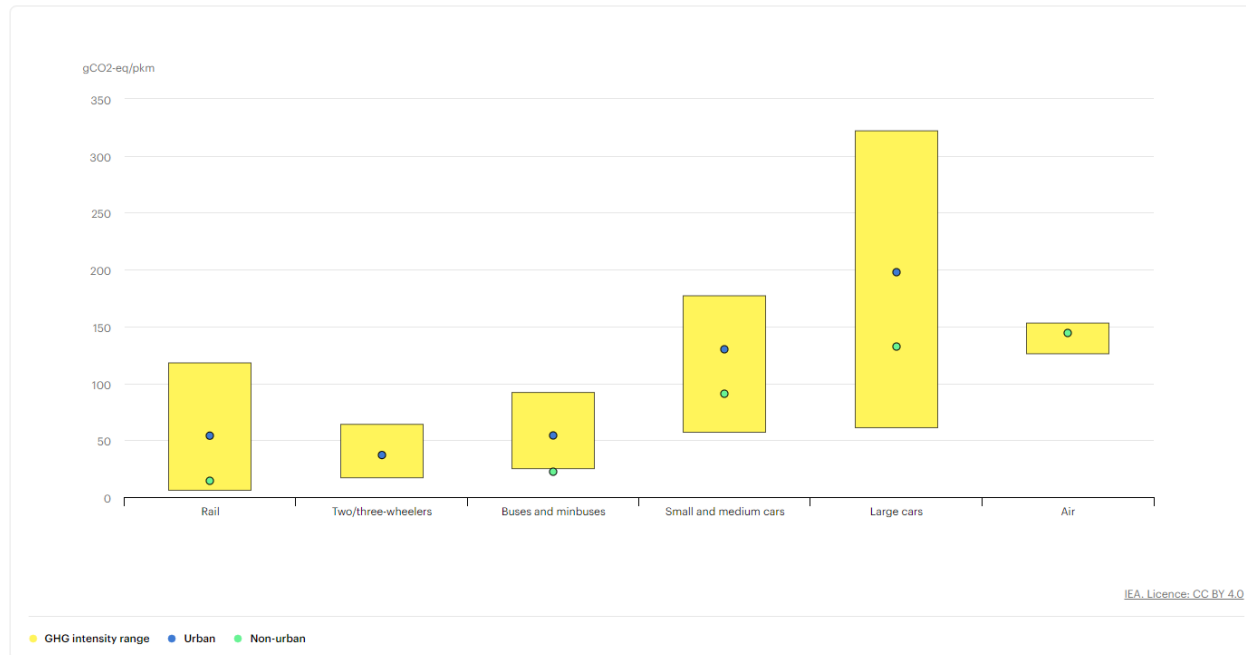
Intensité énergétique des modes de transport de passagers en 2018



Sources

IEA Mobility Model, Nov 2019 version.

