

Transport aérien futur

Vue d'ensemble

programme de spécialité “Mobilités”, Sigma, janvier 2023

Jean Hermetz* et al.

*Chargé de Mission *Nouvelles configurations et systèmes propulsifs avancés*

Jean.hermetz@onera.fr

Transport aérien futur

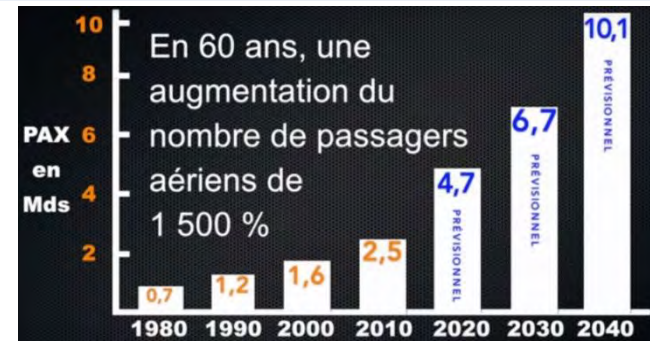
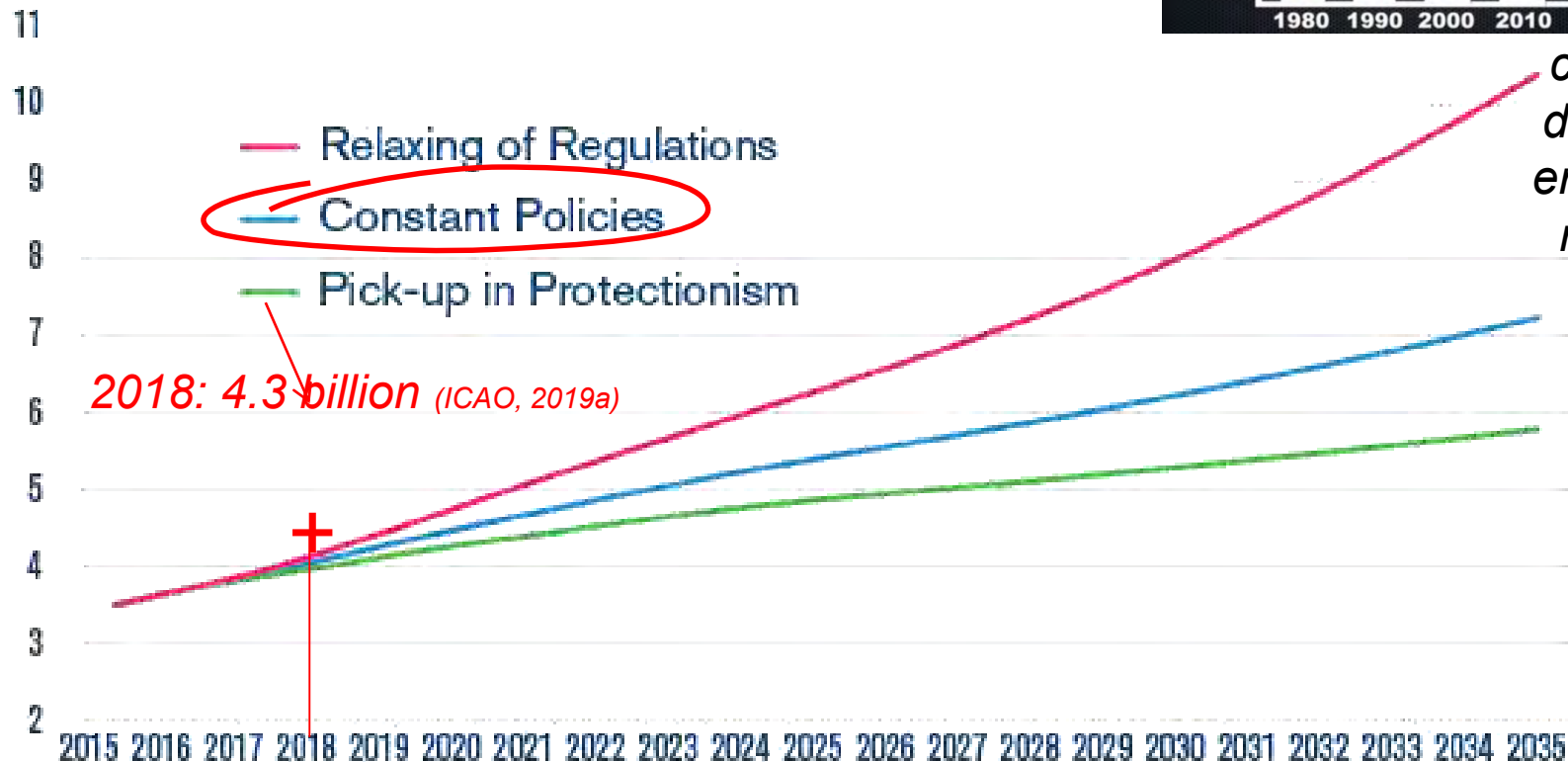
Contexte, données-repère et ordres de grandeur

Situation du transport aérien

L'évolution du marché...avant COVID

Pax billion (segment basis)

Source : IATA 2016



croissance de 3.7%/an en moyenne mondiale

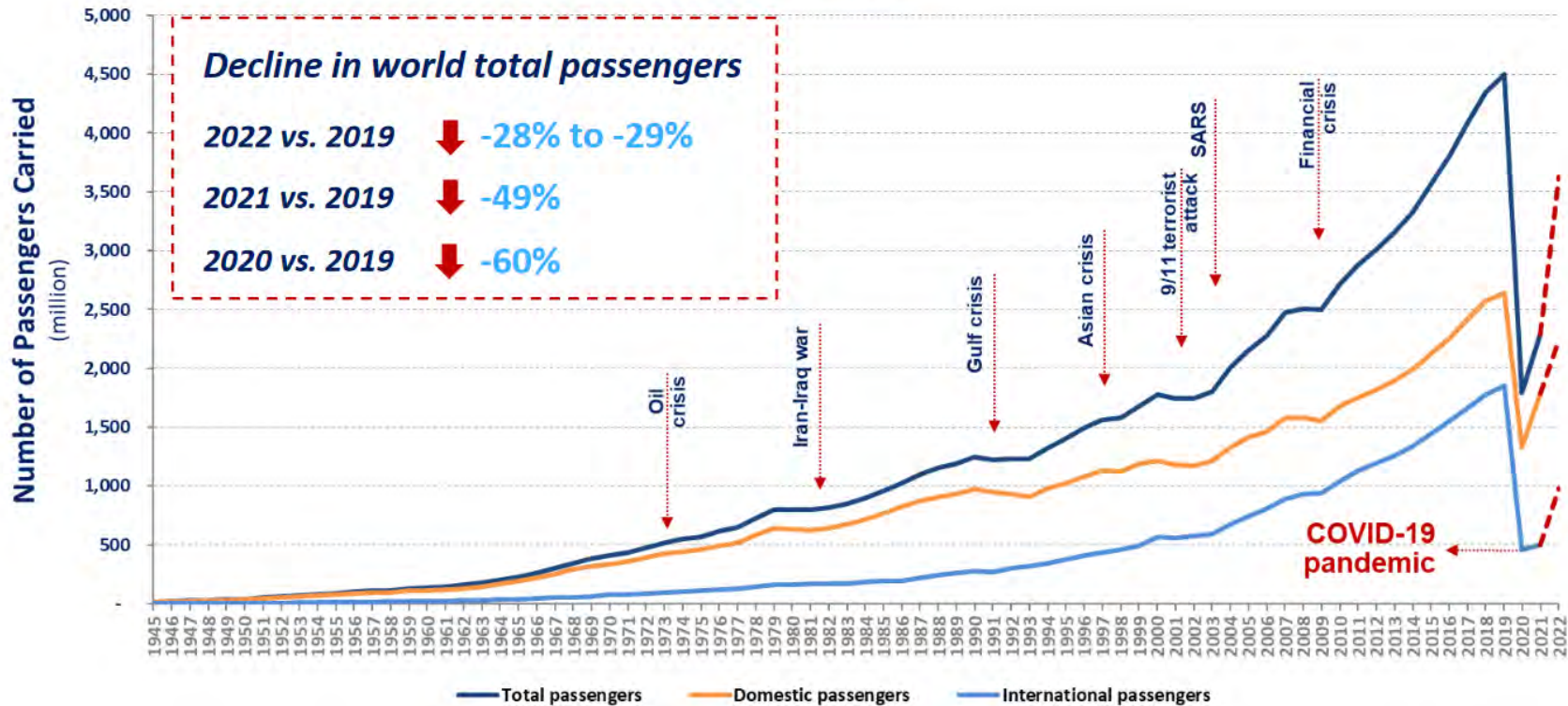


Janv. 2023

Vision du marché du transport aérien – Impact COVID-19

Retour à la normale :
2024 ou 2025 ?
UE, 2022 : 83% de 2019

World passenger traffic evolution 1945 – 2022



https://www.icao.int/sustainability/Documents/COVID-19/ICAO_Coronavirus_Econ_Impact.pdf

Transport aérien et changement climatique

Part des transports dans les émissions mondiales de CO₂ d'origine humaine



Transports : 13,1 % des émissions de GES mondiales

Source : JPC 4th assessment report (2007)

2007 : 2.5 %

(2018) **Le transport aérien contribue actuellement pour 3.5% du réchauffement climatique d'origine anthropique**

- 1/3 directement dû aux émissions de CO₂
- 2/3 issus des cirrus produits par les traînées de condensation

“Global air transport accounts for 3.5 percent of anthropogenic climate warming. It is also apparent that only one third of aviation's climate impact is due to carbon dioxide emissions and two thirds to non-carbon-dioxide effects, with contrails and the resulting cirrus clouds being the most significant factor”

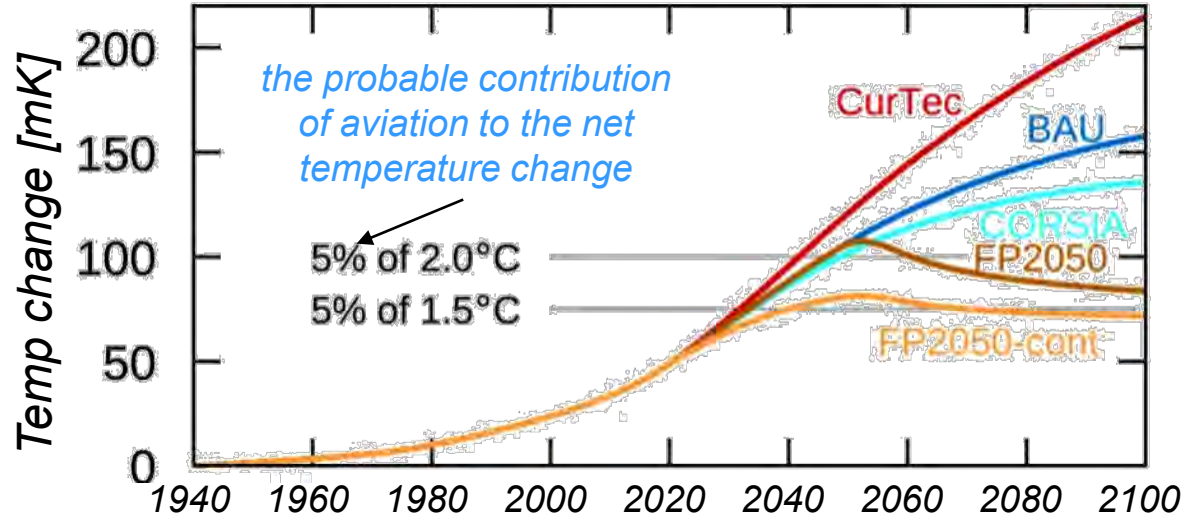
The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018, [elsevier, 03 sept. 2020](#)



De grosses incertitudes subsistent sur l'impact climatique des effets non-CO2

*Selon les hypothèses de croissance du trafic, à iso technologie, la contribution du transport aérien pourrait attendre **12 à 27%** des émissions de GES (Gaz à Effet de Serre) en 2050*

Recent studies on Climat impact of Aviation (Air transport)



Here we close these gaps and show that the emissions goals set by Flightpath 2050 very likely will stabilise aviation's climate impact, though the sector's contribution to global warming remains considerable. Contrarily, we find that ICAO's offsetting scheme, CORSIA, will surpass the climate target set to support the 1.5 °C goal between 2025 and 2064 with a 90% likelihood.

Short Name	Long Name	Description
CurTec	Current Technology	Current (2012) technology is used as-is and no further political measures are implemented= 'What happens if nothing happens'= 'NoAction'
BAU	Business as usual	Business as usual increase in fuel efficiency without any specific aims to reduce the climate impact of aviation
CORSIA	Carbon-Offsetting Scheme	As BAU, a with carbon neutral growth from 2020 onwards
FP2050	Flight-Path 2050	As BAU, but including technology advancements, which are introduced according to Flightpath 2050
FP2050-cont	Flight-Path 2050, continuous implementation	As FP2050, but technology advancements are introduced earlier and a smooth transition is realised

CORSIA is the Carbon Offsetting and Reduction Scheme for international Aviation of the International Civil Aviation Organisation (ICAO), see e.g. www.icao.org

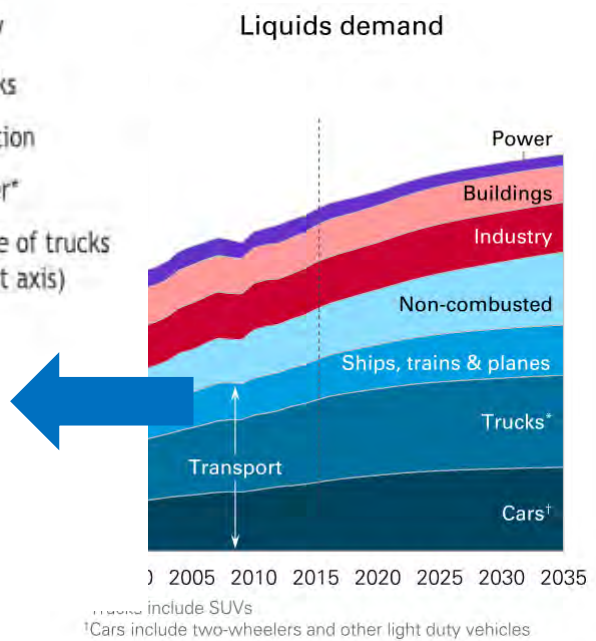
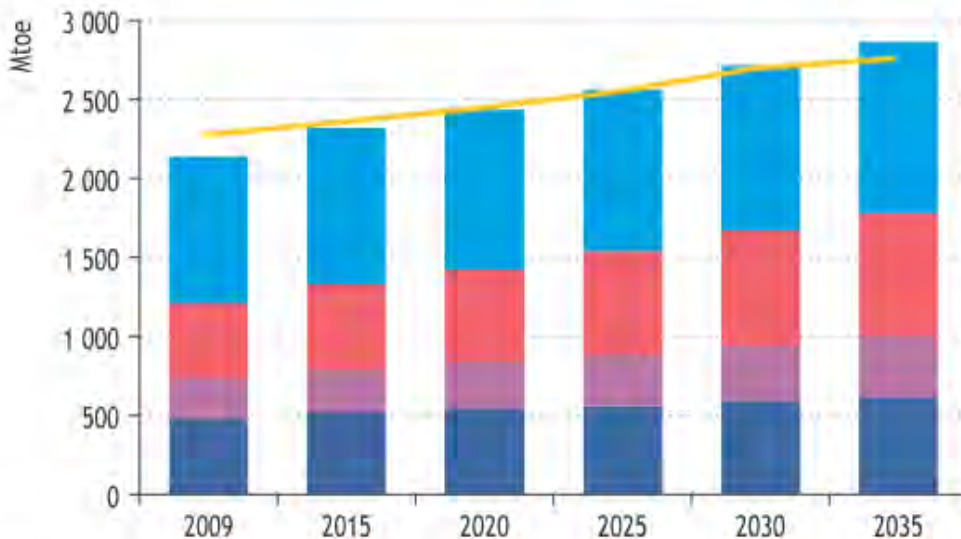
Evaluating the climate impact of aviation emission scenarios towards the Paris agreement including COVID-19 effects - <https://www.nature.com/articles/s41467-021-24091-y>

Situation du transport aérien

Ressources fossiles et perspective de la demande

Key issues: Abundant oil resources

There is an abundance of oil resources...



