

Présentation des projets du Cursus Master Ingénierie Aéronautique, Transports et Énergétique (CMI-ATE) UFR SITEC

Version J7 le 14.9.2023
MK_projets_CMI_ATE



Véhicule très basse consommation, le PR01

En collaboration avec Xavier Durocher et l'association ADVEVA, ce véhicule a été sensiblement amélioré en 2019, avec des résultats notables lors des compétitions EDUCECO et Shell Eco Marathon.

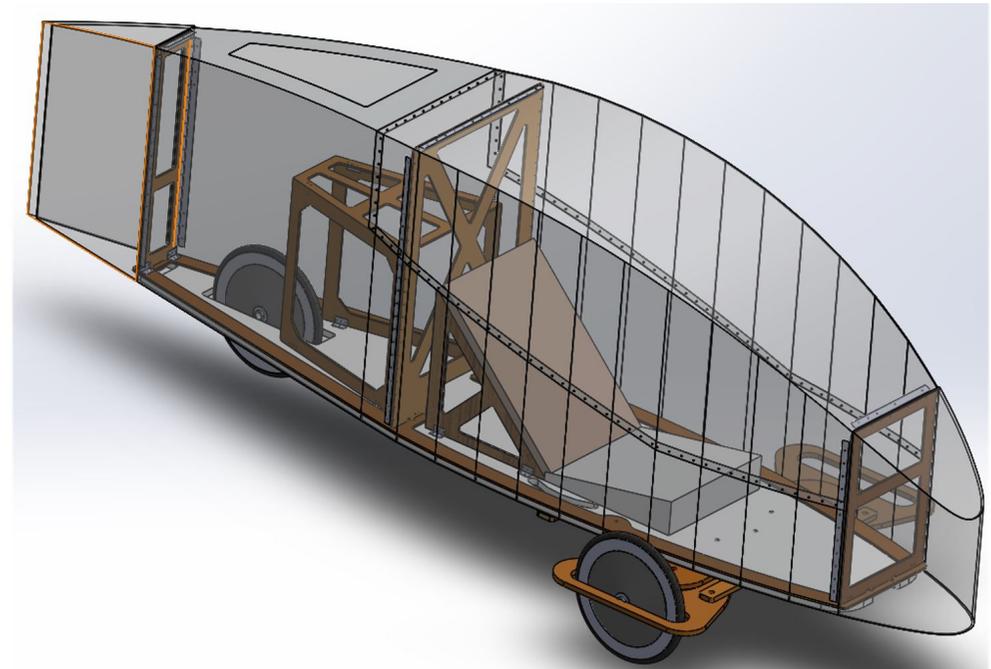
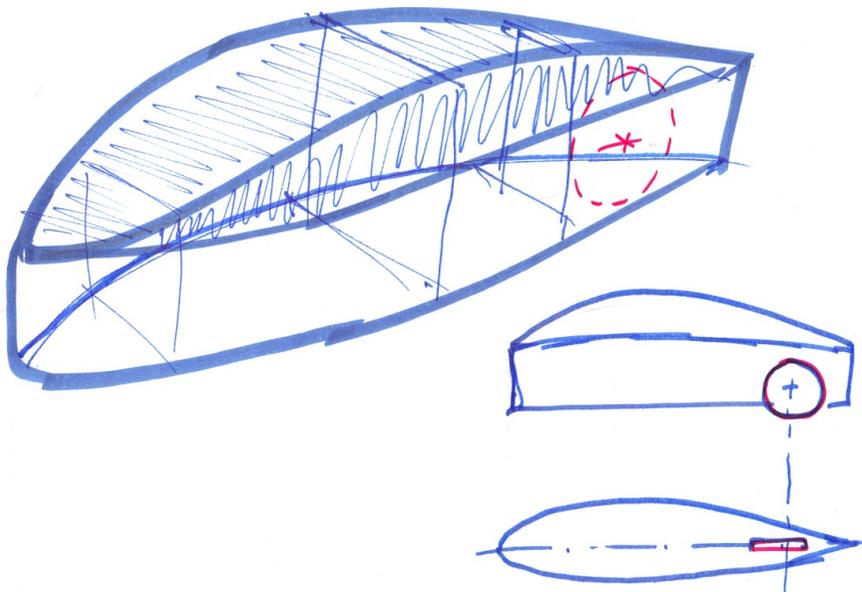
2019 > 2023



Conception de l'EcoCar2020

2020 > 2025

Ce projet prend la relève du PR01 toujours en collaboration avec l'association ADVEVA. L'objectif est de concevoir un véhicule particulièrement économique à produire dans un contexte industriel à des fins de formation. L'accent est mis sur l'ergonomie, la facilité de contrôle et de maintenance, la reproductibilité... Ce véhicule est compatible avec des propulsions électriques (version batteries et version pile à combustible) et thermiques.



2021 > 2026

Conception de dérivés de l'EcoCar, véhicules routiers ultra-économiques

Il s'agit d'imaginer des dérivés particulièrement économiques à l'achat et à l'usage. Ces véhicules électriques ou hybrides sont conçus pour rouler à une vitesse moyenne de 70 km/h, la vitesse maximale étant de 90 km/h.

Les concepts développés, par leur légèreté et leur aérodynamisme, apportent une diminution considérable du besoin en énergie, donc de la masse des batteries. Par rapport aux standards des véhicules électriques actuels, la masse des batteries est divisée par cinq à autonomie identique aux compactes électriques les plus courantes (380 km) et par dix comparé aux lourds véhicules premium. Un modèle de dimensionnement a été développé pour déterminer ces économies de manière rapide et fiable (cf. tableau page suivante). Avec sa dimension industrielle et accessible à tous, notre concept illustre la facilité d'accès à des véhicules ultra économiques autant à l'achat qu'à l'usage.

Dérivés biplaces 90 km/h max (réglementation trike P > 15 kW) :

| Type véhicule | Dfr = distance franchissable véhicule | | | | Mt = masse totale max véhicule | | |
|---|---------------------------------------|------------------|----------------------|----------|--------------------------------|---|------------------|
| | v | Mu = masse utile | Mb = masse batteries | Delta Mb | v | Mb 100 km = masse batteries pour réaliser cent km | Delta Mb au cent |
| | Dfr | Mu | Mb | Delta Mb | Mt | Mb 100 km | Delta Mb au cent |
| | km | kg | kg | % | kg | kg | % |
| Véhicule Electrique Type (VET) offre 2020, 384 km | 384 | 425 | 325 | / | 1925 | 84,7 | / |
| CMI-ATE monoplace 120 km | 120 | 100 | 11 | -97 | 282 | 9,1 | -89 |
| CMI-ATE monoplace 384 km | 384 | 100 | 40 | -98 | 356 | 10,5 | -98 |
| CMI-ATE biplace 384 km | 384 | 200 | 74 | -77 | 693 | 19,2 | -77 |
| CMI-ATE biplace 600 km | 600 | 200 | 133 | -77 | 841 | 22,1 | -77 |
| CMI-ATE biplace 80 km + groupe électrogène | 80 | 240 | 15 | -96 | 645 | 18,3 | -78 |

Les caractéristiques ci-dessus sont établies à une vitesse constante de 70 km/h. Toutefois, les autonomies sont peu impactées par un cycle d'usage de type NEDC ou WLTC dans la mesure où les véhicules électriques récupèrent l'essentiel de l'énergie cinétique lors des ralentissements et l'essentiel de l'énergie potentielle lors des descentes.