Intensité carbone des modes de transport de passagers en 2019



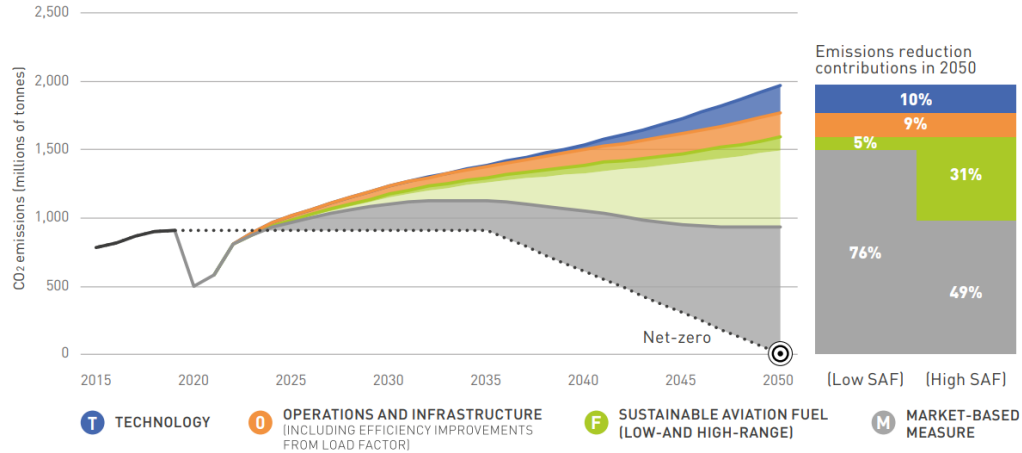
Sources

IEA Mobility Model, May 2020 version.

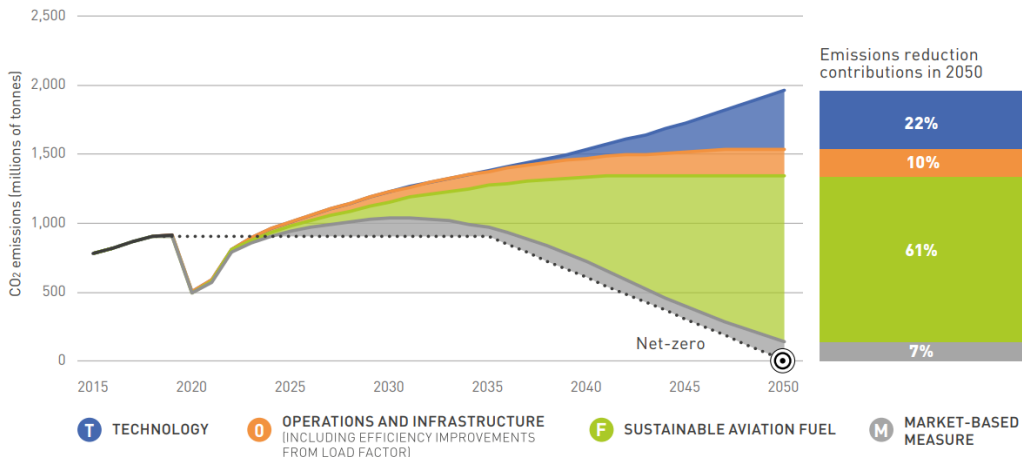
Note: gCO2-eq = grams of CO2-equivalent, "from well to wheel" ; pkm: passengers per kilometer

Décarbonation de l'aviation civile

Scenario 0: "Baseline / continuation of current trends"



Scenario 1: "Pushing technology and operations"