*Includes other road, rail, pipelines, navigation and non-specified.

*Based on range of outcomes shown on page 88

2017 Energy Outlook

50

© BP p.l.c. 2017

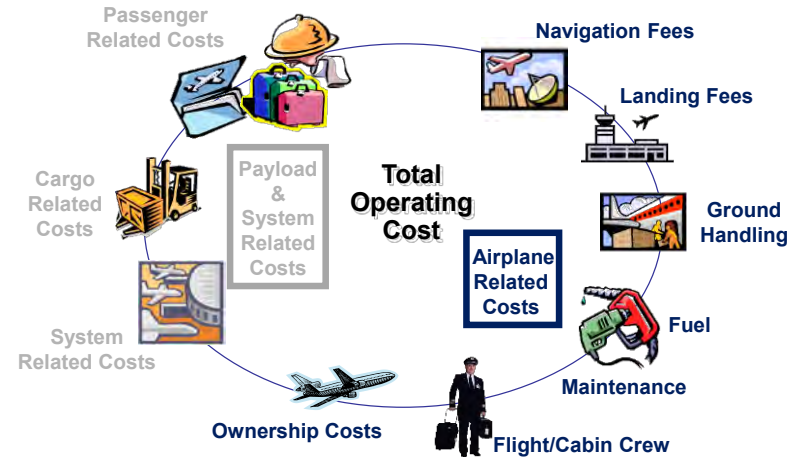
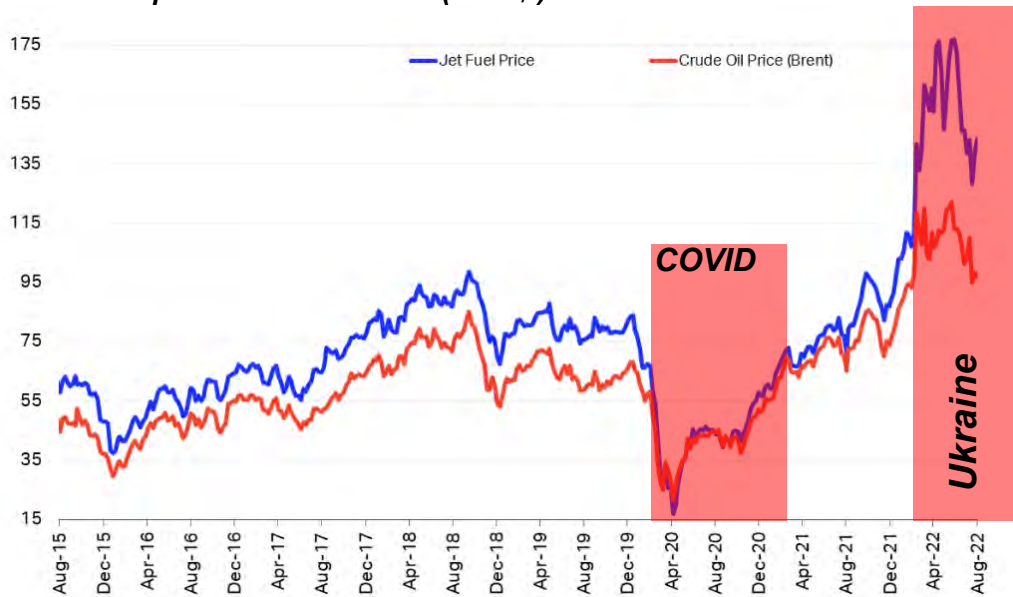
Source : 2017 energy Outlook, BP

Janv. 2023

Vision à confirmer car issue d'un producteur de pétrole 😊
 A pondérer vis-à-vis du coût final (extraction, protection environnement...)
 La diminution de la production de pétrole de schiste (US) prévue à court terme
 (et amorcée dès 2020) pourrait changer la donne

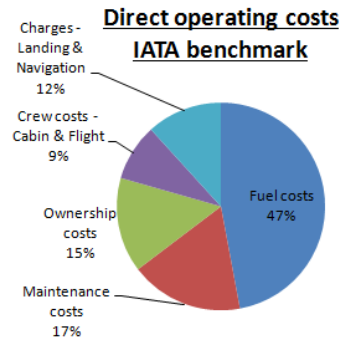
Situation du transport aérien – Vision économique

Évolution, en dollars constants, du coût du baril de brut Jet fuel price evolution (US\$)



<https://www.iata.org/en/publications/economics/fuel-monitor/>

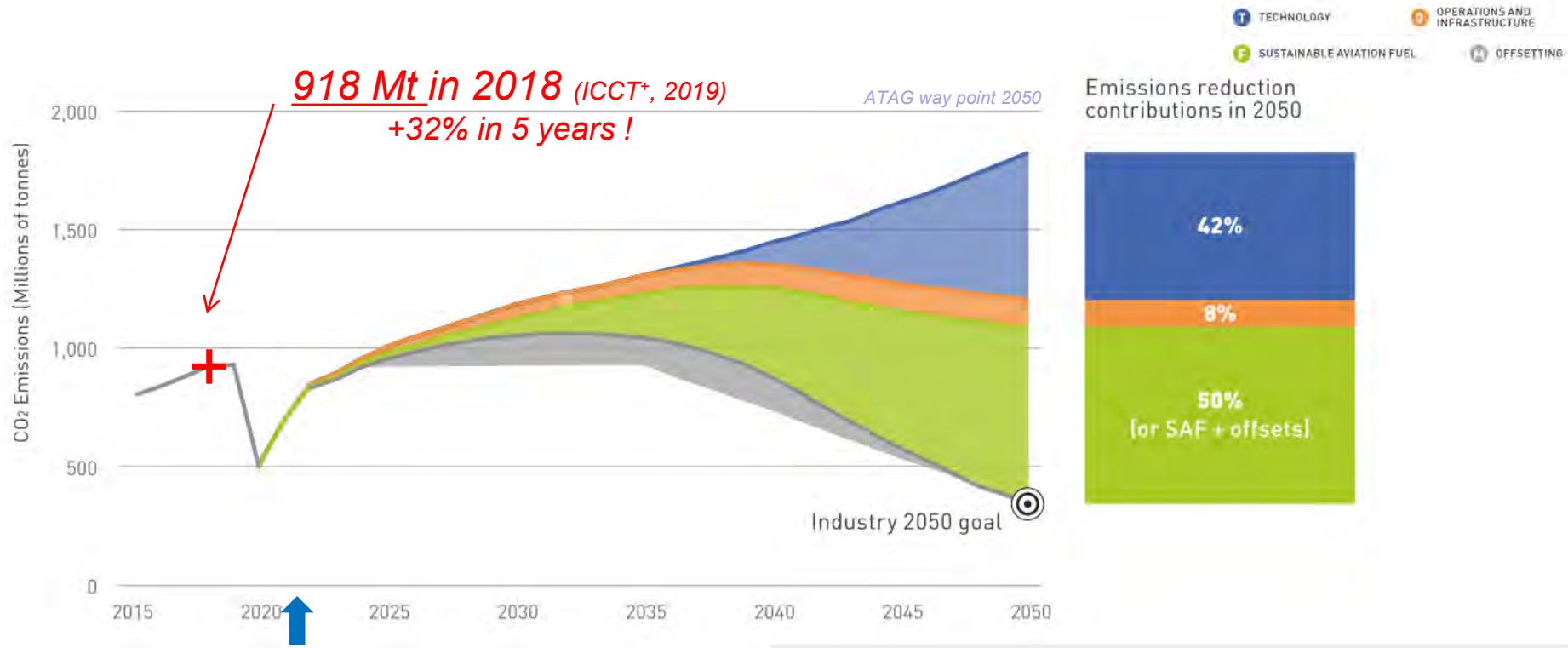
Le carburant reste l'un des principaux postes du Coût d'exploitation Direct (DOC) – entre 30 et 50 %



	Fuel	Total Direct Op. Costs	% Fuel Cost	Operating Hours
B727-200/231A	4,086	12,095	34%	4,420
B737-200C	2,424	5,061	48%	913
B757-200	3,525	9,181	38%	5,602
B767-300/300ERr	4,747	8,815	54%	7,477
DC-9-40	5,045	11,484	44%	1,702
DC-10-30CF	7,526	14,086	53%	4,007
A300-600/R/CF/RCF	5,252	12,111	43%	5,604
A310-200C/F	5,108	14,848	34%	4,079
MD-11	7,343	15,139	49%	6,607
B747-100	10,983	16,406	67%	1,457
B747-200/300	10,076	15,295	66%	2,424
B747-400	8,899	13,838	64%	3,488
B747F	11,181	16,583	67%	5,726

US DOT 41 – 2006

Nouvelles technologiques et environnement



CORSIA** EIS 2021

CO₂ emission based on 3.16 kg of CO₂ per 1 kg of fuel burn

Objectifs ACARE* 2020 - 2050

- Réduction des émissions de CO₂ de 50 % à 75 %
 - Réduction des émissions de NO_x de 50 % à 75 %
 - Réduction du bruit perçu de 50 % à 65 %
- Base : 2005

+ International Council on Clean Transportation –
https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_CO2-commerci-aviation-2018_20190918.pdf

** Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation

*Advisory Council for Aviation Research and innovation in Europe

Nouvelles technologiques et environnement

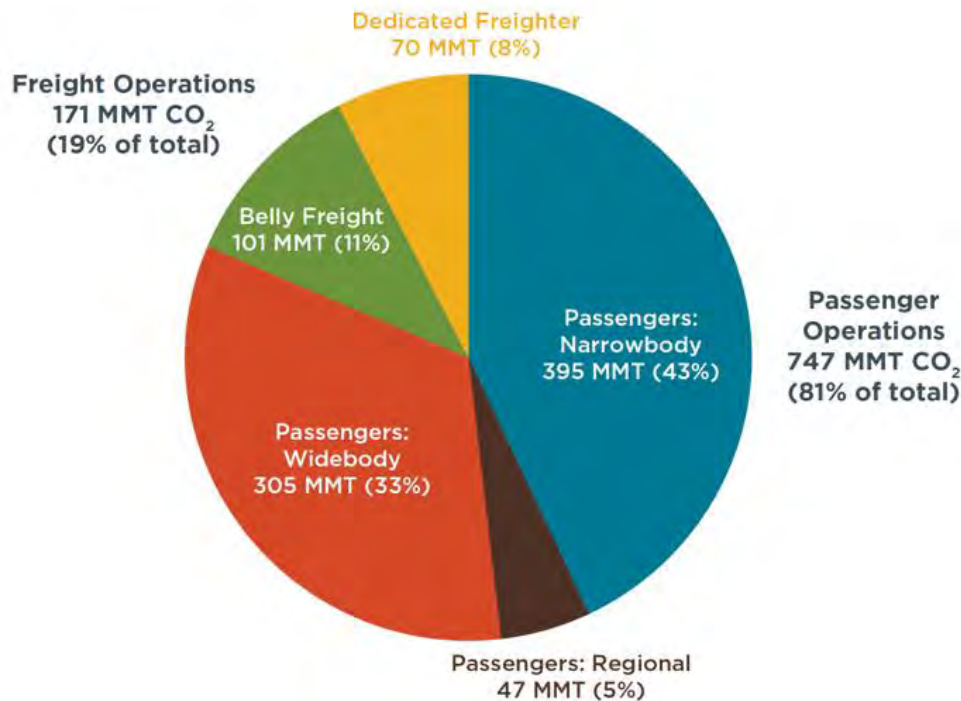
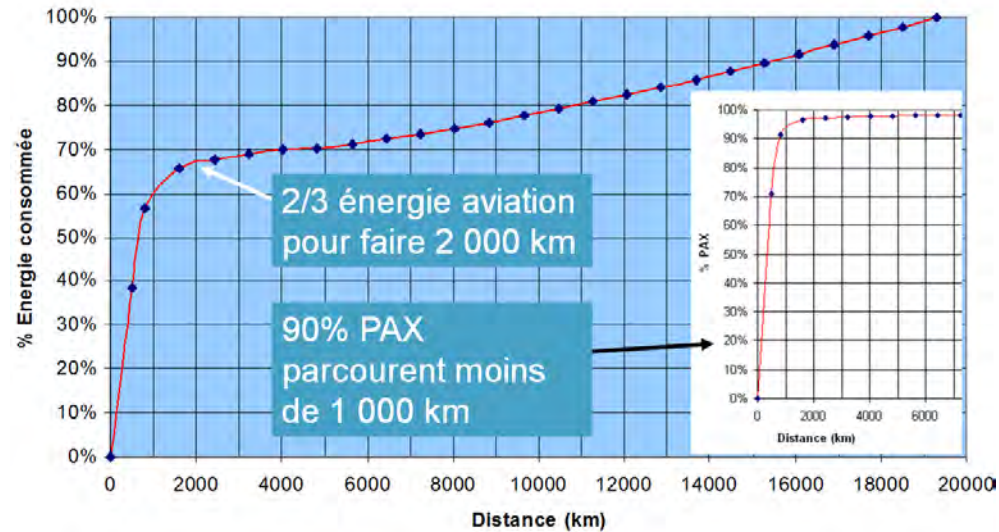
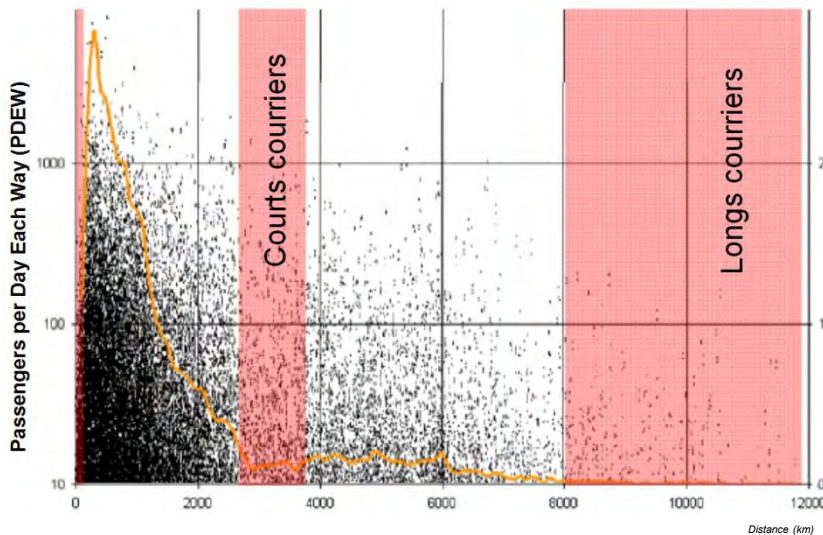


Figure 1. CO₂ emissions in 2018 by operations and aircraft class

- 85% of emissions derive from passenger transport.
- On average, passenger aviation emitted 90 grams of CO₂ per passenger-kilometer in 2019
 - a decrease of 2% from 2018 and of 12% from 2013.
 - Thus, airlines remain on track to meet their goal to improve fuel efficiency by 2% per year for international flights.
- three largest passenger markets in 2019
 - United States (23% of CO₂),
 - the European Union (19%),
 - China (13%).
 - Collectively, they accounted for more than half of CO₂ from passenger operations.
- 19% of CO₂ from commercial aviation in 2019 was linked to passenger movement in premium seating (first and business classes), higher than the share from air freight.
- A passenger in premium class emitted 2.6 to 4.3 times more CO₂ per kilometer than a passenger in economy class, depending on aircraft class.