MK le 5/5/2020 B8 le 8/6/2021

Version purement électrique : les masses de batteries et les consommations sont divisées par cinq par rapport à une compacte électrique type et par dix par rapport à un SUV lourd.

Version électrique assistée : masse de batteries divisée par vingt par rapport à une compacte type mais la propulsion devient thermique au-delà de 80 km (conso de l'ordre de 1,2 l / 100 km).

Conception d'avions sans pilote

Il s'agit d'imaginer une gamme d'avions sans pilotes respectant, à des fins de formation, les points clés de la réglementation aéronautique CS23 niveau 1. Ceci toujours dans un esprit de réduction des coûts par la simplification des systèmes.

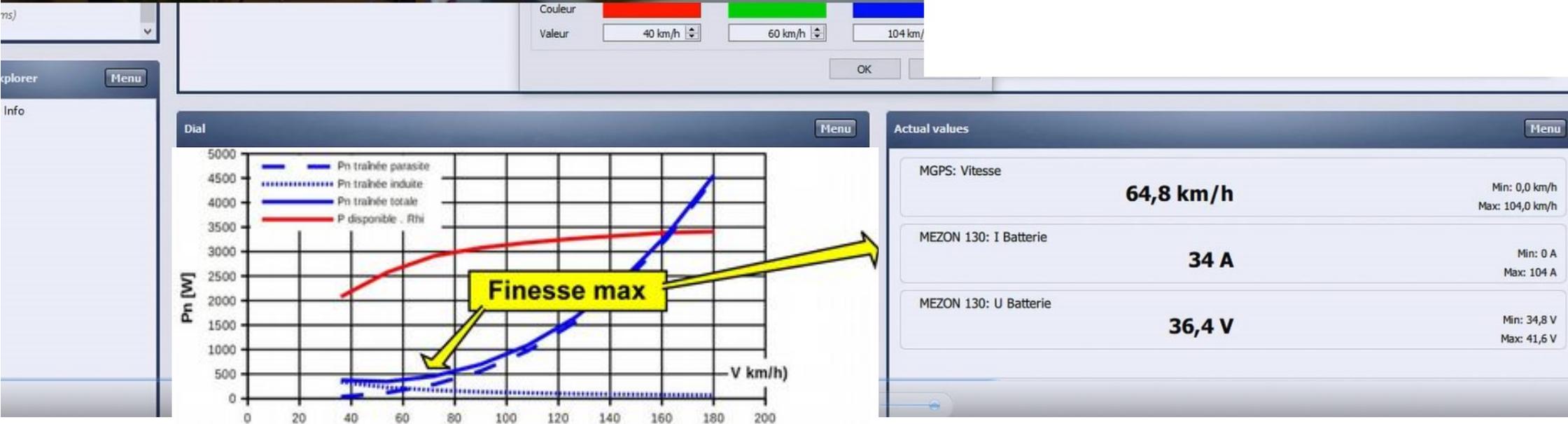
Le premier avion a été conçu à distance et lors de stages de mars à septembre 2020. Ces avions donnent aujourd'hui entière satisfaction. De nombreux nouveaux supports de cours sont issus de ce projet dans les domaines suivants : définition des caractéristiques d'un aéronef, conception de la cellule, propulsion, gestion de l'énergie, essais au sol, essais en vol, diagnostics aérodynamiques et recherche de solutions correctives...



Exemple d'exploitation de données récupérées par télémétrie :



Recherche de la
puissance à la vitesse
de finesse max

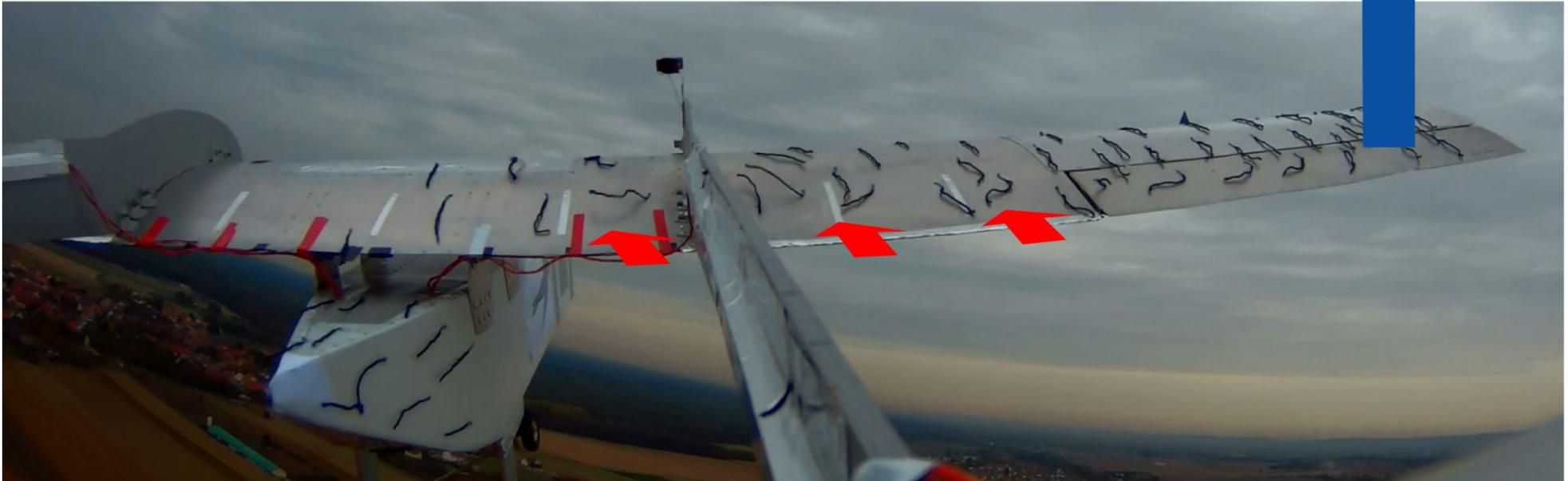
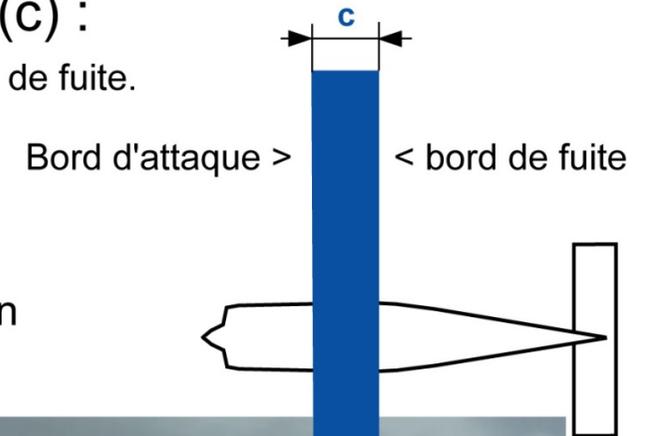


Exemple de diagnostics en vol réalisés par les étudiants :

Analyse de la progression du décrochage selon la corde (c) :

Corde (c) = largeur de l'aile vu de dessus = distance entre le bord d'attaque et le bord de fuite.