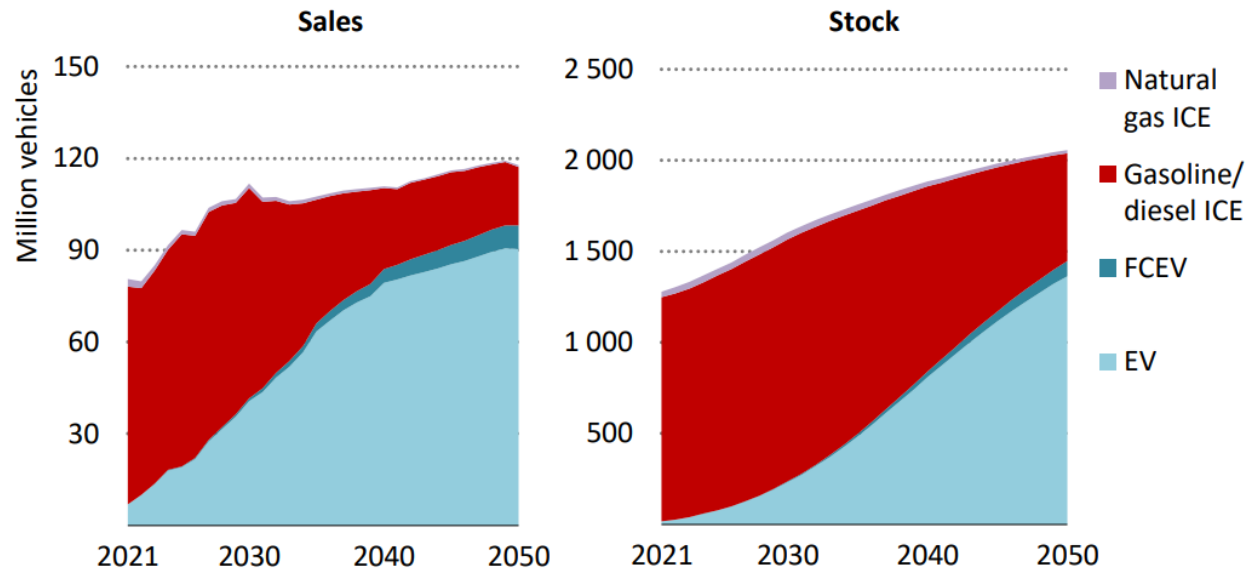


	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Commuter » 9-19 seats » < 60 minute flights » <1% of industry CO ₂	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Regional » 50-100 seats » 30-90 minute flights » ~3% of industry CO ₂	SAF	SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF	Electric or Hydrogen fuel cell and/or SAF
Short haul » 100-150 seats » 45-120 minute flights » ~24% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF	Hydrogen and/or SAF
Medium haul » 100-250 seats » 60-150 minute flights » ~43% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen	SAF potentially some Hydrogen
Long haul » 250+ seats » 150 minute + flights » ~30% of industry CO ₂	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF	SAF

Source: [Waypoint 2050, ATAG, 2021](#)

Décarbonation du transport routier

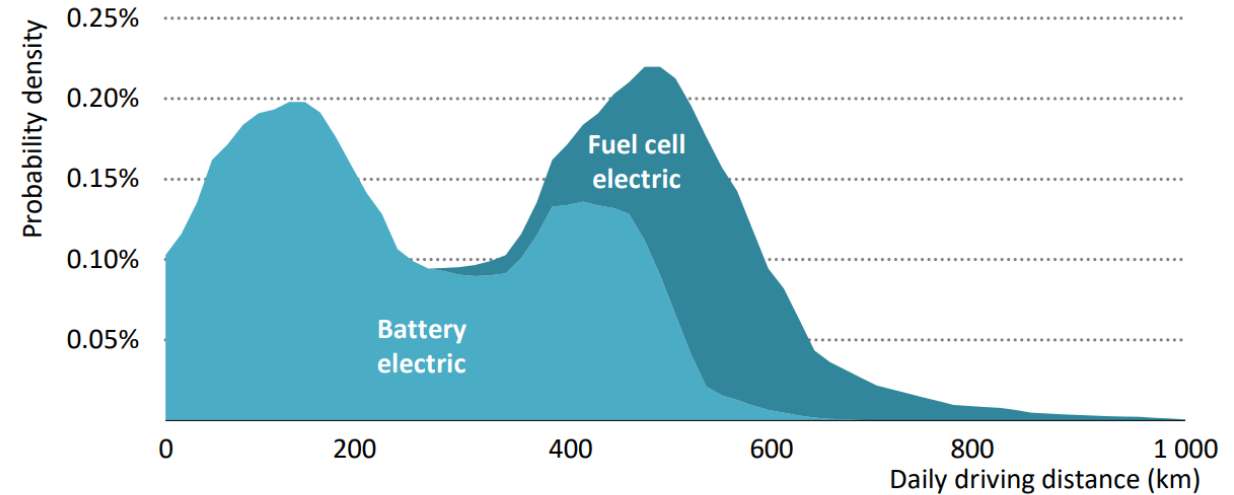
Stock et flux de voitures particulières par type dans le scénario APS



IEA. CC BY 4.0.