Le marché du transport aérien actuel

NASA, SUGAR phase I report, 2011

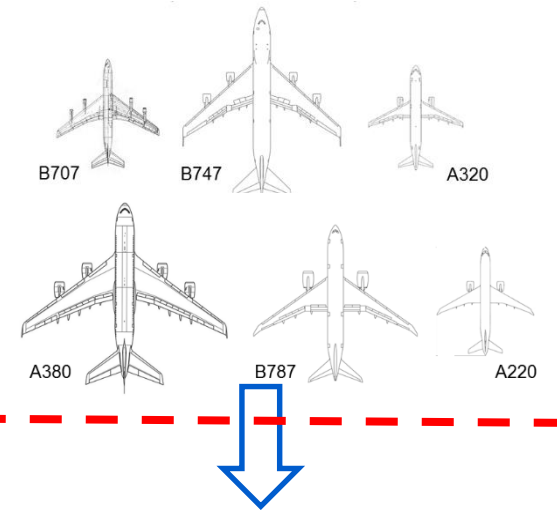
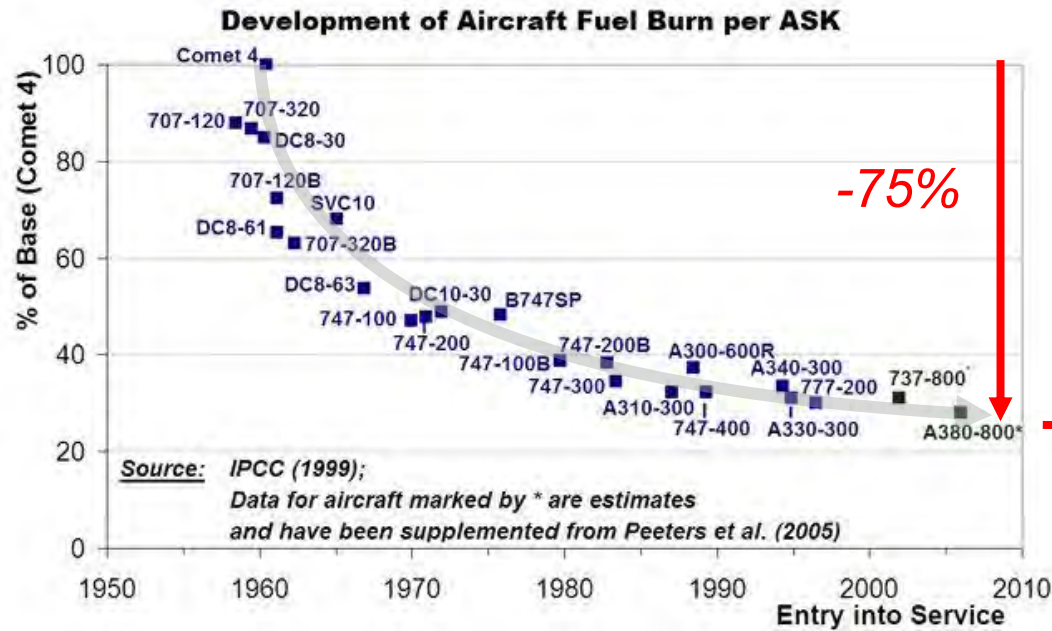


➡ 90% des passagers parcourent moins de 1 000 km

*En terme de demande, l'essentiel se situe sur de courtes distances
Une cible pour des avions futurs, notamment à propulsion hybride ou H2 ?*

How to reach pollutant emission reduction ?

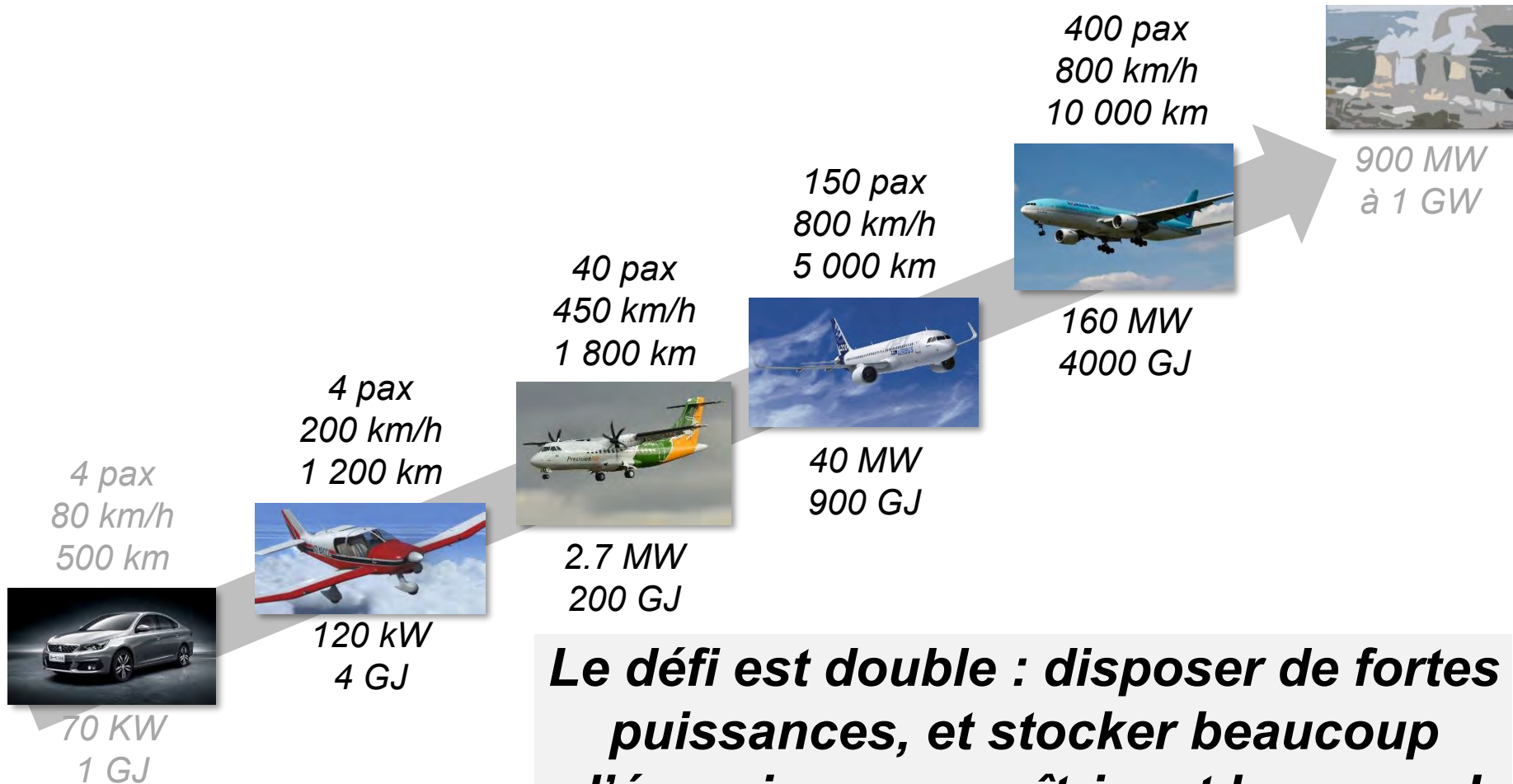
Emission's reduction needs from technologies: 30 to 50%, not consistent with trends from the 60's



Disruptive configurations

Puissance et énergie embarquée

Quelques ordres de grandeur



Le défi est double : disposer de fortes puissances, et stocker beaucoup d'énergie ... en maîtrisant la masse !

Transport Aérien futur

Prospective transport aérien 2050

Etude menée dans le cadre EREA, 2010-2011

EREA VISION Study on future ATS

EREA, 2010-2011*

Actualisée en 2020



Research paths for a viable air transport system in 2050

**European Research Establishment Association*

4 Scenarios

UNLIMITED SKY

- Overused airspace
- Wide variety of air vehicle types
- Multiple uses & players



REGULATORY PUSH PULL

- High transport demand
- Large number and wide variety of players
- Awareness of need for regulations



Global

Economy

FRACTURED WORLD



Regional

Ecology

DOWN-TO-EARTH

- Strong societal will to limit use of natural resources
- Airspace reserved to priority missions, Air mobility limited to missions in the public interest



- Juxtaposition of the 3 scenarios
- Decrease of international flights between "blocks"
 - Increased security requirements

La mise à jour 2020

<https://erea.org/erea-vision-studies/>

Deux déclinaisons de Regulatory Push-Pull

Soutenabilité très présente, coordination entre grands blocs géo-politiques voire approche globale

~Fractured World

~Unlimited Sky



Mad Max



Tech for You



Stripping Down



Optimising Together

Several questions...

- What are the constants in all scenarios?
- Which technological showstoppers?
- Where should we focus research efforts?



**Traffic
managt**



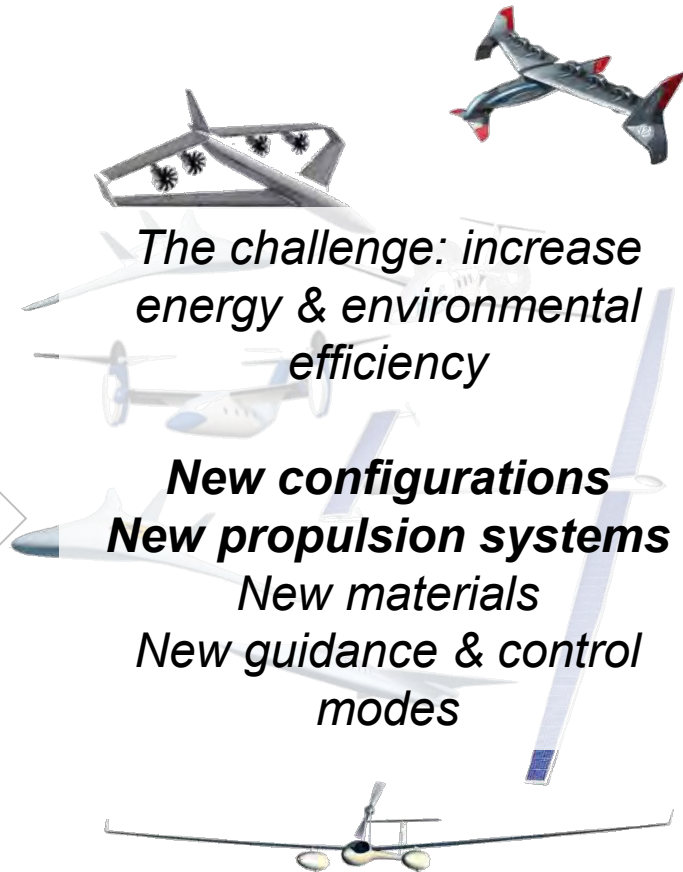
**Ground
infrastructures**



**Methods
& tools**



Aircraft



*The challenge: increase
energy & environmental
efficiency*

New configurations
New propulsion systems
New materials
New guidance & control
modes


Transport aérien futur

Configurations d'aéronefs

1. NOVA et Albatros, des concepts à propulsion classique
2. L'aile volante ou Blended Wing Body
3. La propulsion (hybride) électrique distribuée à travers AMPERE et DRAGON, deux configurations de recherche ONERA

Main Improvement ways

- Possible means for aircraft designer
 - Use of greener energy sources: SAF, hydrogen, electricity
 - Improve intrinsic performances of the aircraft



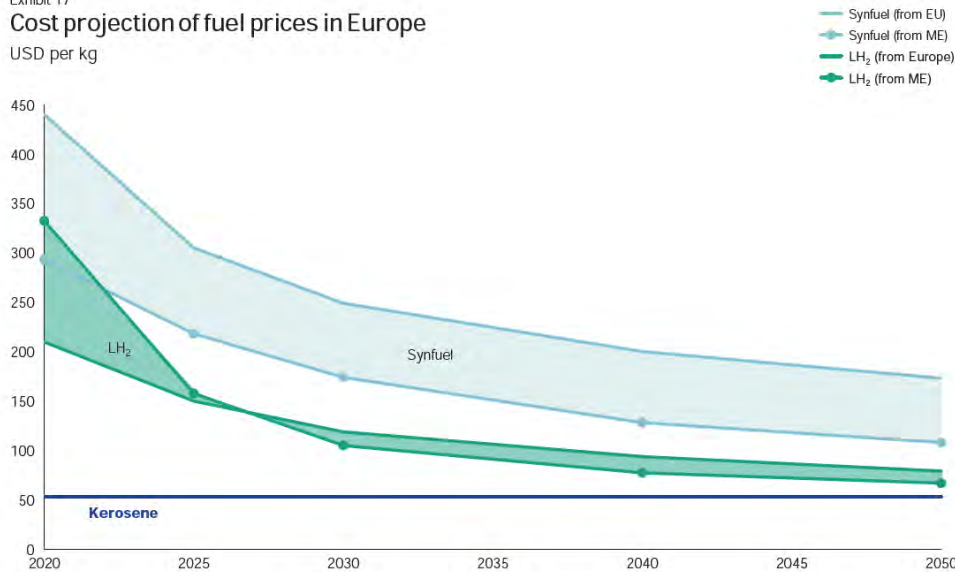
$$Range = \left(\frac{a * Mach}{g} \right) \times \underbrace{\left(\frac{L}{D} \right)}_{\text{Aerodynamic Efficiency}} \times \underbrace{Ln \left(1 + \frac{Mission_Fuel}{MWE + Additional_Weight} \right)}_{\text{Structural Efficiency}} \times \underbrace{\left(\frac{1}{SFC} \right)}_{\text{Propulsive Efficiency}}$$

g: Gravity acceleration
 a: Sound speed
 L: Lift aerodynamic factor
 D: Drag aerodynamic factor
 Mach: Mach number
 SFC: Specific Fuel Consumption
 MWE: Manufacturer Weight Empty
 Additional Weight: Operator Items Weight + Pay Load + Reserves

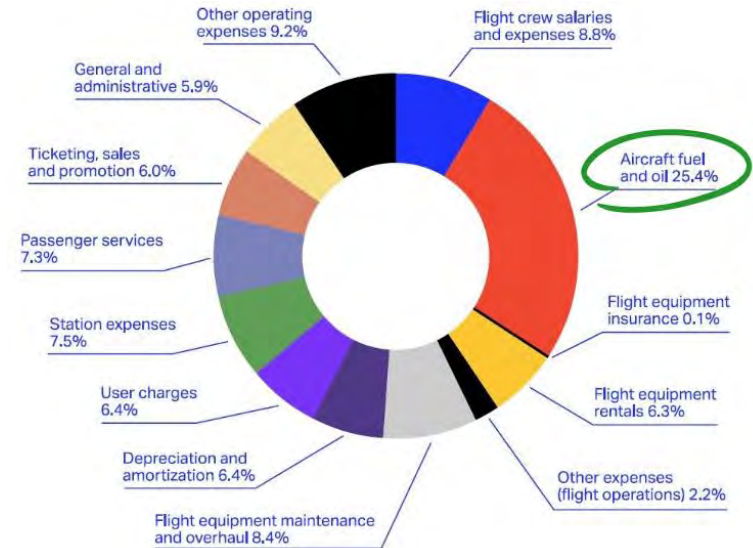
T. Druot (Airbus), "Overall Aircraft Design", cours ISAE-SUPAERO

Utiliser une énergie plus « verte » : bio-fuels, hydrogène

Exhibit 17
Cost projection of fuel prices in Europe
USD per kg

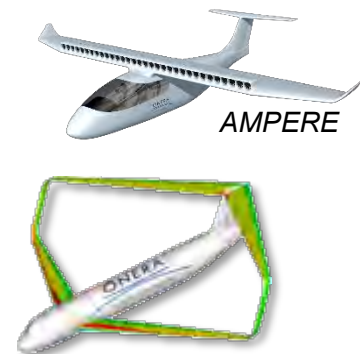
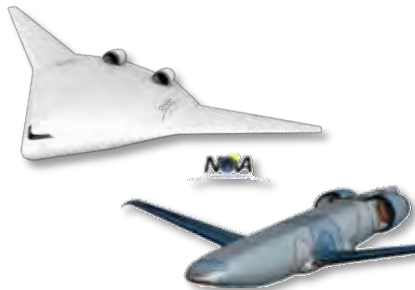


Hydrogen-powered aviation. A fact-based study of hydrogen technology, economics, and climate impact by 2050, 2020
<https://www.iata.org/contentassets/8dc7f9f4c38247ae8f007998295a37d5/safs2019-day1.pdf>