Nous constatons une progression du décrochage du bord de fuite vers le bord d'attaque, et non pas l'inverse. Un décrochage de bord de fuite est progressif et prévenant. Ceci est un facteur de sécurité quant au comportement de l'avion en début de décrochage : le contrôle en roulis est préservé (cf. cours sur la portance).



Le type de décrochage, décrochage de bord de fuite ou de bord d'attaque, dépend du profil (cf. cours sur la portance).

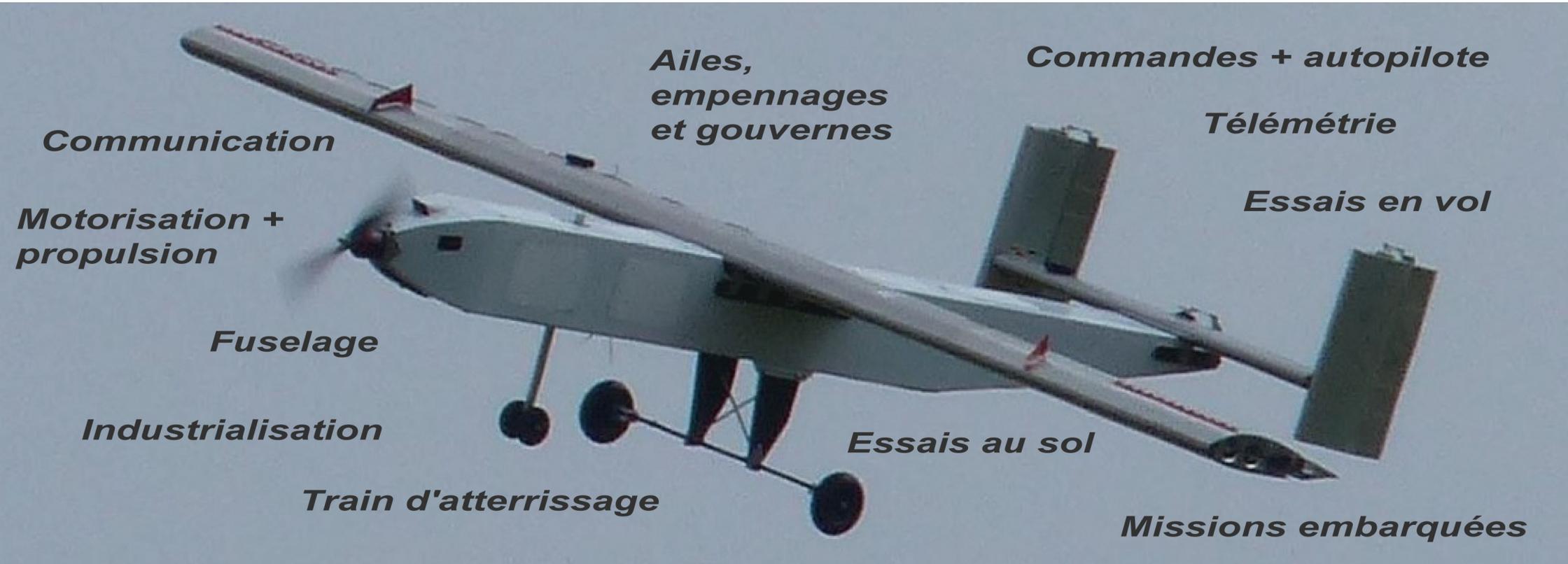
Avion 1 conçu entre mars et septembre 2020

2020



Avion 3 conçu entre mars et août 2021

2021



Communication

*Ailes,
empennages
et gouvernes*

Commandes + autopilote

Télémétrie

*Motorisation +
propulsion*

Essais en vol

Fuselage

Industrialisation

Essais au sol

Train d'atterrissage

Missions embarquées



Avions 4, 5 et 6

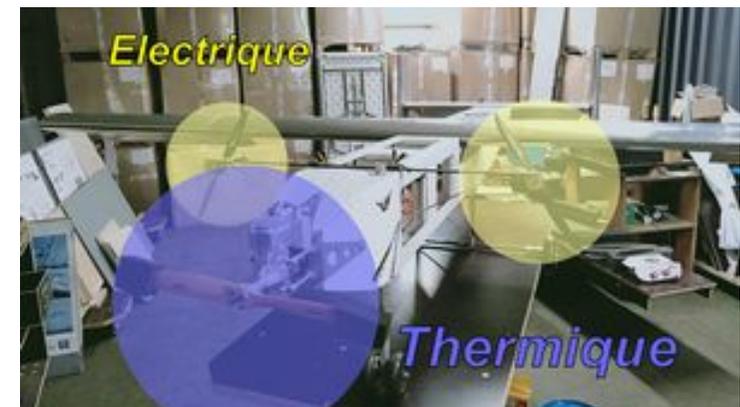
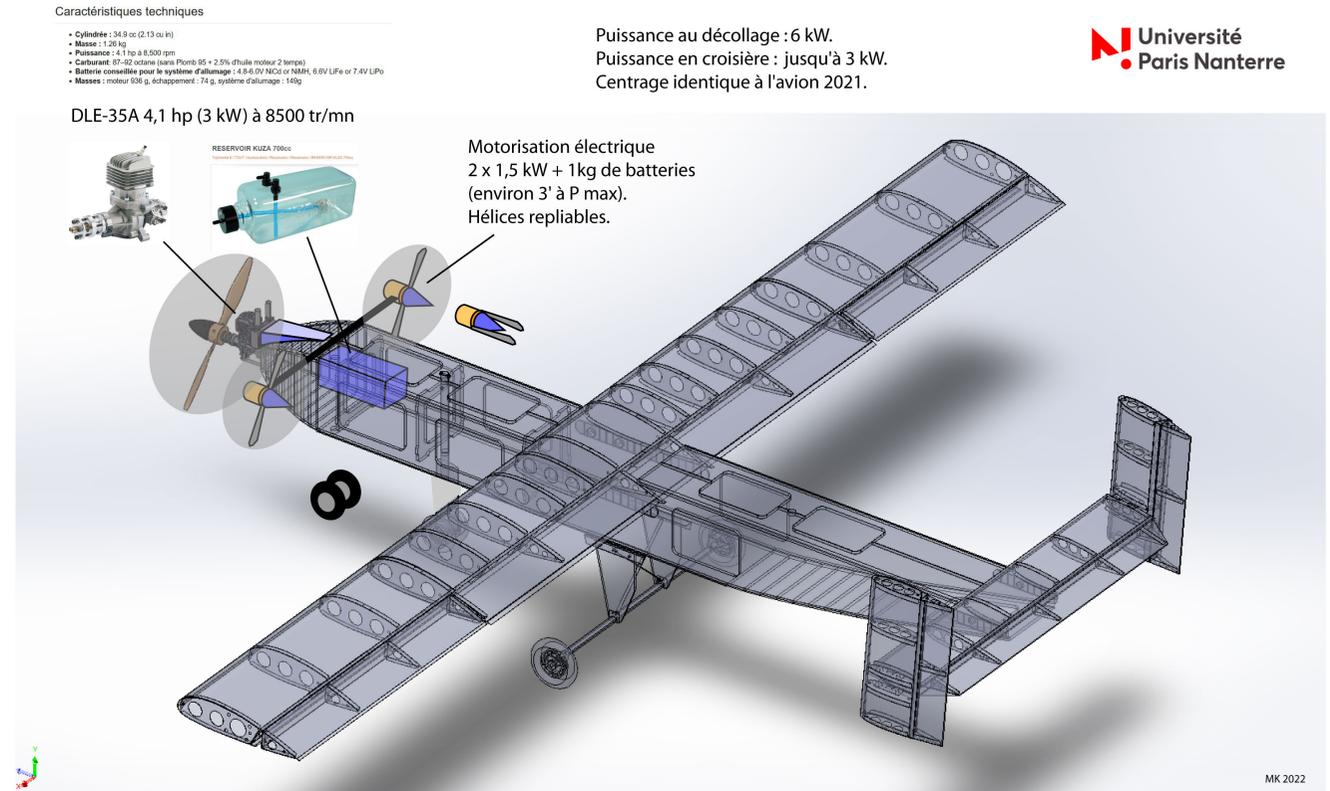
2022 > 2026