Even in scenarios that feature rapid reductions in sales of ICE cars, oil use in road transport does not disappear quickly

Répartition des poids lourds par distance journalière en 2050



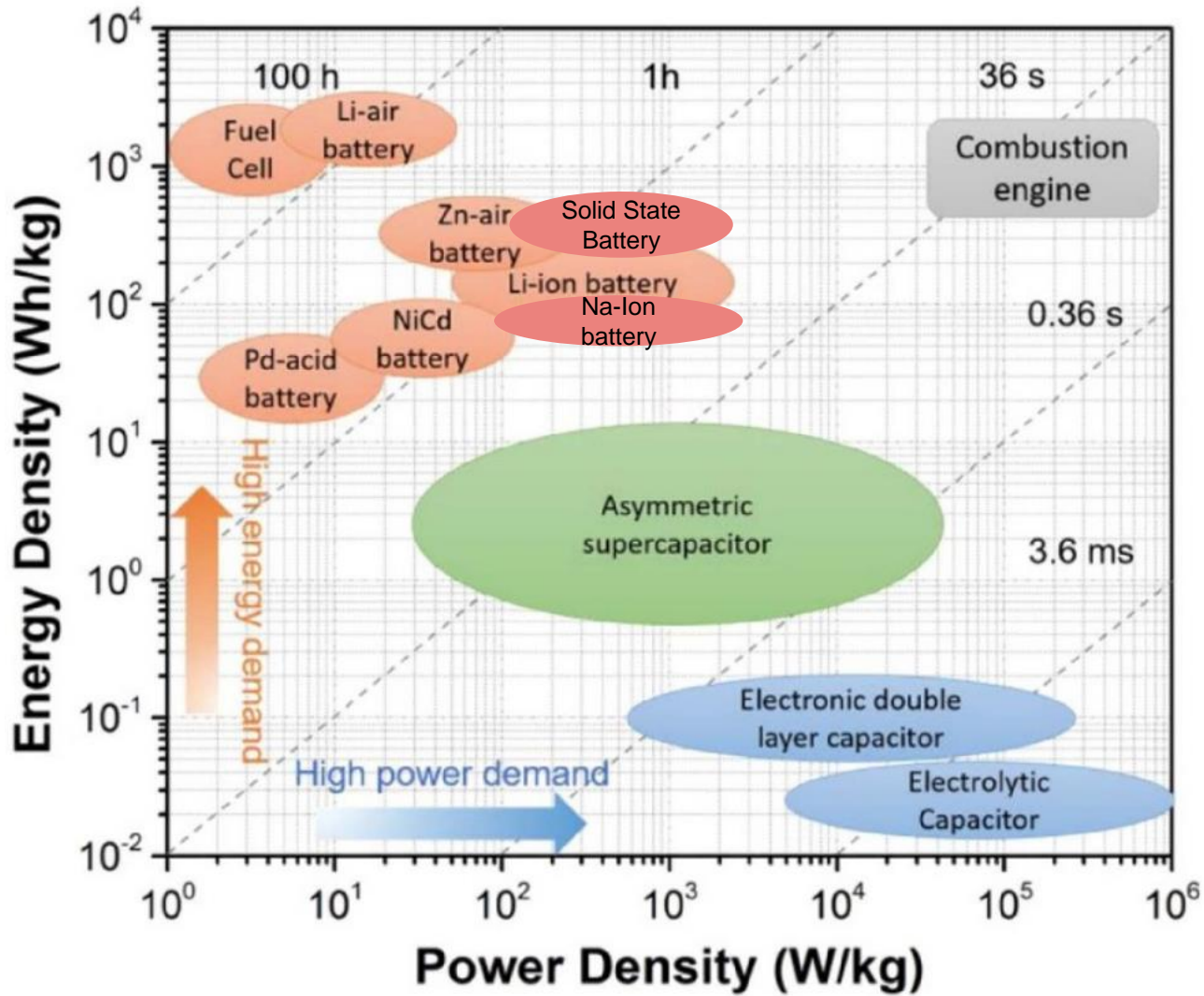
IEA. All rights reserved.