Improve intrinsic performances of aircraft

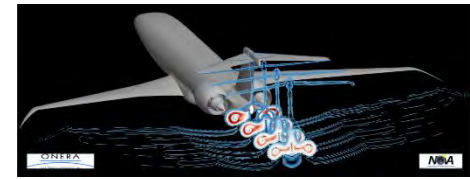
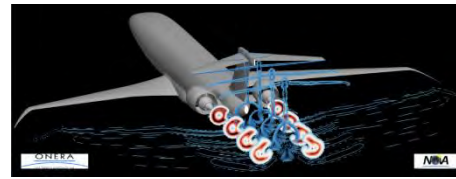
- Thematics: Drag and weight reduction, advanced aero-propulsive integration and propulsion systems...
 - UHBR, BLI
 - Distributed Hybrid Electric Prop
 - High Aspect Ratio wing
 - Laminar wing
 - Smart Composite materials...
- Inovative/disruptive configurations using these technologies



Moderate evolution: NextGen ONERA Versatile Aircraft



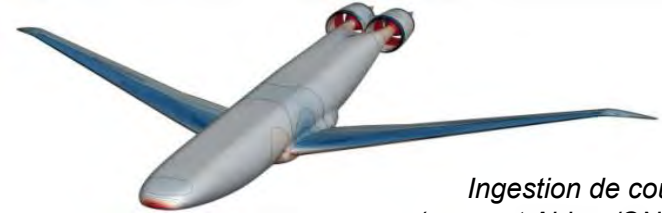
Moteur semi-enterré dans le fuselage et ingérant la couche limite → meilleur bilan propulsif



Problématique principale : avoir un moteur (fan) tolérant un écoulement non homogène en entrée

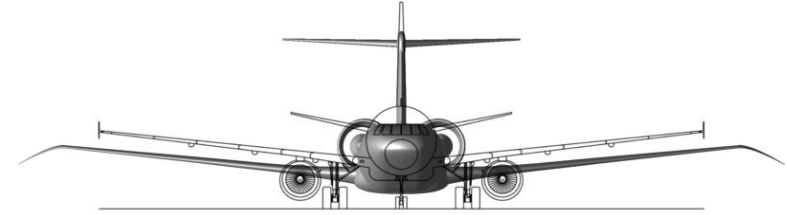
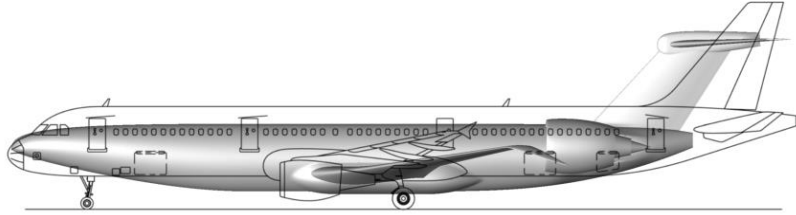
*180 passagers, moyen courrier,
Mach 0,82*

- *grand allongement (AR = 13)*
- *fuselage large (2 couloirs, 7 passagers de front) et portant*
- *moteur UHBR (taux de dilution > 15)*

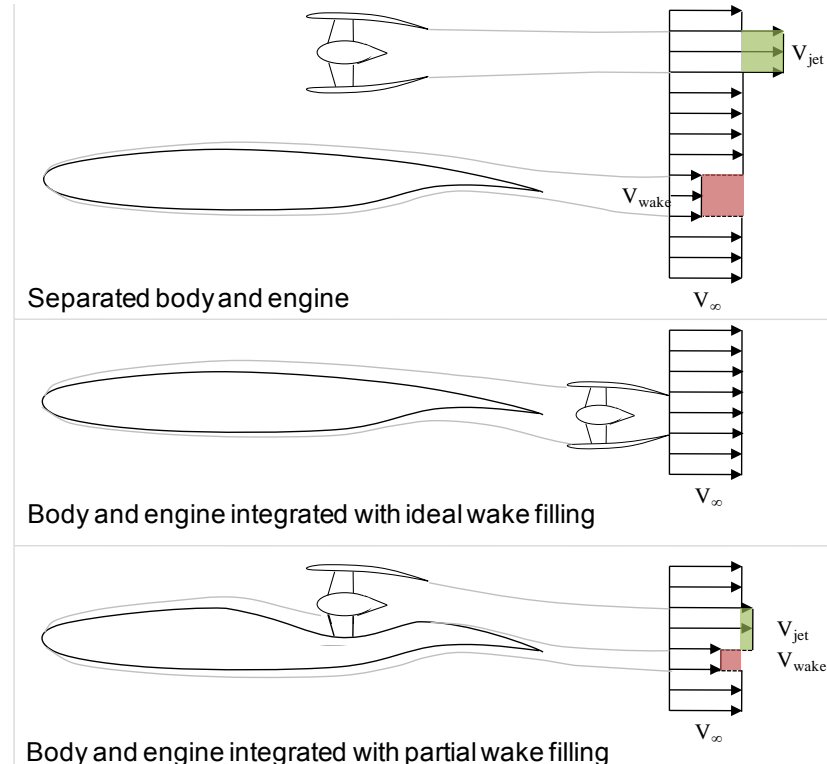
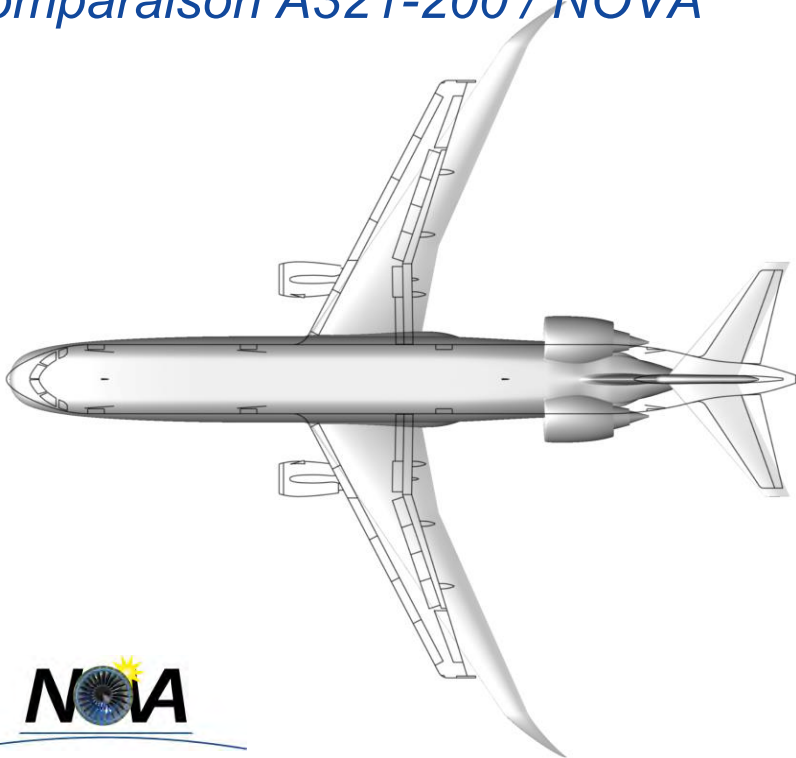


*Ingestion de couche limite
(concept Airbus/ONERA Nautilus)*

Moderate evolution: NextGen ONERA Versatile Aircraft



Comparaison A321-200 / NOVA



Janv. 2023



HWAR: ONERA ALBATROS

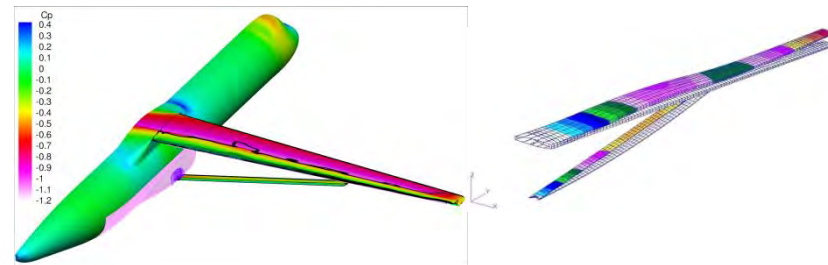


*180 passagers, moyen courrier, Mach 0,75
Fuselage large, 6 pax de front, 2 couloirs
Très grand allongement (AR=16), faible
flèche, voilure laminaire*

Recherche du meilleur compromis aéro-structure pour

- *réduction de la traînée induite et maintien d'une grande étendue laminaire sur l'aile (réduction de la traînée visqueuse)*
- *Masse contenue sous charges (comportement statique et aéro-élastique)*

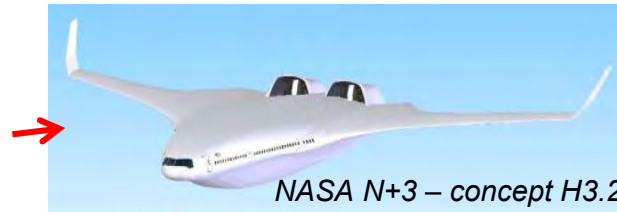
*Autre projet Voilure grand allongement
(Clean Sky 2 U-HARWARD)*



Radical Configurations: Blended Wing Body (BWB)

- L'aile volante (BWB) pour le transport de passagers : challenges
 - Des études récentes, mais de nombreux points durs à lever

**Nouvelles technologies :
intégration de la
propulsion, structure,
QdV,...**



**Analyses haute-fidélité
permettant une
évaluation réaliste des
gains (aéroélasticité,
acoustique,...)**

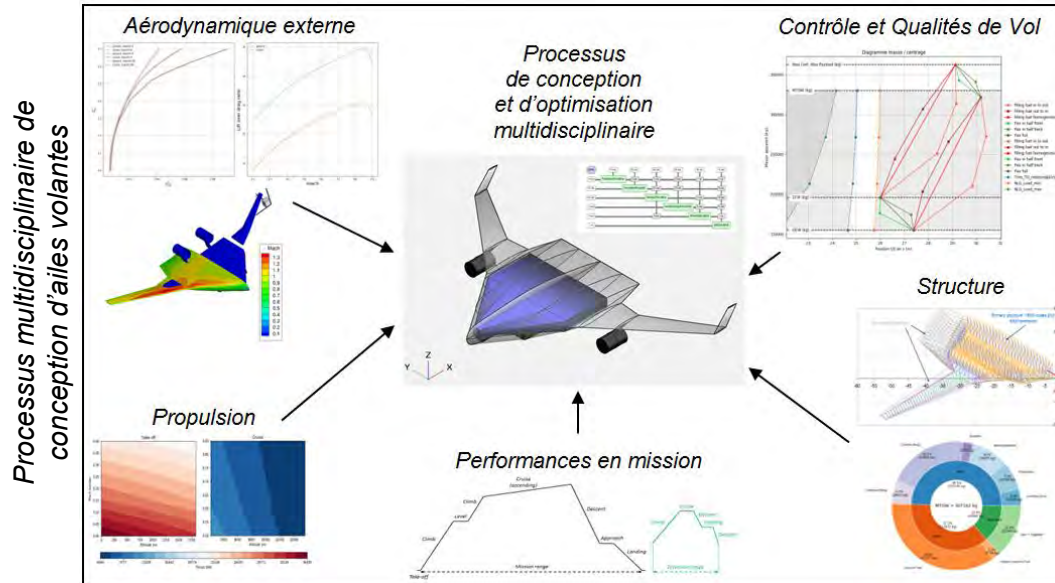


**Approche multi-
disciplinaire : nombreux
couplages et
optimisation du concept**

**Certification : design cabine,
charges, critères QdV,...**

Conception Intégrée de Configuration d'Aile Volante (CICAV)

- Rebâtir de la feuille blanche un processus MDO dédié
- Prenant en compte l'ensemble des couplages disciplinaires et la multi-fidélité
- Etudiant de nouvelles technologies de propulsion, de conception structurelle et de lois de contrôle/gouvernes, et la conception CFD



- *Projet interne ONERA*
- *5 ans (2015-2019)*
- *15 experts disciplinaires impliqués*
- *Objectif : développer une compétence de conception de concepts BWB*

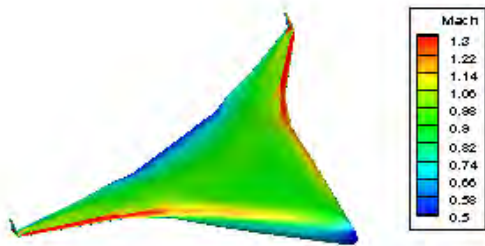
Janv. 2023

Conception intégrée de Configuration d'Aile Volante (CICAV)

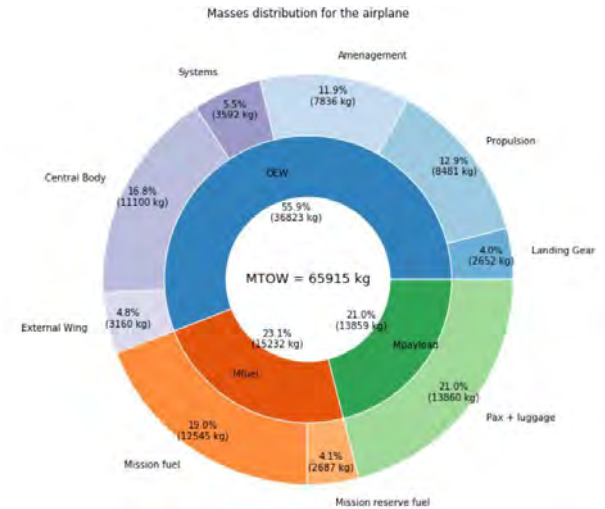
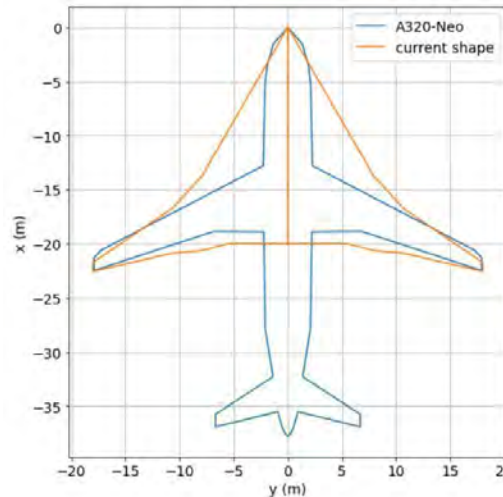
Un exemple de résultat (projet Clean Sky 2 NACOR)



Aile volante SMR 150 PAX, envergure contrainte à 36 m
Performances aérodynamiques validées en CFD



$L/D \text{ max} \sim 19$



Block fuel saving > 10% wrt A320 neo

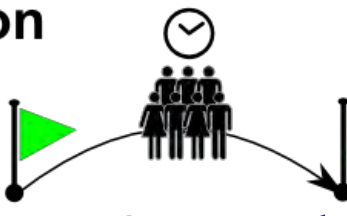
Janv. 2023

Electric propulsion feasibility

Exploratory study (ONERA-CEA Tech, 2012) – Evaluation process

mission

PAX
range
Mach
altitude



véhicule

surface de voilure
allongement
nombre de moteurs
poussée moteur



modèles simplifiés

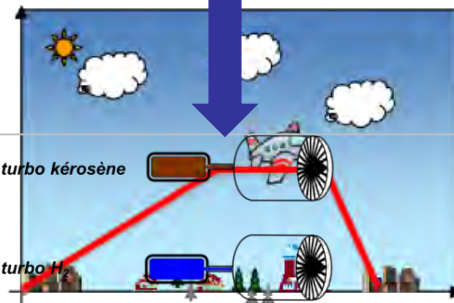
devis de masse
aérodynamique
transformation énergétique
propulsion
mécanique du vol

chaîne énergétique

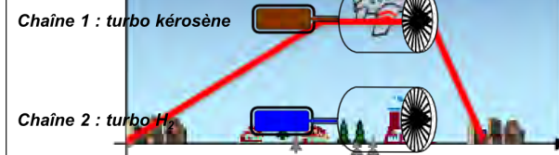


Technologies	Paramètre	1990 (conservatrices)	2010 (état de l'art)	2030 (+ 20 ans)	2060 ? (extrême)
PAC	Rendement	0,4	0,5	0,6	0,65
	Puissance spécifique (W/kg)	500	700	900	1 200
Batteries	Densité d'énergie (Wh/kg)	150	250	350	800
	Rendement	0,8	0,9	0,95	0,99
Conversion électrique	Puissance spécifique (W/kg)	20 000	30 000	40 000	45 000
	Rendement	0,9	0,95	0,97	0,98
Génération électrique	Puissance spécifique (W/kg)	3 000	5 000	7 000	15 000
	Rendement	0,35	0,4	0,45	0,5
Turbine	Puissance spécifique (W/kg)	15 000	20 000	25 000	30 000
	Rendement	0,9	0,95	0,97	0,98
Moteur électrique	Puissance spécifique (W/kg)	2 000	3 000	7 000	15 000
	Rendement	0,9	0,95	0,97	0,98
Réservoir cryogénique	Mtot/MLH2	6	3	3	3