Ces projets mobilisent des compétences pluridisciplinaires. Quels que soient les aéronefs, il reste à poursuivre les sujets suivants : missions embarquées, autopilote, insertion dans l'espace aérien, communication...

Pour les avions développés et à des fins de formation, nous exploitons l'effet de gamme afin de réduire les temps et moyens de développement de manière drastique. Ainsi l'avion 3 et ses dérivés pourront quasiment doubler leurs masses au décollage au prix de modifications mineures. En complément et dans le cadre des projets, les étudiants concevront tout aussi facilement un avion nettement plus grand utilisant les mêmes technologies ultra simples comparées aux standards actuels. Les technologies imaginées permettent ainsi d'assembler l'avion 3 et ses dérivés en une quinzaine de jours par deux étudiants.

L'avion 3 évolue en différentes versions dont un avion hybride à moteurs non liés, l'avion 4. L'hybridation à moteurs non liés est une solution originale et performante qui permet d'envisager des vols de longues durées de manière particulièrement économique en énergie. Les essais en vol de l'avion 4 sont en cours (photos page suivante).

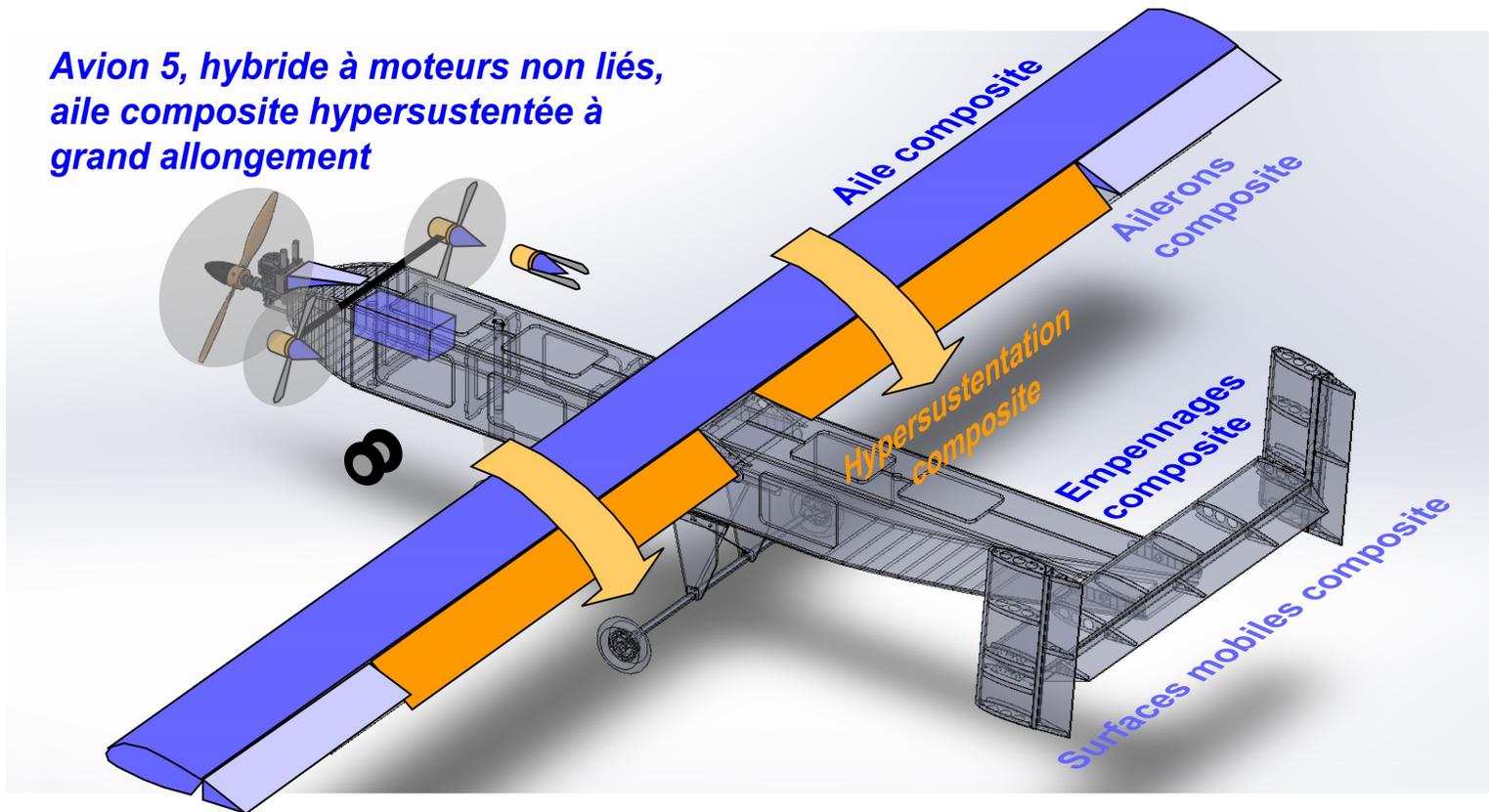
Par ailleurs, cette solution fait l'objet de l'étude d'un concept d'avion de transport 19 places (voir pages suivantes).