Driving distance is the key factor affecting powertrain choice for trucks

Notes: FCEV = fuel cell electric vehicle; ICE = internal combustion engine; EV = electric vehicle, which includes battery electric and plug-in hybrid models.

Source: [World Energy Outlook 2022, IEA, November 2022](#)

Batteries



Tesla Model Y avec batteries Li-Ion (500km)



Volkswagen / JAC EX-10 avec batteries Na-Ion (200km)

Décarbonation du ferroviaire



Solutions ferroviaires

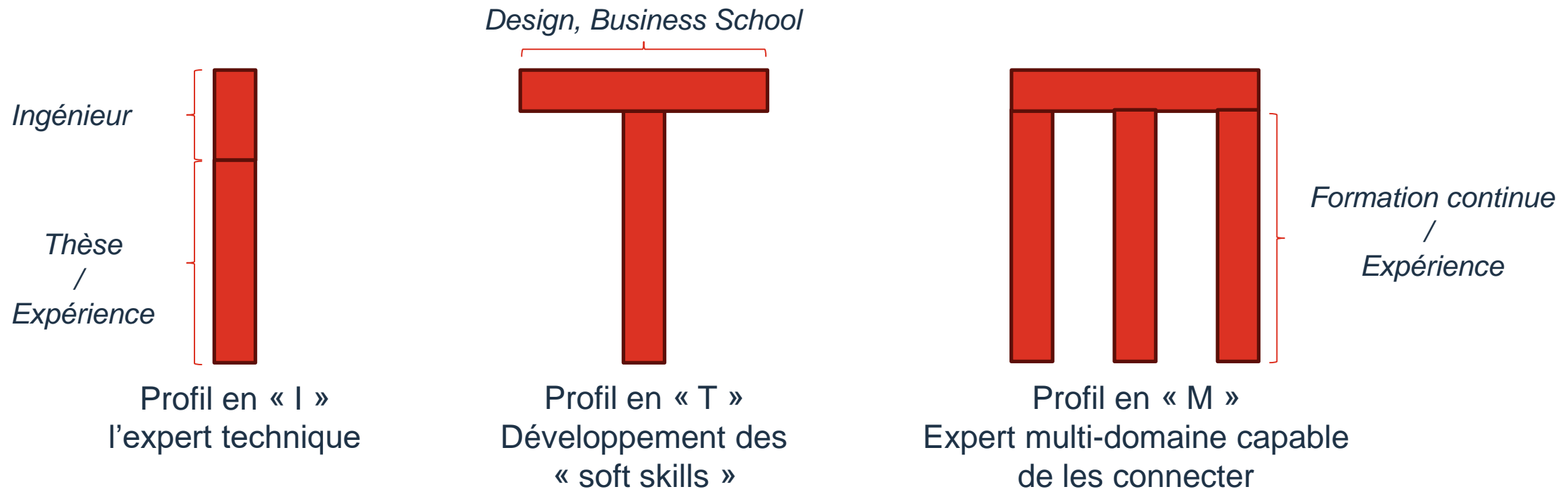
- Déjà le système de transport le plus économe en énergie par passager (contact rail/roue et traction électrique)
- Thèmes de R&D : Amélioration du groupe motopropulseur, réduction du poids, aérodynamique et systèmes de climatisation plus efficaces, mode d'éco-conduite, freinage régénératif, optimisation au niveau du système, électronique de puissance à haut rendement de conversion, ...



TGV M - Avelia Horizon : plus capacitaire (+20 %), plus abordable (-20 %), moins d'énergie (-20 %) et moins cher à entretenir (-30 %), nouvelle expérience voyageurs

Quels ingénieurs en 2025?

- Un environnement technologique de plus en plus sophistiqué : un besoin d'expertise dans plusieurs domaines scientifiques, l'éco-conception, les sciences de gestion...
- L'innovation à la frontière entre domaines, besoin de diffuser son expertise, d'appréhender la complexité, d'inspirer et manager des équipes, de prendre des risques...



ALSTOM
• mobility by nature •



Merci !