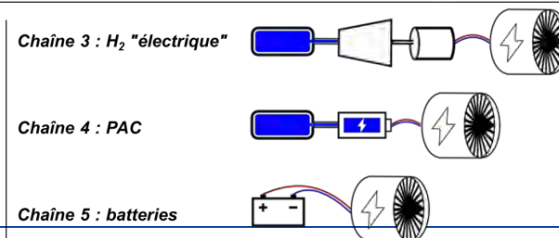
masse



Chaînes « carburants »



Chaînes « électriques »

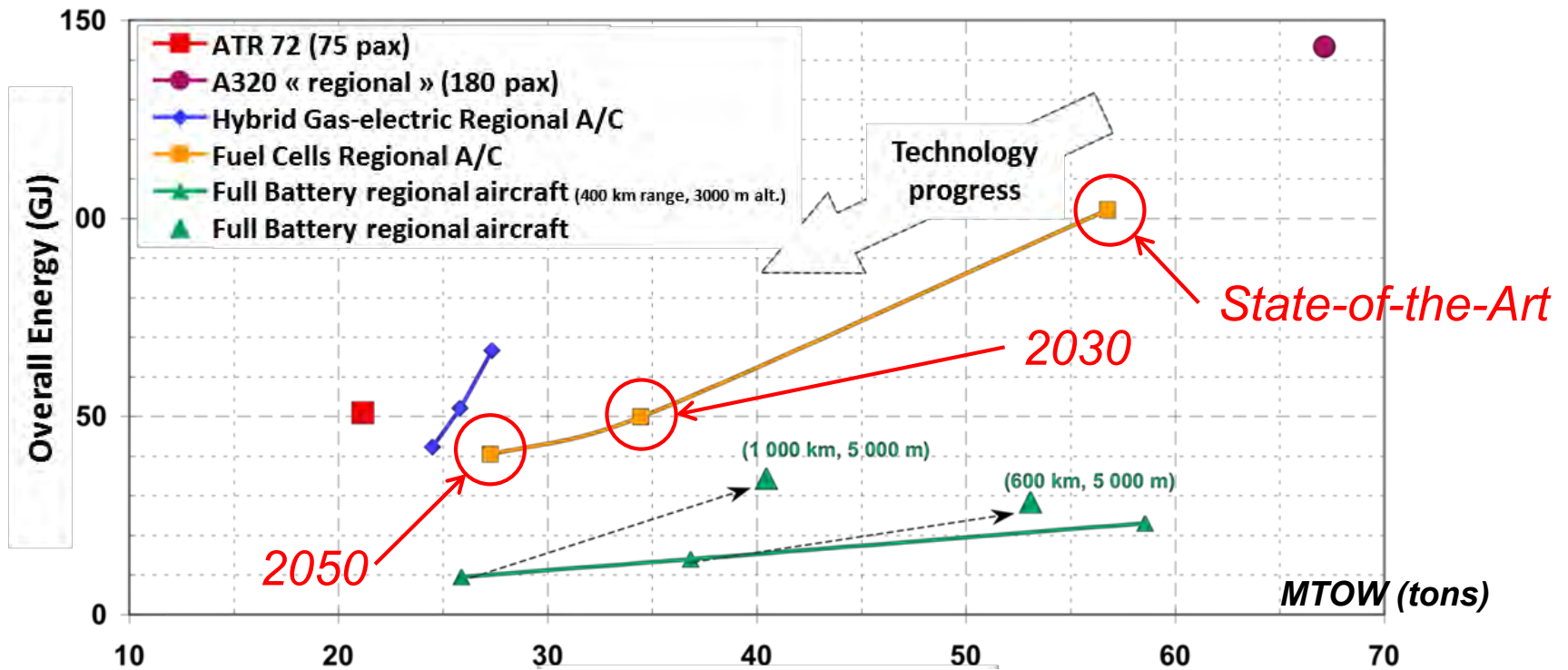


Electric propulsion feasibility

Exploratory study (ONERA-CEA Tech, 2012) - Typical result

Electric Regional Air Transport

(Mission: 75 pax, 500 NM, 15 kft)



2050

2030

State-of-the-Art

Technology progress

MTOW (tons)

Overall Energy (GJ)

Janv. 2023

Electric propulsion feasibility

Exploratory study (ONERA-CEA Tech, 2012) - Conclusions

- True potential of electric propulsion for A/C combined with Distributed Propulsion
 - Increase of global energy efficiency, high lift capabilities, distributed control and intrinsic redundancy of propulsion for safety improvement
 - Expected feasibility perimeter
 - From Personal to Regional Transport A/C (short to medium range, single aisle – ATR 42/72 as reference)
 - Using new A/C configurations
 - New paradigm in operational use : to fly lower, slower, on shorter ranges
 - Increase of DoF for A/C design
 - Take benefit from continued progress on energy sources and energy management technologies

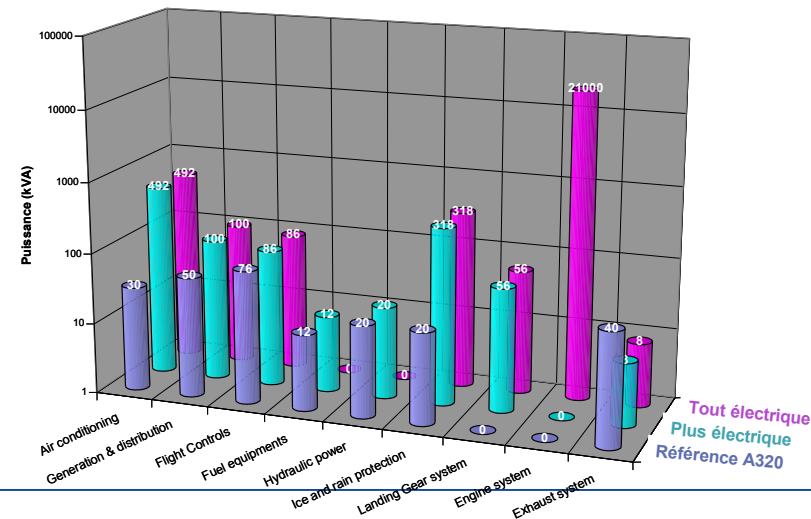
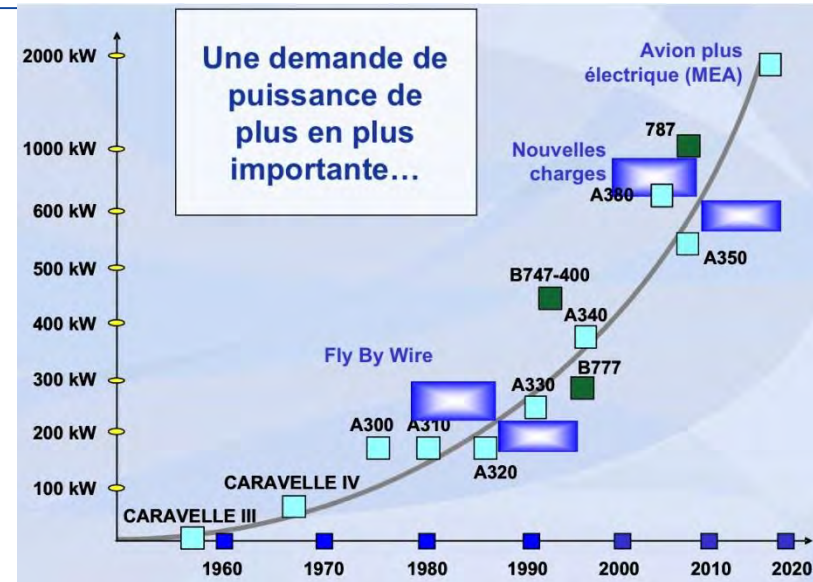
Qu'est ce qu'un avion « électrique »

- Le discours actuel tend à distinguer
 - Avion plus électrique (MEA)
 - Avion tout électrique (AEA) ou Avion à propulsion électrique (EPA)



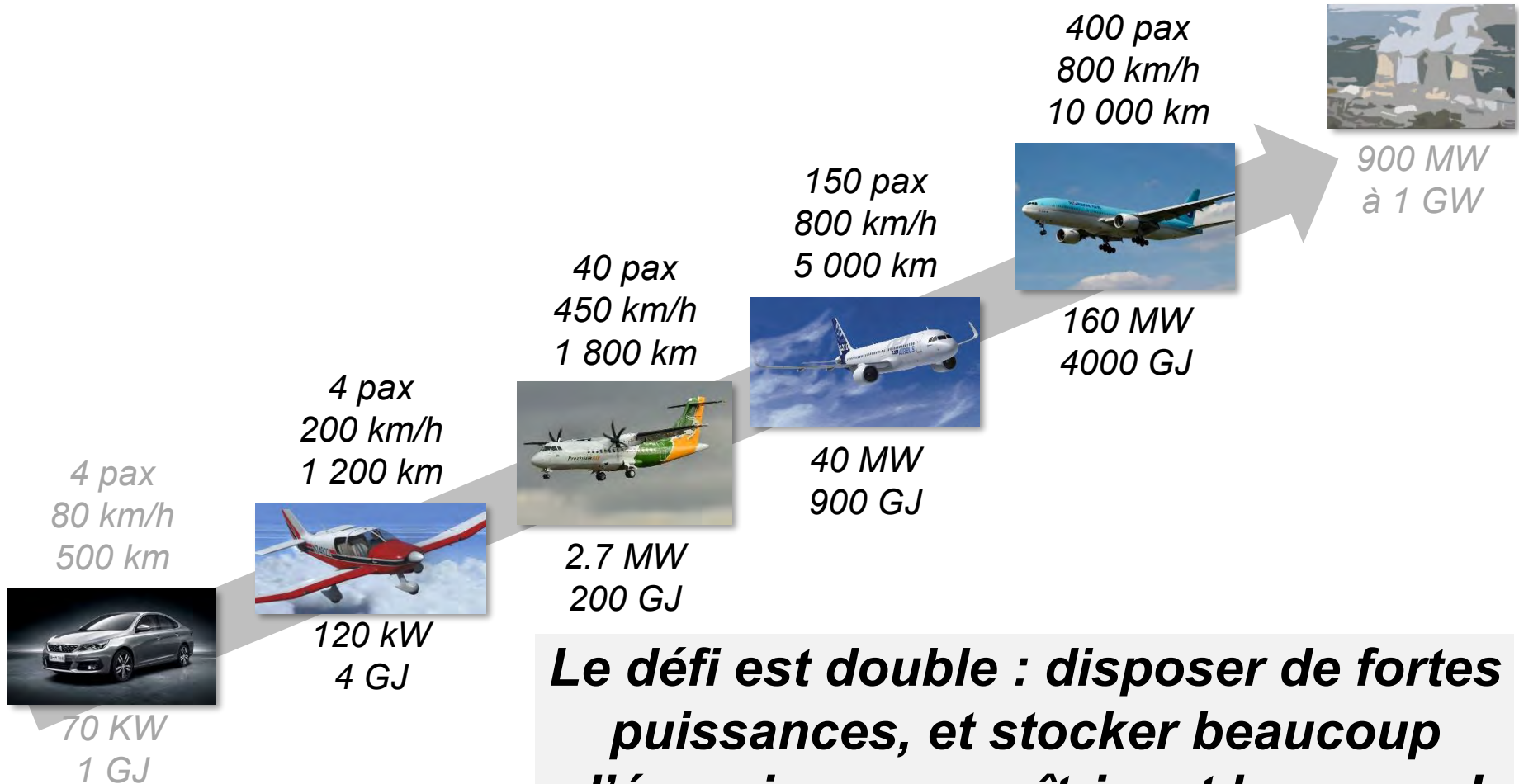
- Le plus électrique se confronte aux problématiques des forts courants et effets induits : CEM, décharges partielles, thermiques et autres phénomènes spécifiques à l'électronique de puissance

- Un avion à propulsion électrique cumule ces effets à une autre échelle : la puissance culmine à plusieurs MW



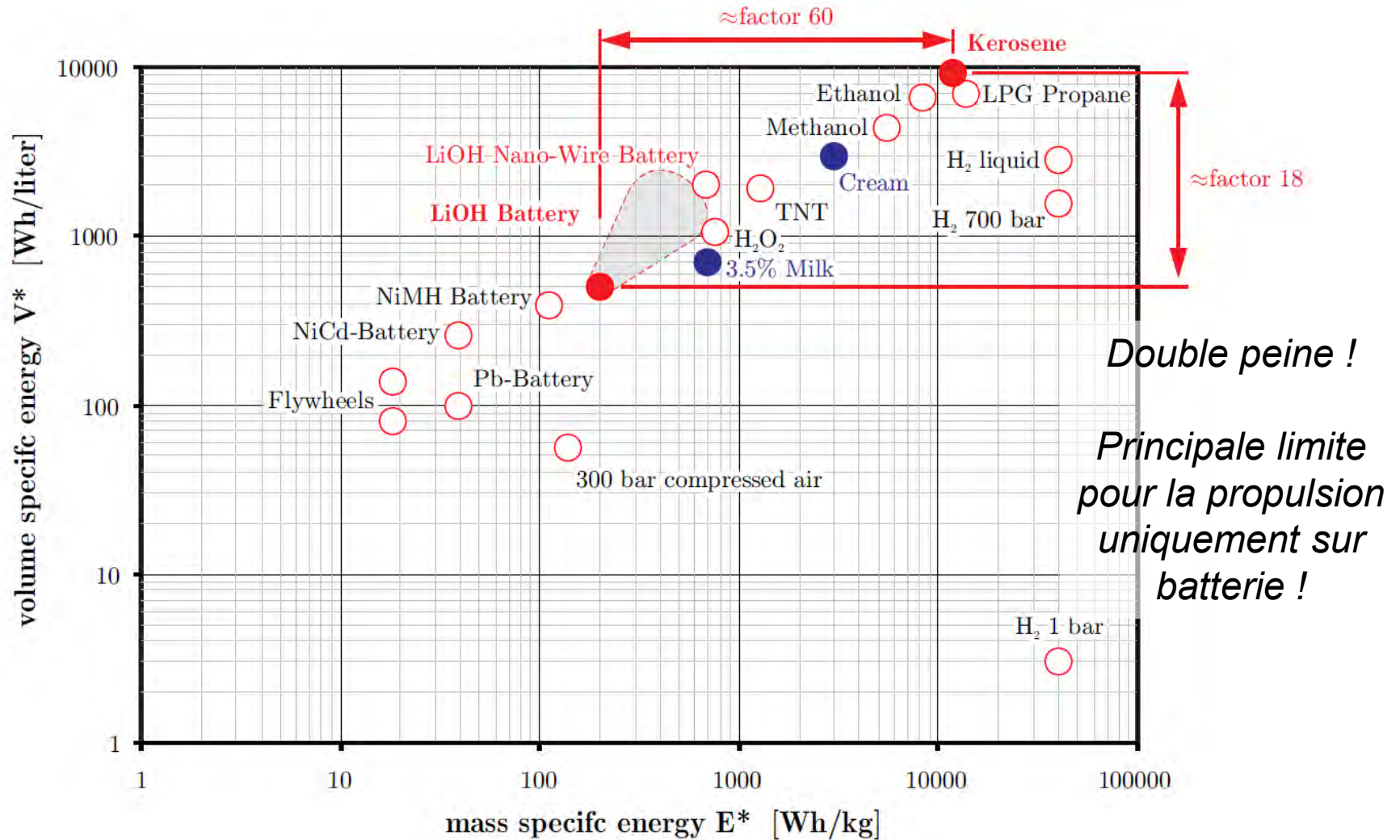
Puissance et énergie embarquée

Quelques ordres de grandeur



Le défi est double : disposer de fortes puissances, et stocker beaucoup d'énergie ... en maîtrisant la masse !