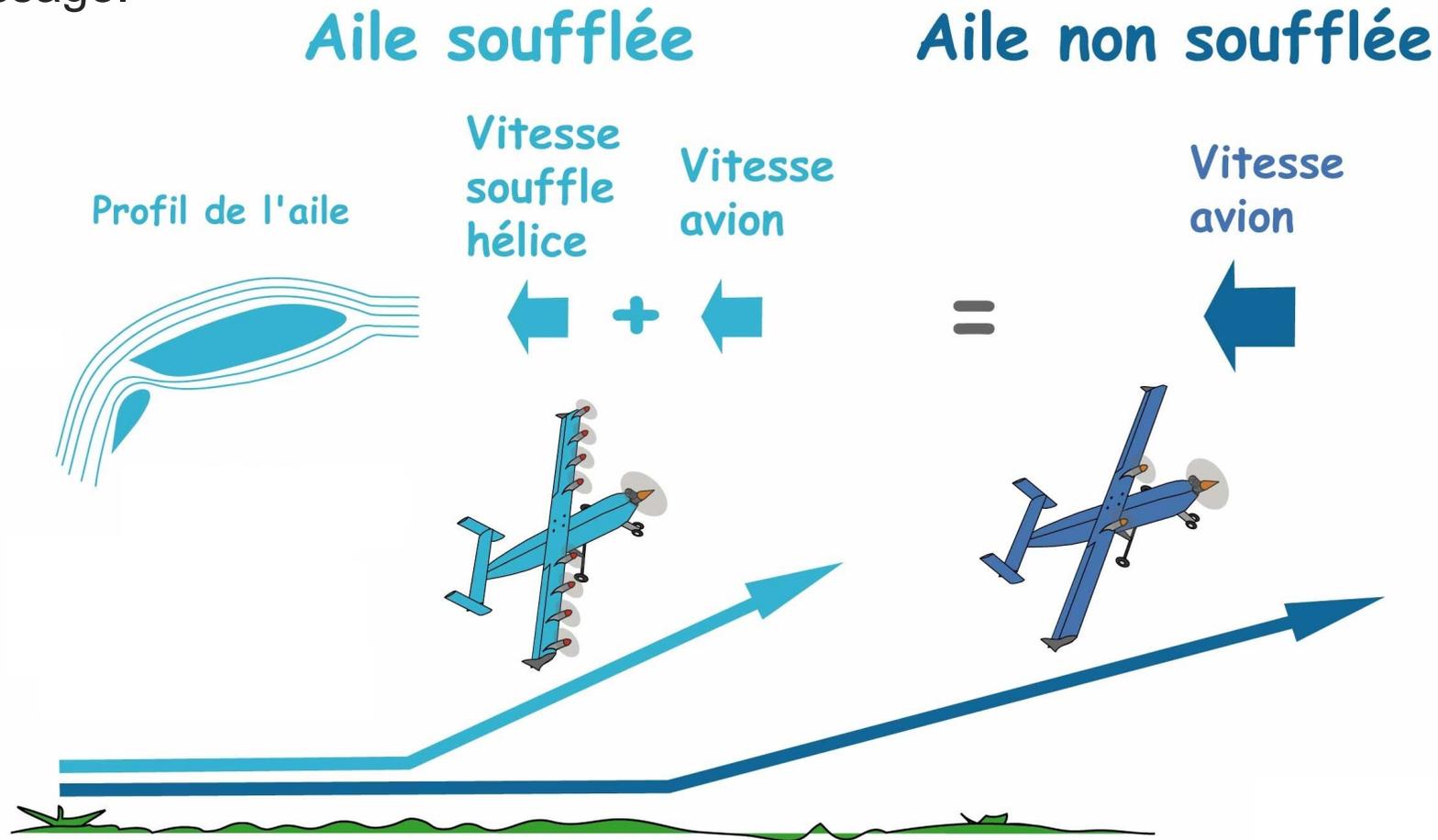


L'avion 4 hybride évolue vers l'avion 5 à aile composite hypersustentée à grand allongement. Cette solution permet de réduire la vitesse minimale de sustentation (V_{so}) tout en réduisant la traînée induite par la portance en croisière avec pour effet une diminution du besoin en énergie.

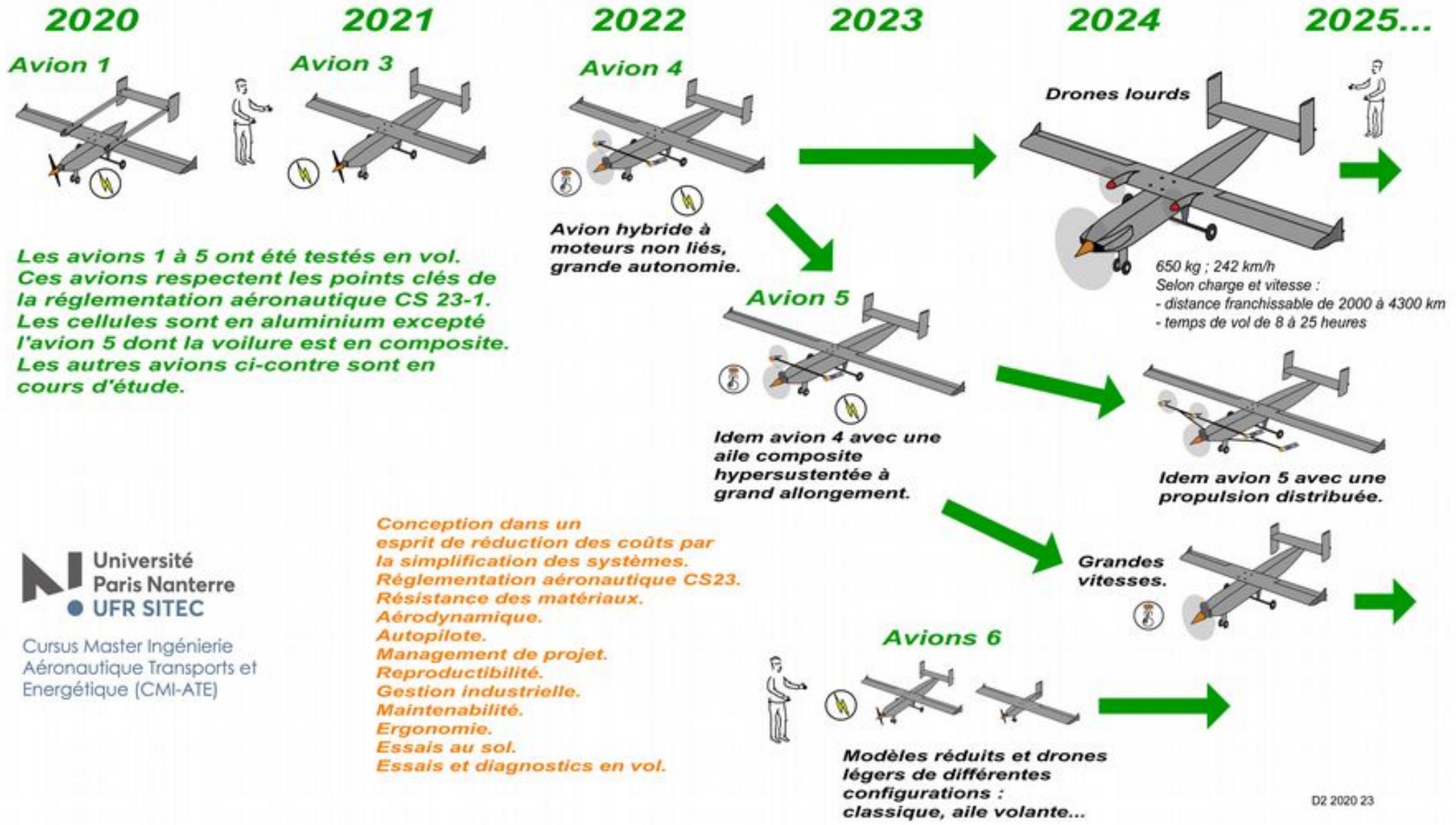
*Avion 5, hybride à moteurs non liés,
aile composite hypersustentée à
grand allongement*



Une autre version consistera à développer une « propulsion distribuée » ce qui permet de « souffler l'aile » afin de réduire les distances de décollage et d'atterrissage.



Les pages suivantes présentent un synoptique de quelques projets.



2020

2020-2025
Drone électro-solaire stratosphérique.

2021

Avion 2.1



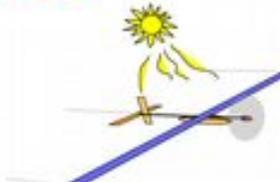
Démonstrateur.

2022

Avion 2.2



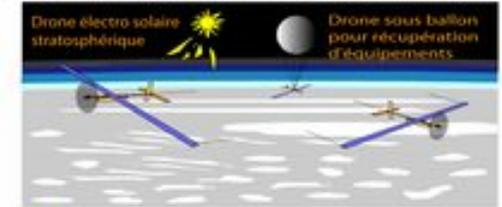
2023



Equipement en cellules photovoltaïques.

2024

Essais dans la stratosphère, objectif 25000 m



2025...

2021-2024
Autopilote
Communications.



2021-2025
Missions embarquées.

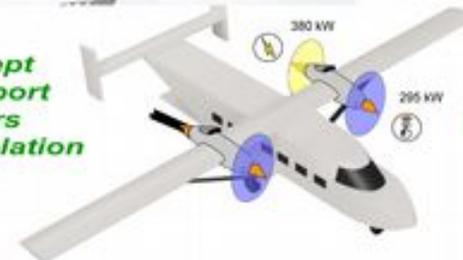


2022-2025
Avion biplace et dérivés.



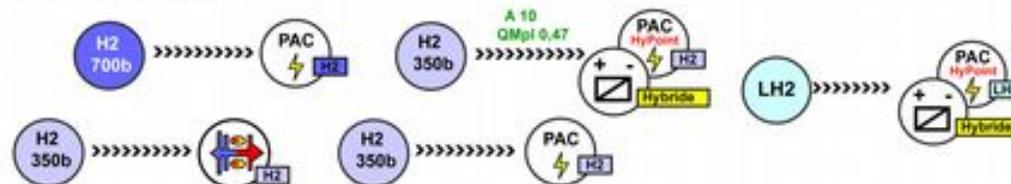
Avions 7

2023-2025 Concept d'avion de transport hybride à moteurs non liés (extrapolation de l'avion 4).



Avion 8

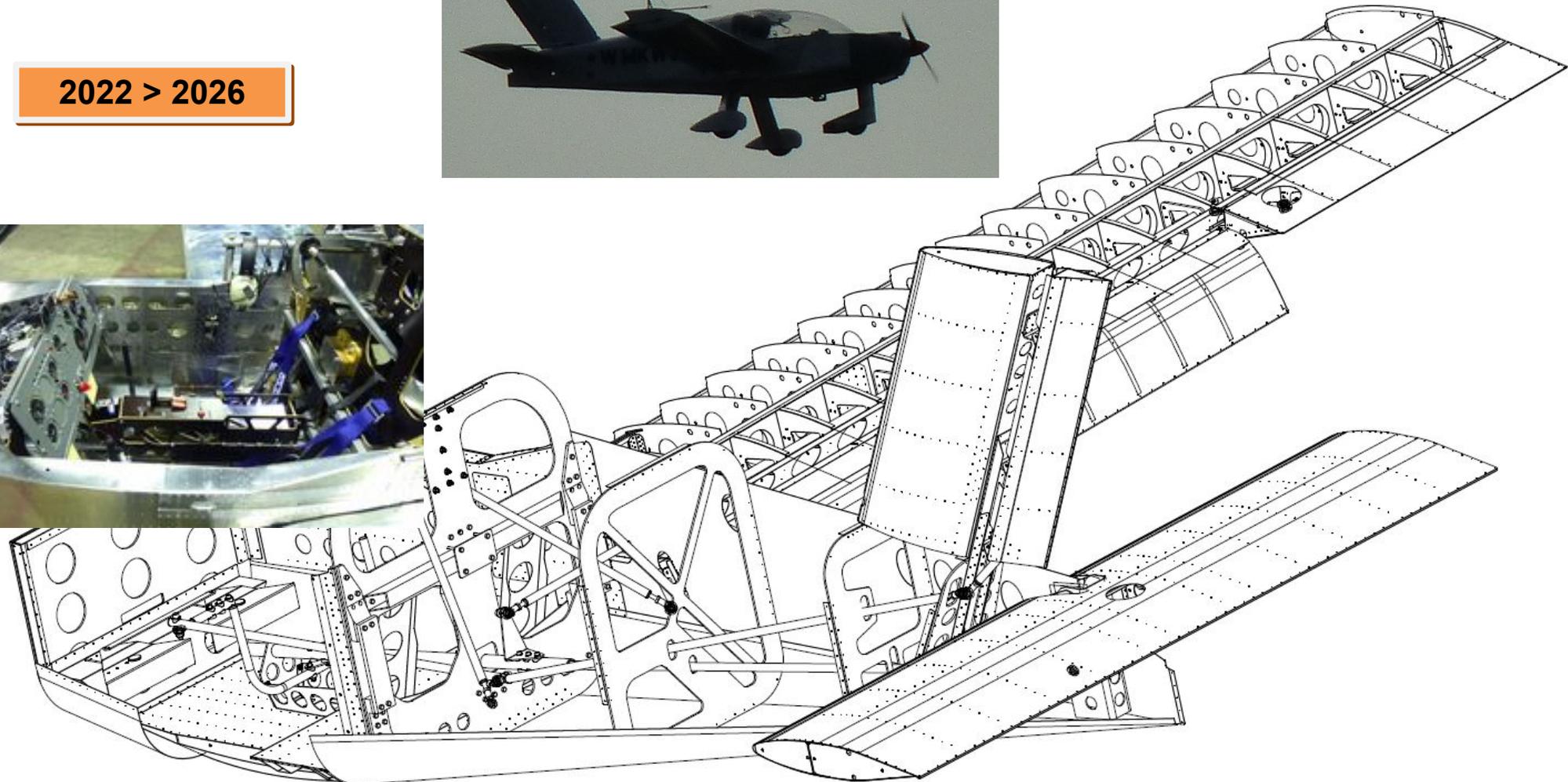
2021-2025 Avions H2.