Quelques ordres de grandeur – Les batteries

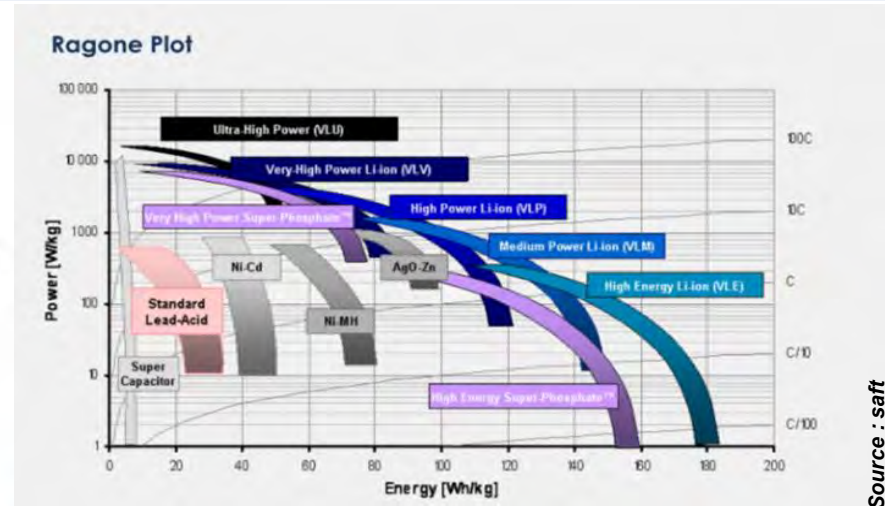
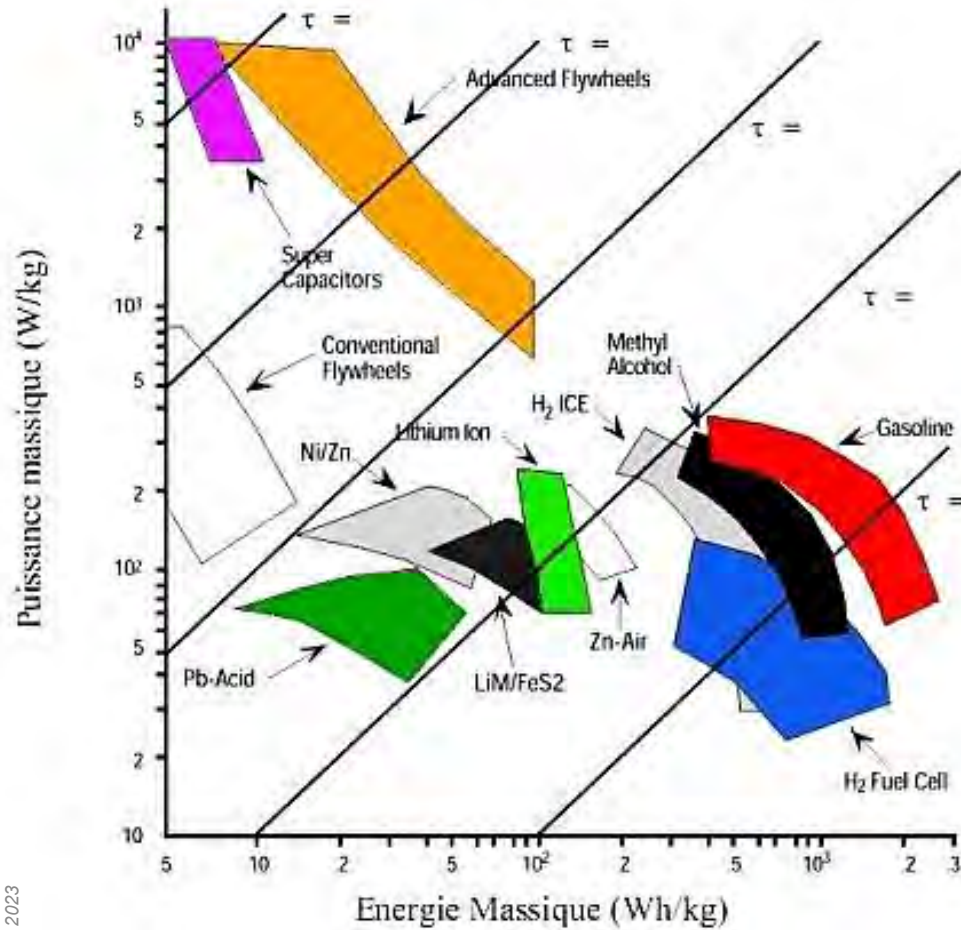


Janv. 2023

Source : STO-MP-AVT-209, Martin Hepperle

Quelques ordres de grandeur – Les batteries

Diagrammes de Ragone



L'exemple des batteries Li-ion ou LiPo :

- Densité d'énergie annoncée : 150 à 250 Wh/kg
- Batterie Renault Zoé 1 : 72 Wh/kg
- Batterie Tesla : 150 Wh/kg

La différence : le « packaging » = l'environnement de monitoring et management énergie (BMS)

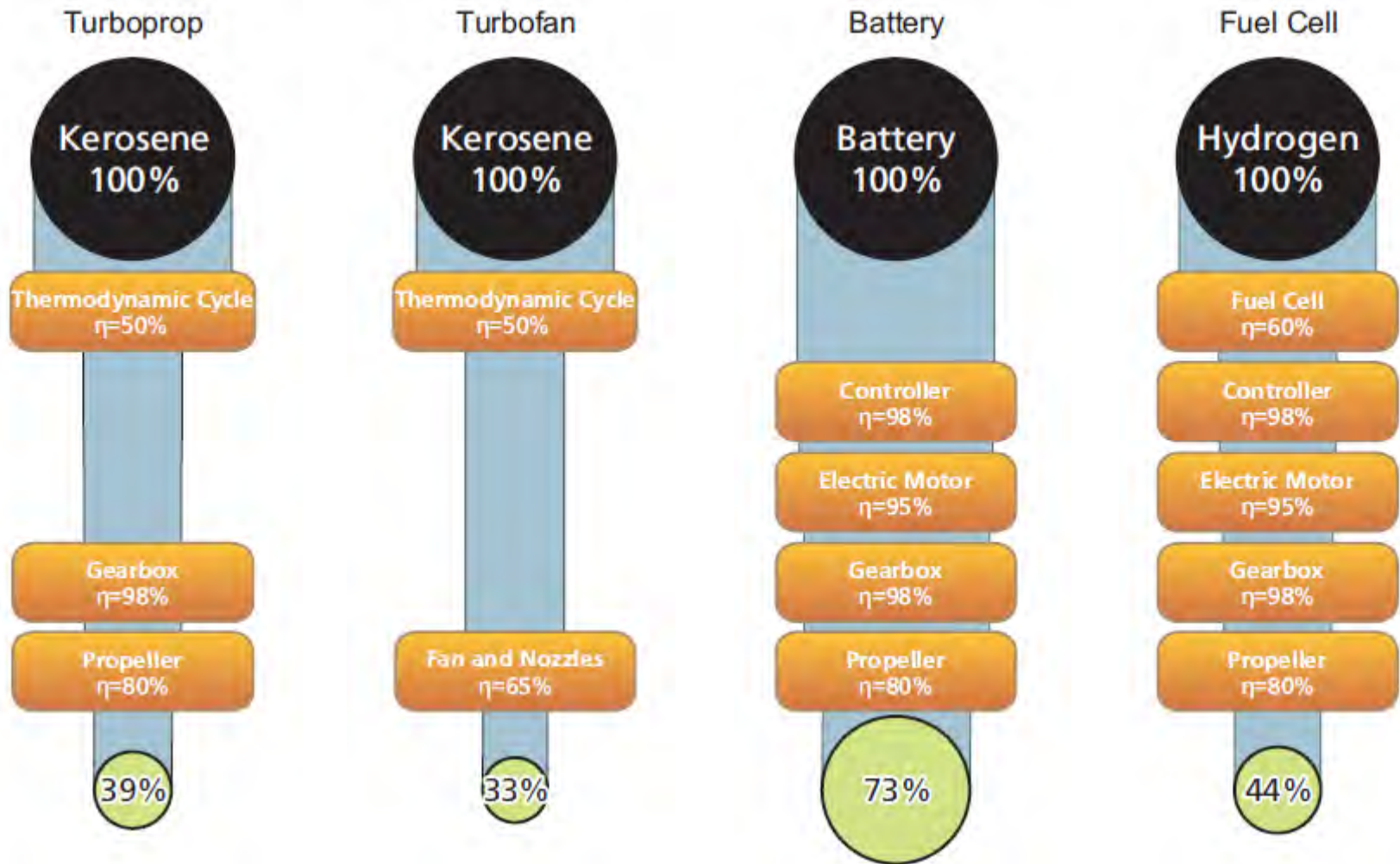
Une batterie doit répondre à des exigences (performances, durée de vie, fiabilité ...) antagonistes

Janv. 2023

Source : université de Nantes

Quelques ordres de grandeur

Rendements comparés de chaîne de propulsion

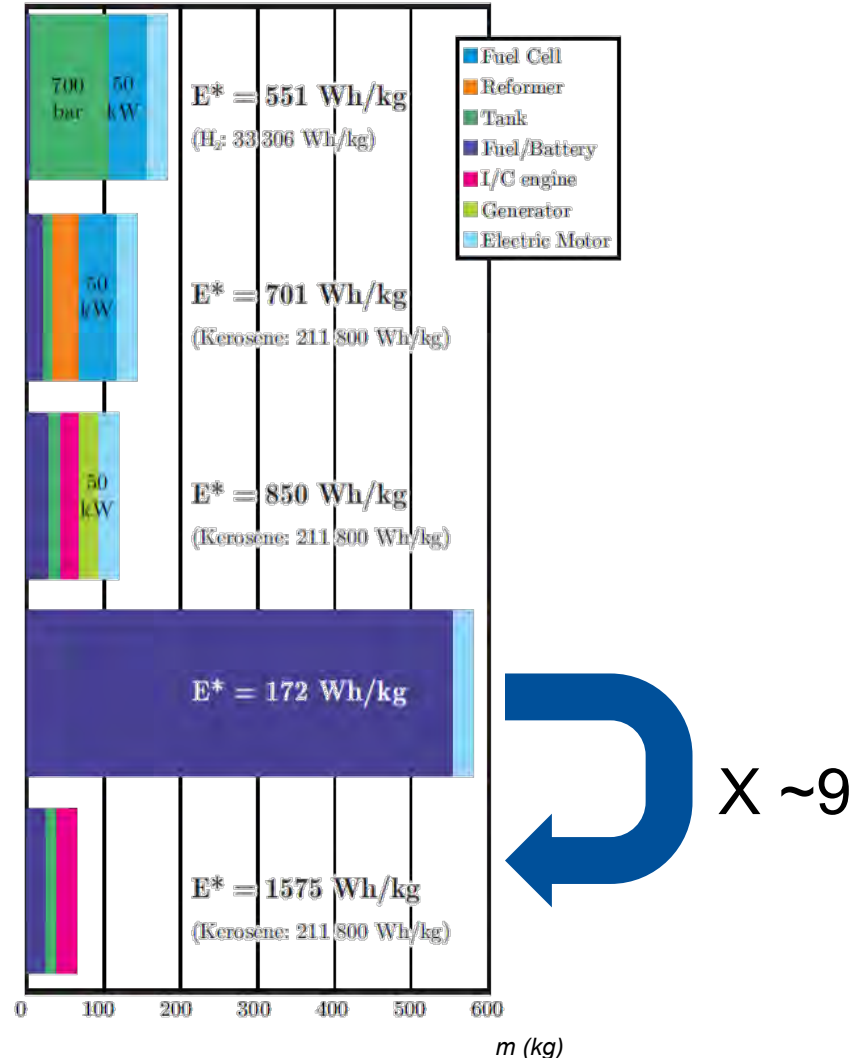
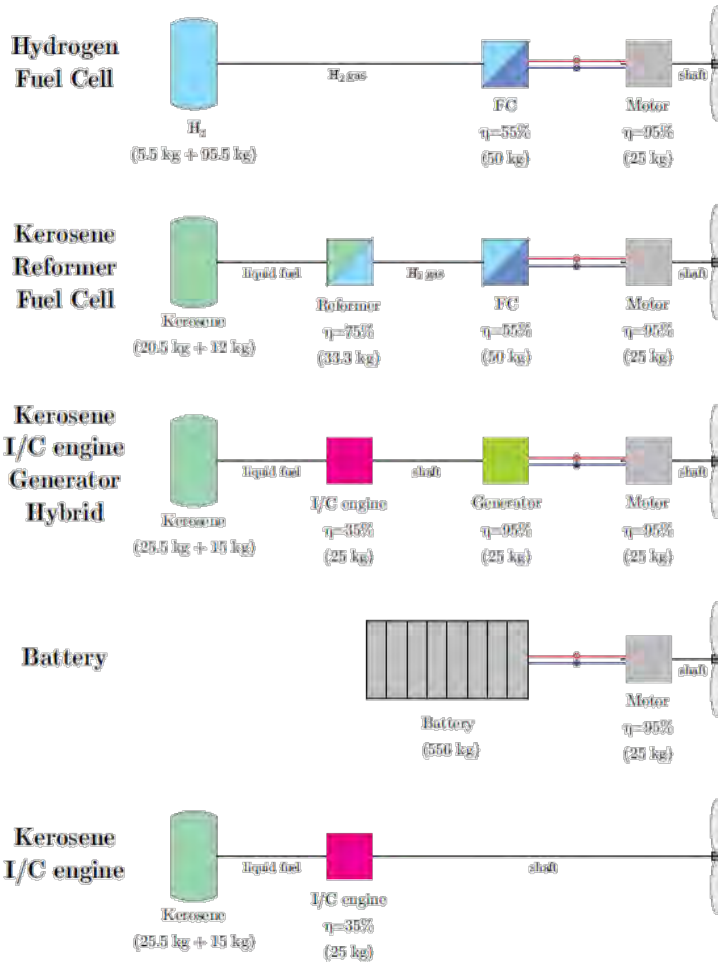


Janv. 2023

STO-MP-AVT-209, Martin Hepperle

Quelques ordres de grandeur bilan sur chaîne de propulsion isolée

Masse et densité d'énergie équivalente de systèmes de propulsion délivrant une puissance sur arbre de 50 kW pendant 2 h