Conception d'avions pilotés

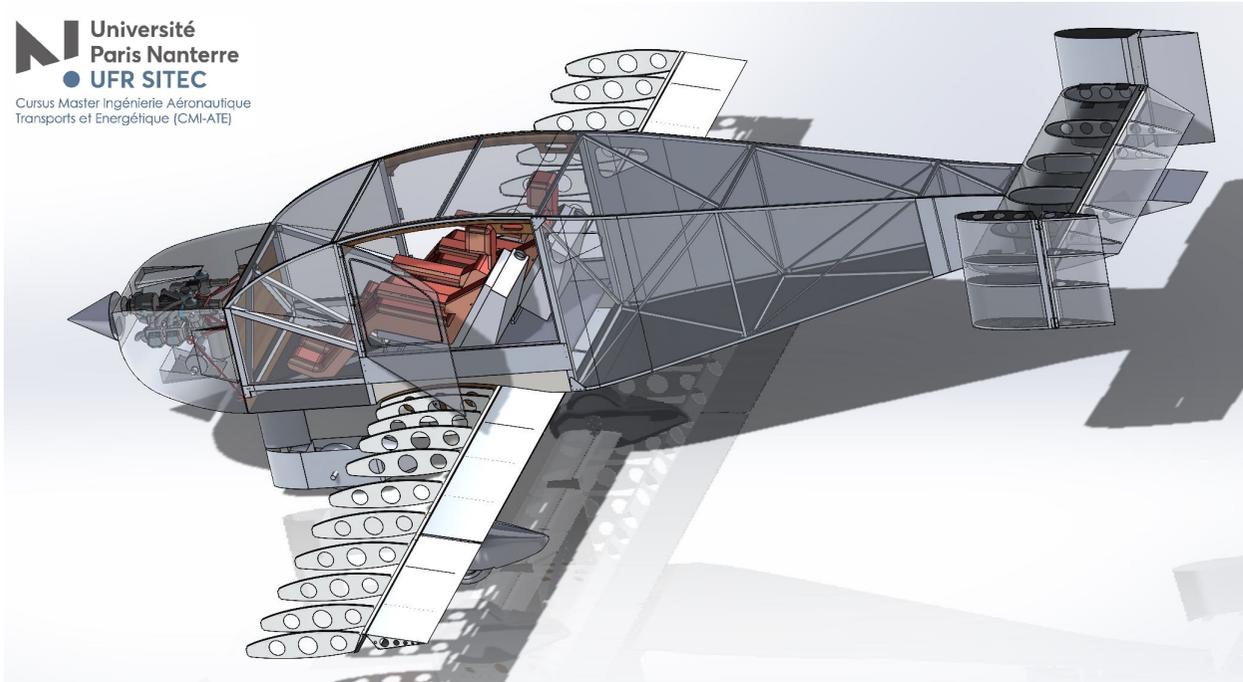
La maîtrise, par les étudiants, de la conception d'avions sans pilotes ouvre la porte à la conception d'avions pilotés conçus sous réglementations CNRA, CNSK, CS23-1 et ULM.

2022 > 2026



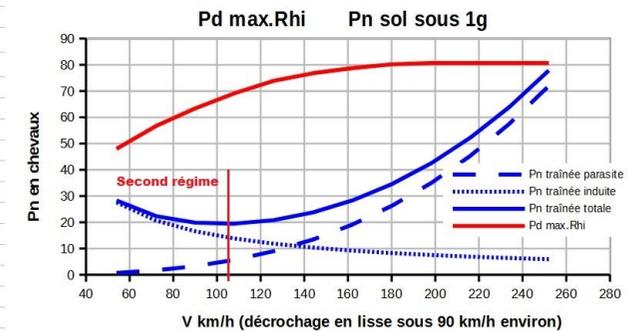
Avion biplace performant particulièrement économique autant à la production qu'à l'usage

2022 > 2024



0,0070
100

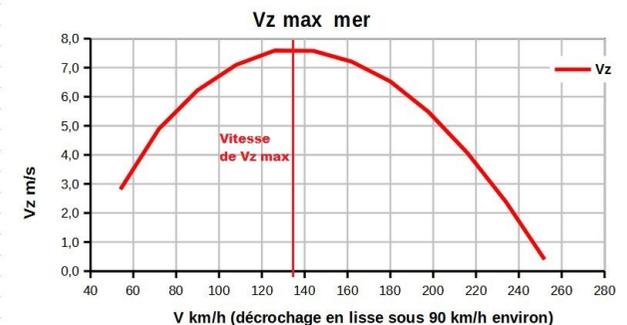
Performances au
niveau de la mer



Dérivés en préparation :

- 1- voilure composite issue de l'avion 5 ;
- 2- propulsion hybride à moteurs non liés issue de l'avion 4 (cf. pages précédentes) ;
- 3- avion cargo léger ;