Janv. 2023

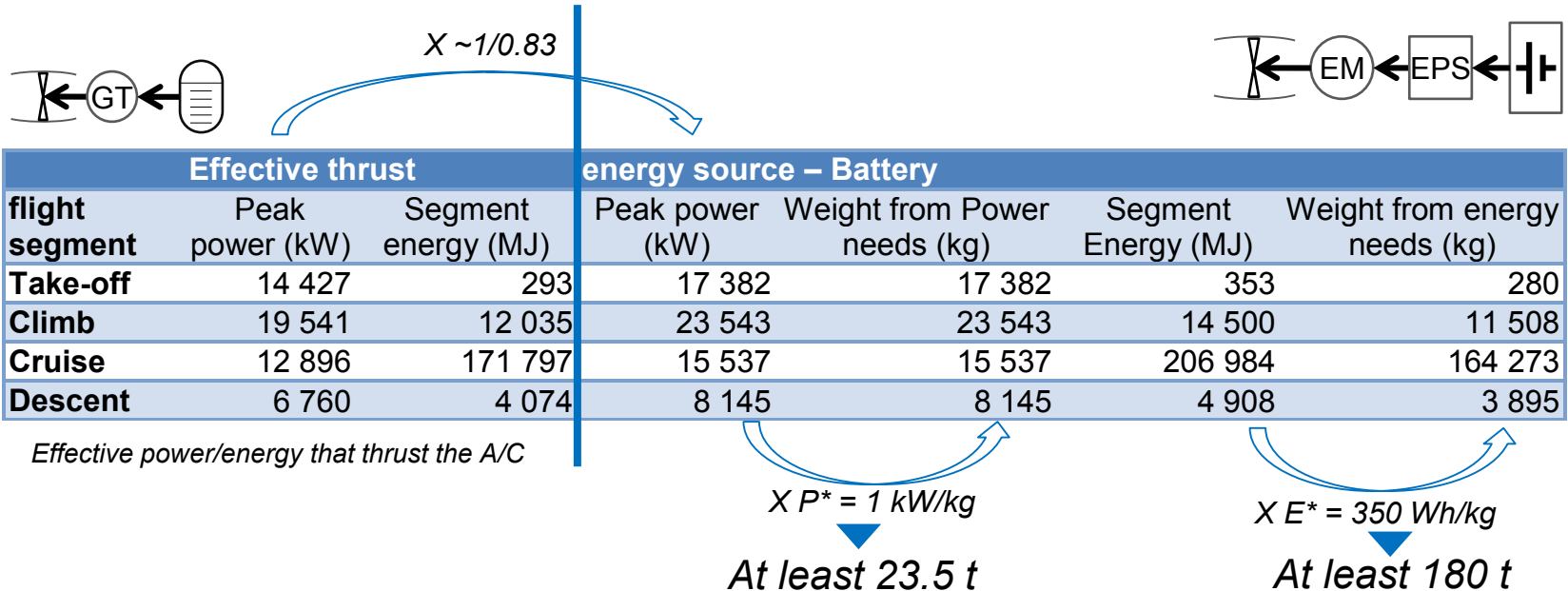
STO-MP-AVT-209, Martin Hepperle

Application à un SMR

Main results - Analogy based analysis

Use of the whole power & energy demands to assess the feasibility of the use of battery

→ Direct transposition of overall energy and power needs (with assumptions regarding rough PPS efficiency)



→ Main proposal : partial use on Take-off and climb (descent) segments, impact in term of weight penalty and resizing effect (Greenhouse Gas emission reduction)

Application à un SMR

Main results - Analogy based analysis

50% of energy for (TO, climb and descent) from batt. → MTOW + 40% (snowball effect)

Weight (kg)		Resized aircraft	Non resized Aircraft	Reference SMR aircraft
OEW		83 264	58 236	40 988
Including	Battery	24 851	15 001	15 015
	Electric motor	3 271	1 975	
	EPS	590	356	
Payload		15 015	15 015	15 015
ZFW		98 279	73 251	55 918
Trip fuel		18 254	13 531	13 930
Reserve fuel		4 563	3 383	3 483
MTOW		121 096	90 165	73 331

Non redimensionné → pénalité en masse de 17 t à retrancher de la charge utile et/ou du fuel (∨ range)

Redimensionné à la mission nominale (150 pax, 2750 NM ...)

	Trip fuel (kg)		Variation	
	Resized aircraft	Reference SMR Aircraft	Absolute (kg)	in %
Take off	101.9	78	23.9	31%
climb	1 179.2	1 094	85.2	8%
Cruise	16 394.8	12 291	4103.8	33%
descent	565.0	457	108	24%
TOTAL	18 240.8	13 930	4310.8	31%
Fuel/pax/NM (kg)	0.0442	0.0338		

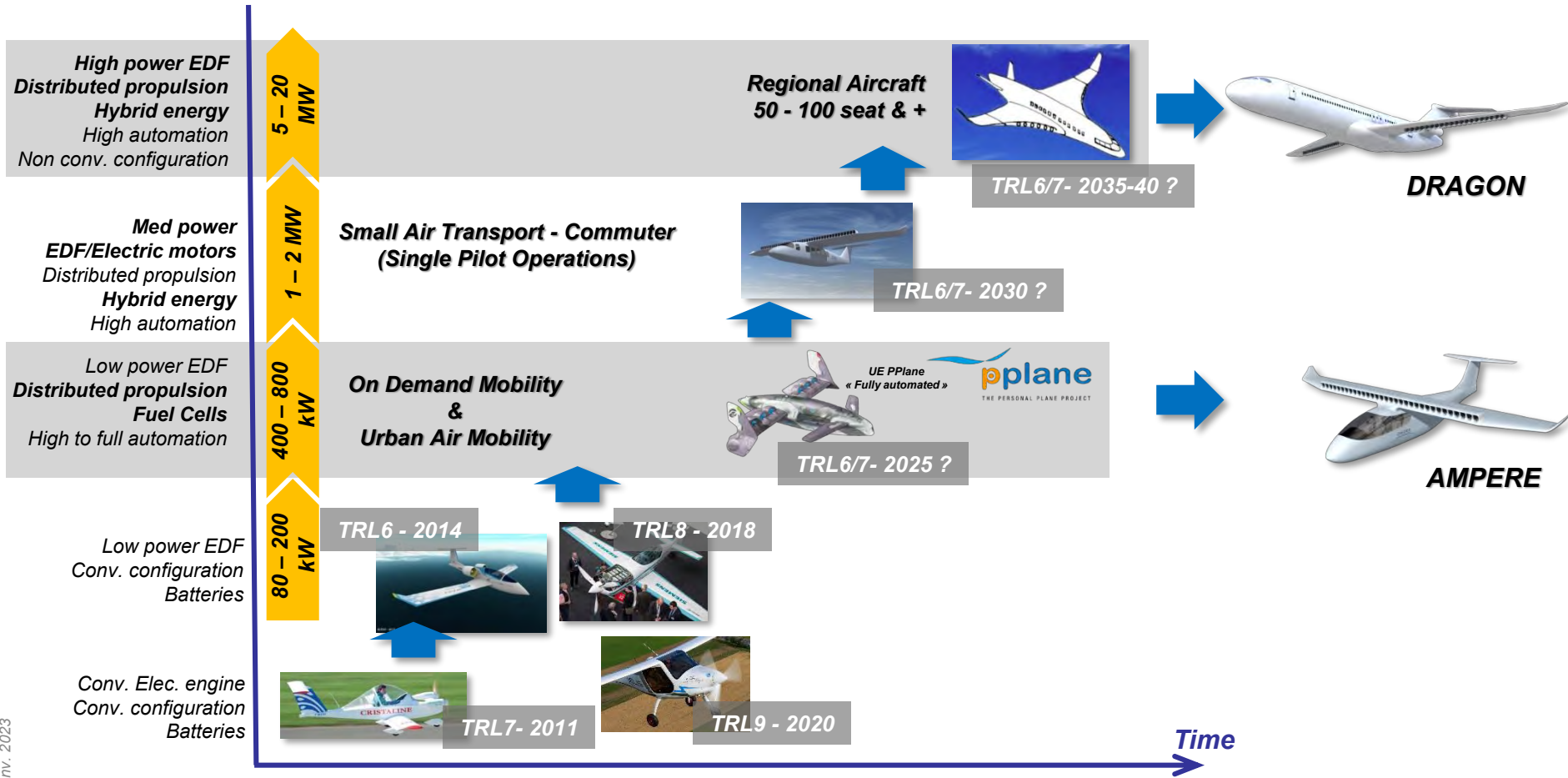
A iso-mission, la consommation de carburant augmente de 31% malgré l'injection de 50 % d'énergie via batterie

Pour conclure sur la propulsion électrique

- Performances spécifiques limitées des sources d'énergie électrique actuelles, notamment les batteries
- Des avantages néanmoins en termes de rendement de transformation, de transport de l'énergie, de fiabilité, de maintenance... → **des pistes à investiguer !**
- Des progrès attendus sous la pression des autres domaines d'utilisation, mais avec des spécifications pas forcément en phase avec les besoins aéronautiques
- Des cercles vertueux possibles si on ne regarde par l'aéronef seul mais dans son environnement – ex production hydrogène via reformage méthane et capture CO₂, ou électrolyse de l'eau avec sources d'énergie électrique « vertes »...

A possible roadmap – AEA & HEA concept-planes

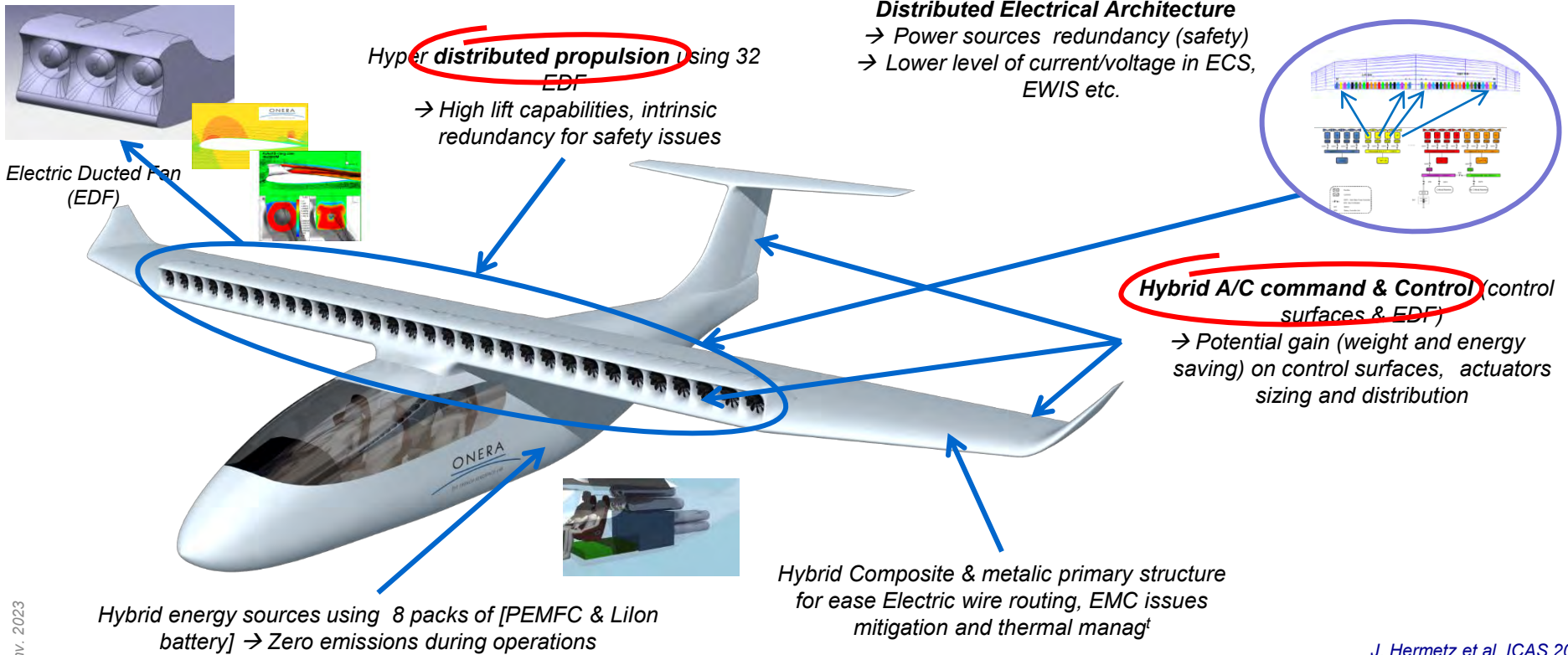
Key technologies



TRL – Technology Readiness Level

AMPERE - A first step toward DEP for thin-haul ODM A/C

Concept plane answering ODM TLR: 4-6 pax, 500 km in 2 hours, STOL capabilities, No emissions



J. Hermetz et al, ICAS 2016
 J. Hermetz et al, MEA 2017
 C.Doll et al., ICAS 2018

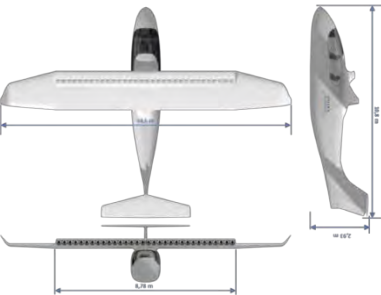
Janv. 2023

AMPERE – Project overview

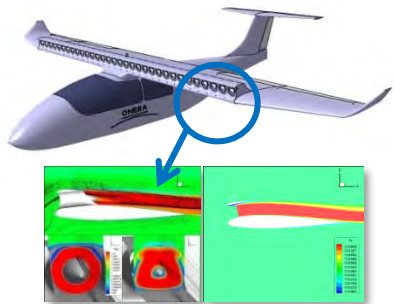
2015 – Overall A/C Design

2016 – Manufacturing and integration

2017/18 – WT tests & exploitation



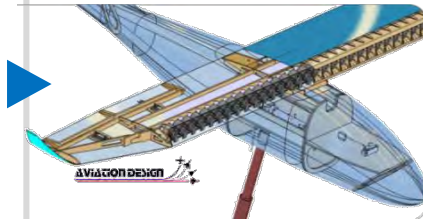
A/C Conceptual Design (in-house software)



Aero-propulsion detailed design (2D & 3D CFD)



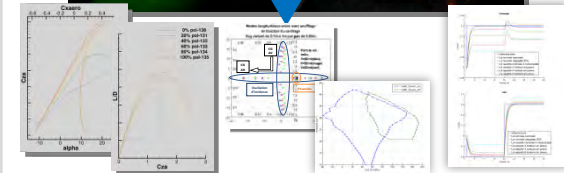
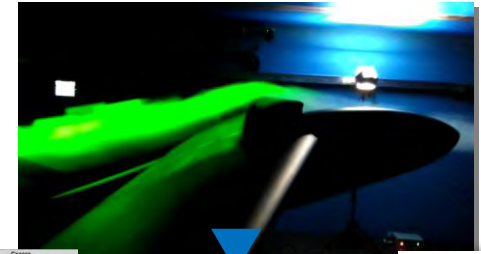
Mock-up manufacturing and components integration



CAD mock-up design and components validation



L2 wind-tunnel installation & experiments



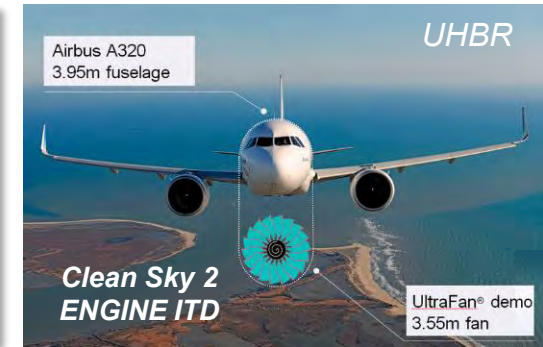
Aerodynamic model building HQ analysis, flight control law design & validation through 6DoF simulation

Janv. 2023

DRAGON - Distributed fans Research Aircraft with electric Generators by ONERA (2017-2020)

Increase of propulsion efficiency by increase of the ByPass Ratio (BPR)

...
But with geometry issues for conventional Aircraft

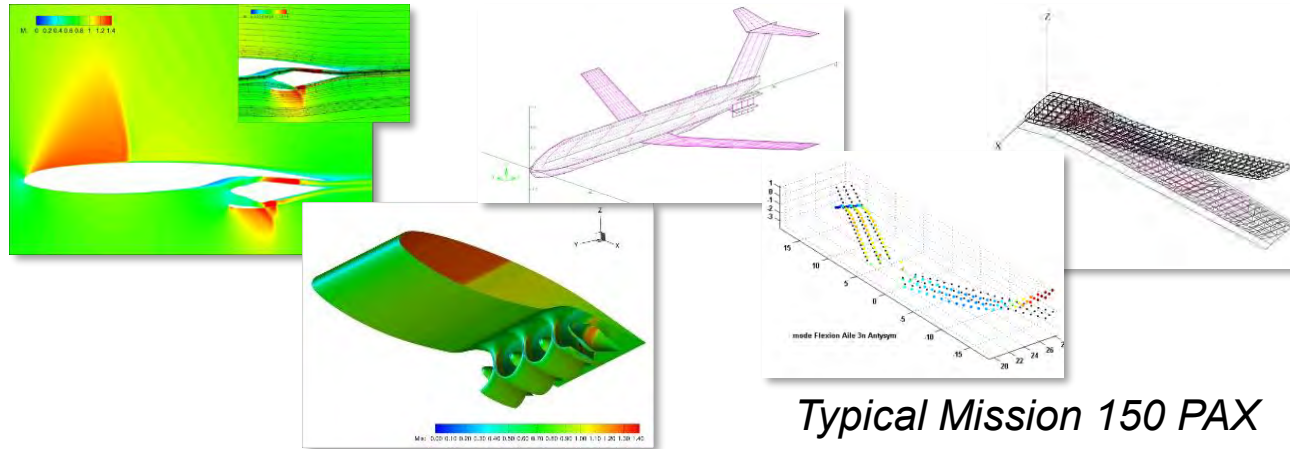


- Distributed Propulsion offers potential to lower fan compression ratio without geometry issues
- Electric propulsion efficiency ~independant from size and power level
- Hybridization of propulsion to stick on short/medium term available technologies

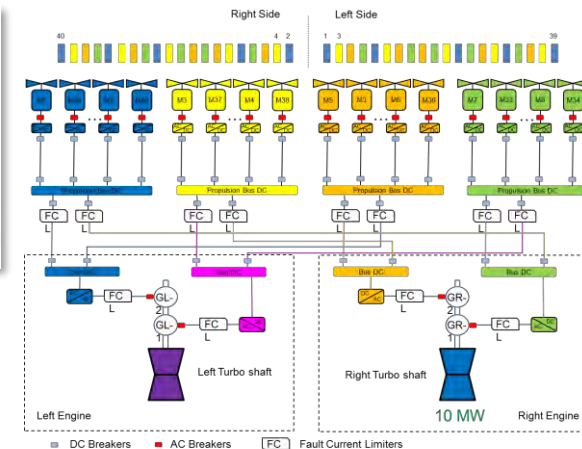


DRAGON configuration intends to help studying such DHEP technologies for SMR aircraft

DRAGON – Detailed Design activities for feasibility assessment



Typical Mission 150 PAX
@ $M=0.8$ on 800 NM



With 2035 technologies,
DRAGON promises -25% to -30% in fuel consumption wrt present SMR configuration

Janv. 2023

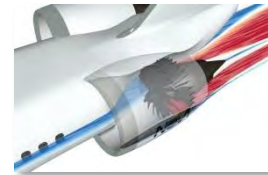


L'aile volante, le bon concept pour les synergies ?



Un large espace pour la propulsion hybride distribuée

+



=

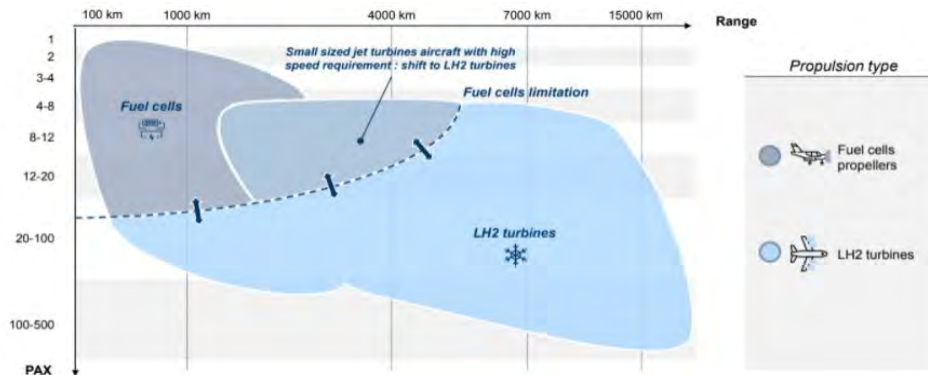


Un volume interne conséquent, favorable à l'hydrogène

Une grande surface de fuselage, propice à l'ingestion de couche limite

L'hydrogène, des promesses et des défis

- Pas d'émission de CO2
- Piles à combustible et turbines pour couvrir une large gamme d'avions
- Une filière de production décarbonée à mettre en place
- Des challenges de design aéro-structuraux importants
- Des effets indirects sur le climat : NOx et contrails



Longueur réservoirs 10-20 m ?

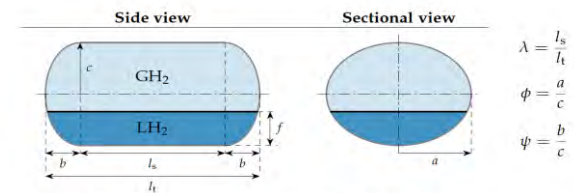


Figure 3. Nomenclature describing the geometric tank design.

Janv. 2023

Configurations à évolution modérée - Autres projets dans le monde



D8 (projet du MIT au sein du projet NASA ERA) 180 pax, moyen courrier, Mach 0,74

- aile à grand allongement
- fuselage large (8 pax de front, 2 couloirs) et portant
- moteurs sur le fuselage



Projet EADS-IW VoltAir (et BHL Dispursal)

Moteur situé à l'arrière ingérant le sillage du fuselage (inspiration: sous-marin)



Avion à grand allongement et aile haubannée

Autres projets dans le monde



*Projet Boeing (au sein du projet NASA ERA)
Avion 180 pax, moyen courrier, Mach 0,74 :*

- grand allongement (AR=23)
- aile haubannée
- écoulement laminaire sur l'aile

Projet Bauhaus Luftfahrt Ce-liner, avion 190 pax, court courrier, Mach 0,75 :

- grand allongement mais sans hauban
- envergure modérée car aile repliée



Transport aérien futur

Mobilité et trafic aérien

Gestion automatisée du trafic – Exemple de 4DCo-GC

Nouveaux usages – l'UAM et l'exemple PPLANE

Vers de nouveaux concepts de gestion du trafic aérien - Les contrats 4D



ONERA

THE FRENCH AEROSPACE LAB



THALES



Illustration of the
4DCo-GC
concept key features

Décisions prises par des humains, mais gestion automatisée du vol

Urban Air Mobility

On Demand Mobility (ODM) « Personal transportation capabilities in which the specifics of a trip (origin, destination, and departure time) are chosen by the user.



Mark Moore (ex NASA, now Uber)

Urban Air Mobility (UAM) « is a safe and efficient system for air passenger and cargo transportation within an urban area, inclusive of small package delivery and other urban Unmanned Aerial Systems (UAS) services, which supports a mix of onboard/ground-piloted and increasingly autonomous operations »

NASA Aeronautics Research Mission Directorate (ARMD)

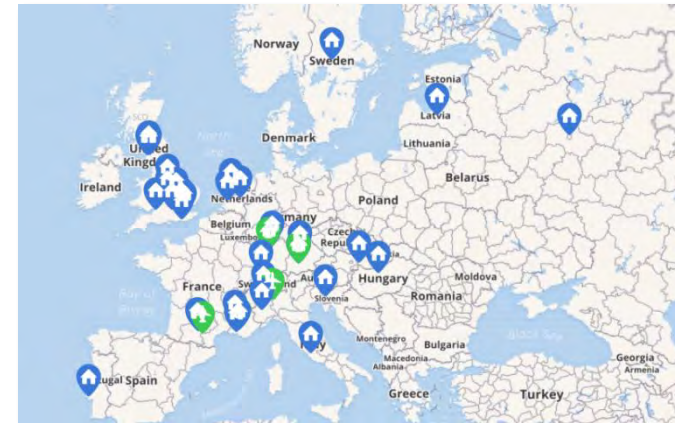
Context

- Demand and rise for new urban mobility solutions especially in ground transportation
- Electric/hybrid propulsion and progress in automation (from UAVs) lead to propagate the philosophy in the frame of air transport → Urban Air Mobility (UAM)
- Numerous ideas and stakeholders (from start-up to large industrial companies and operators)
- However, important challenges remain in terms of technologies, concepts of operations, regulations, social acceptance and the mandatory high level of safety (all being highly correlated)

Janv. 2023

A variety of concepts and classifications

More than 650 aircraft listed at various development stages (<http://evtol.news>)

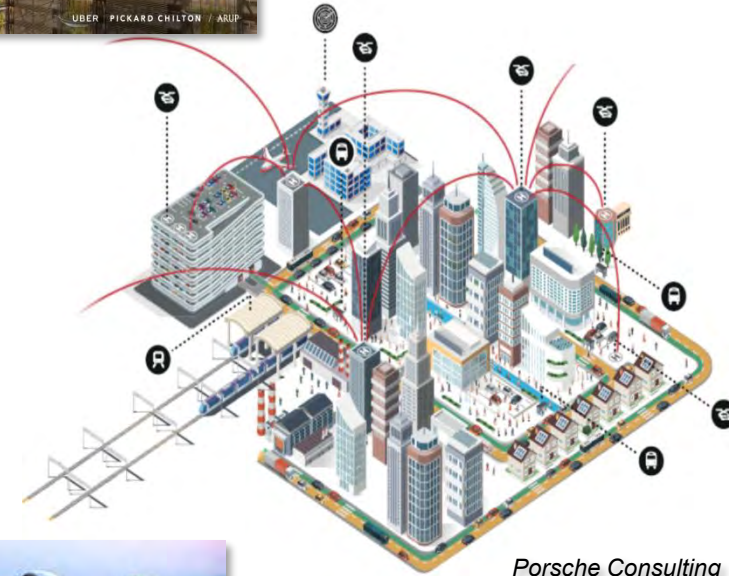


Janv. 2023

Where are the challenges?

Safety and airworthiness

- Urban context
 - density of population
 - Urban topology / Aerology
- Robustness / resilience
 - Incl. failure management
- Piloting & control
 - Human factors
- Certification & regulation



Where are the challenges?

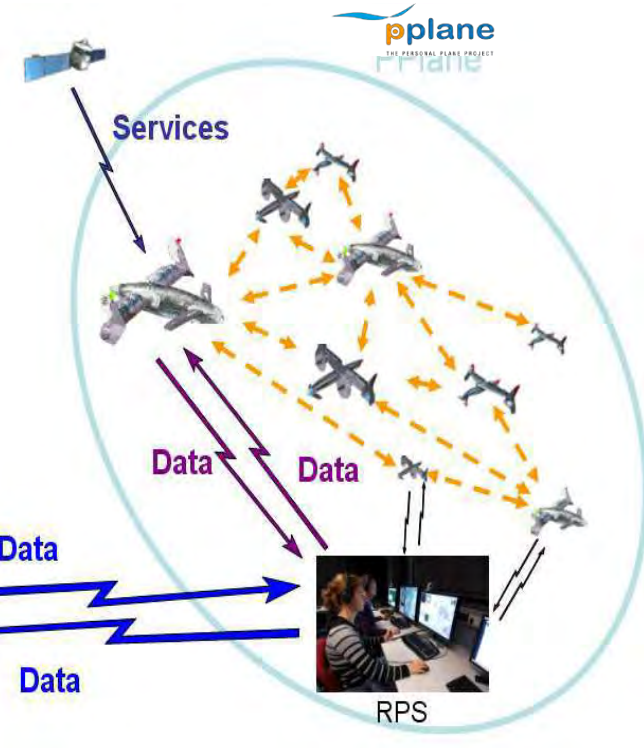
- Operations

- Concept of operation

- Sharing of authority between human being / aircraft / control centre
 - Requirements for aircraft and pilot/operator
 - Autonomy (battery and energy management)

- Integration in air space and ATM

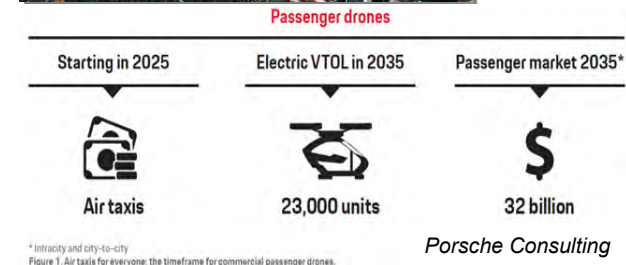
- May determine the service and its interest



Janv. 2023

Where are the challenges?

- Environmental impact / acceptability
 - ⇒ The vehicle being electric does not solve everything...
 - **Noise !**
 - Need to be characterised
 - sources (e.g. ducted rotors) & propagation (urban context)
 - Human perception factors – acceptable level?
 - Societal factors of acceptance (type of mobility, e.g. medical vs VIP)
 - Other environmental impacts
 - Additional mobility or actual reduction of city congestion?
 - Which traffic scenario?
 - What about energy in the global context of increased demand for renewable energy?



* Intracity and city-to-city
Figure 1. Air taxis for everyone: the timeframe for commercial passenger drones.

Scientific and Technical Challenges

Aeropropulsive configuration

Burried engine, integration, architecture
Electric motors, Hybridation
Batteries, energy management
EMC, thermal management

Safety

Certification,
Failures analysis, reconfiguration
Handling qualities, safe and robust flight controls
Human factors

Operations

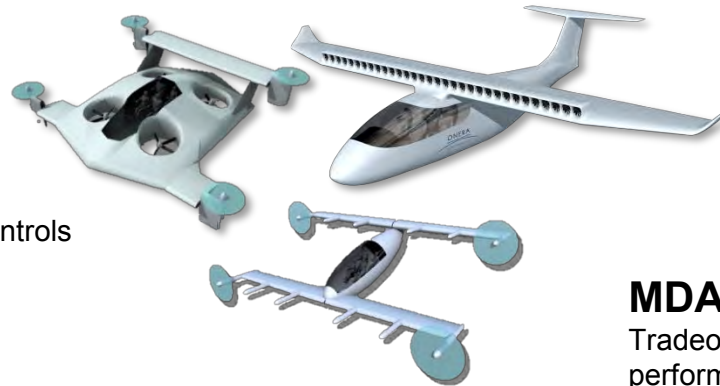
Mission, cost, maintenance
All-weather capabilities
Infrastructures
Urban environnement interactions
Sensors, autonomous flight
Human factors

Structure

Robustness, crash
Aeroelasticity
Health monitoring
Materials
Loads, vibration

Acoustics and noise

Reduced noise rotors, active control
Perception, certification

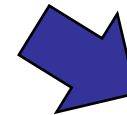


MDAO

Tradeoffs
performance/mission/mass/safety/environnemen
tal impact/handling qualities

Aerodynamics

Configuration, Interactions
Rotors, propellers efficiency
Drag reduction



**One of the ONERA
internal roadmap**

Vers une mobilité à la demande

Exemple à travers le concept PPlane



A pioneering concept for Personal Air Transport Systems

The PPlane Project has been funded by the European Commission

Under the Seventh Framework Program (FP7)

ACP8-GA-2009-233805

Coordinated by Onera

Claude Le Tallec, Scientific and Technical Manager



Transport aérien du futur

Infrastructure

La piste circulaire : projet ENDLESS Runway



THE OVERALL RUNWAY DIAMETER IS 3.5KM

Transport aérien du futur

Conclusion

Conclusion (1/2)

- Plusieurs scénarios d'évolution possibles pour le transport aérien futur qui mettent en évidence des orientations communes et des invariants technologiques
- De nombreux sujets non abordés ici mais de première importance
 - Ex : fuel de synthèse et bio fuel (procédés, matière première...), nuisances sonores, autres types d'aéronefs (dirigeables), autres moteurs (open rotor), supra-conduction, les moyens et outils de conception et de simulation avancées

Conclusion (2/2)

- Pour préparer l'émergence de l'avion du futur :
 - explorer les concepts de rupture sur les aéronefs, la gestion et l'organisation du trafic, les concepts d'opération
 - développer des approches globales (systémiques) **intégrant les cycles de vie** (ex. production d'énergie électrique ou de vecteurs d'énergie type H2, utilisation de matières premières rares...)
 - mettre en lumière les vecteurs scientifiques et technologiques pour démarrer au plus tôt les travaux de R&D requis