Performances au
niveau de la mer



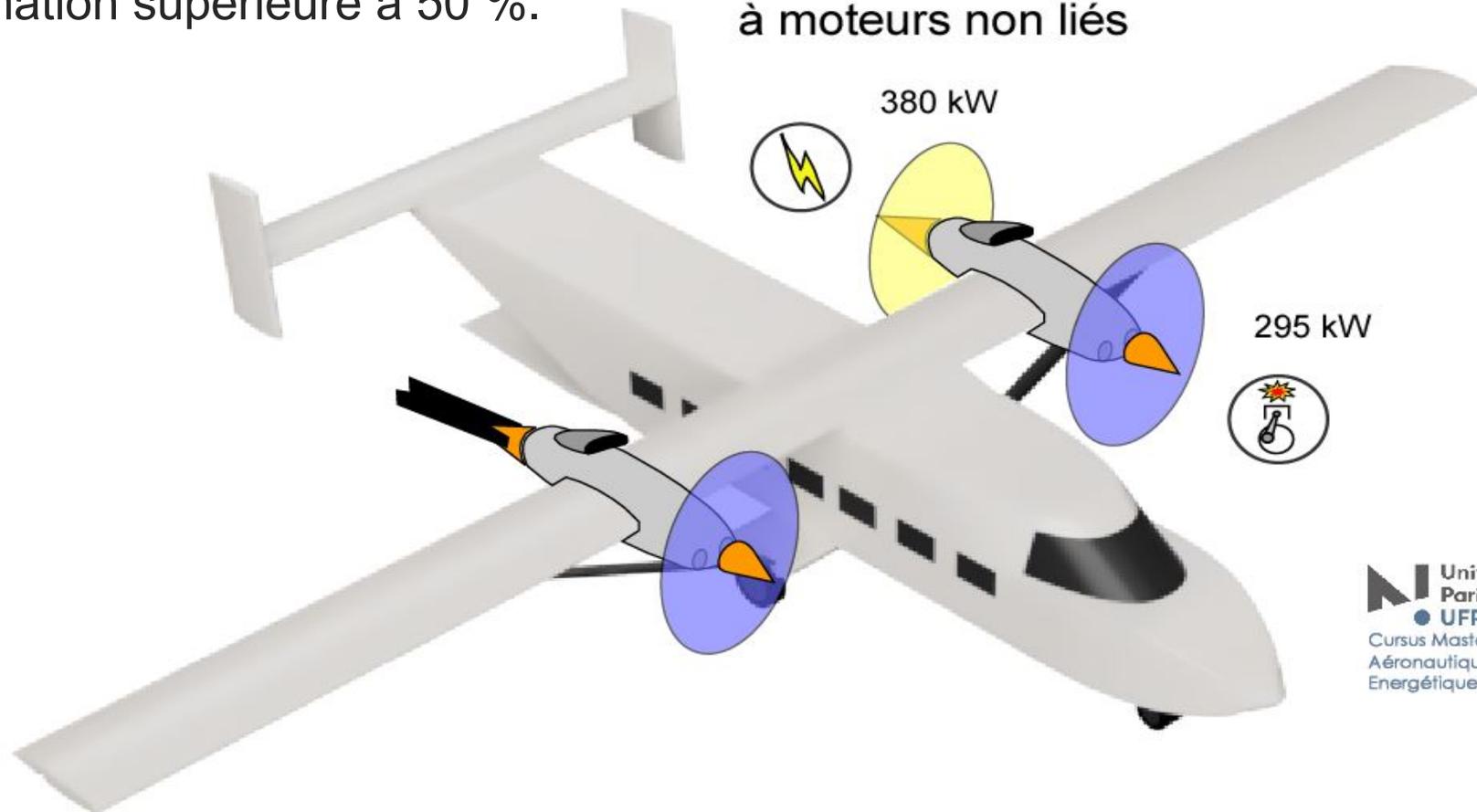
...

Concept d'avion de transport 19 places hybride particulièrement économique

2023 > 2025

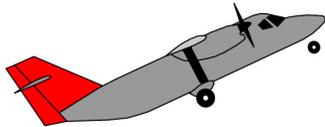
Notre principe hybride combiné à une réduction de vitesse de 30 % permet une diminution de la consommation supérieure à 50 %.

Avion de transport hybride
à moteurs non liés

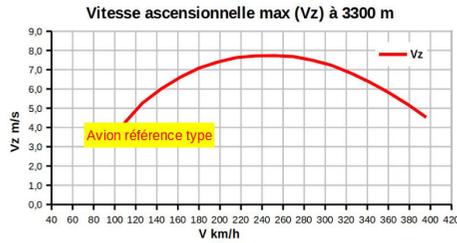


3300 m

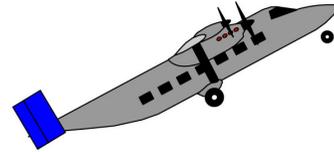
Avion référence 19 places type



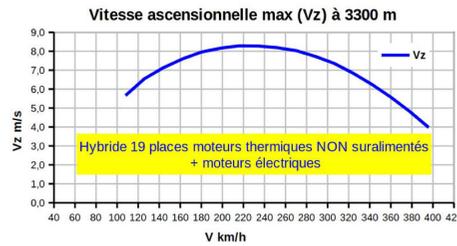
Vz max 3300 m = 7,6 m/s



Hybride 19 places moteurs thermiques NON suralimentés + moteurs électriques



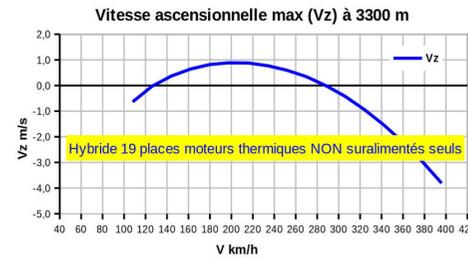
Vz max 3300 m = 8,3 m/s limité à 3'



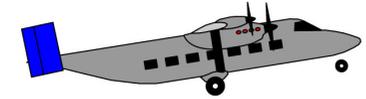
Hybride 19 places moteurs thermiques NON suralimentés* seuls



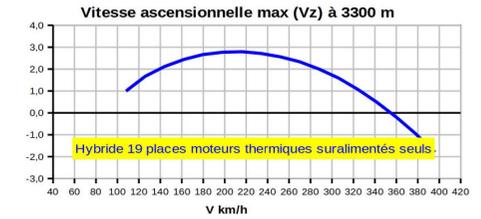
Vz max 3300 m = 1 m/s



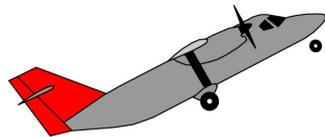
Hybride 19 places moteurs thermiques suralimentés* seuls



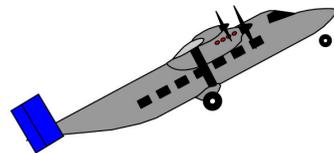
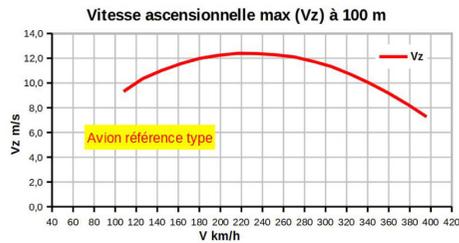
Vz max 3300 m = 2,8 m/s



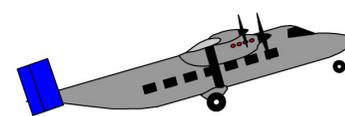
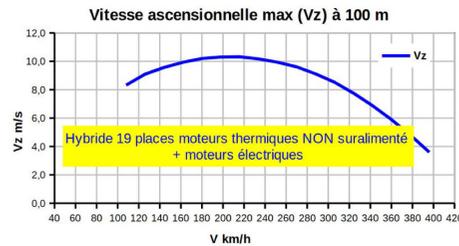
100 m



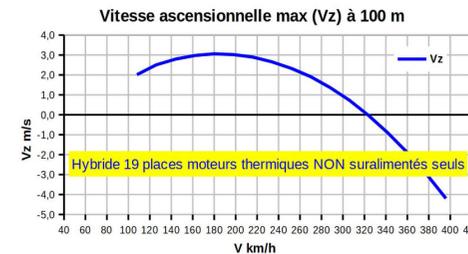
Vz max = 12,4 m/s



Vz max = 10,3 m/s



Vz max = 3,1 m/s



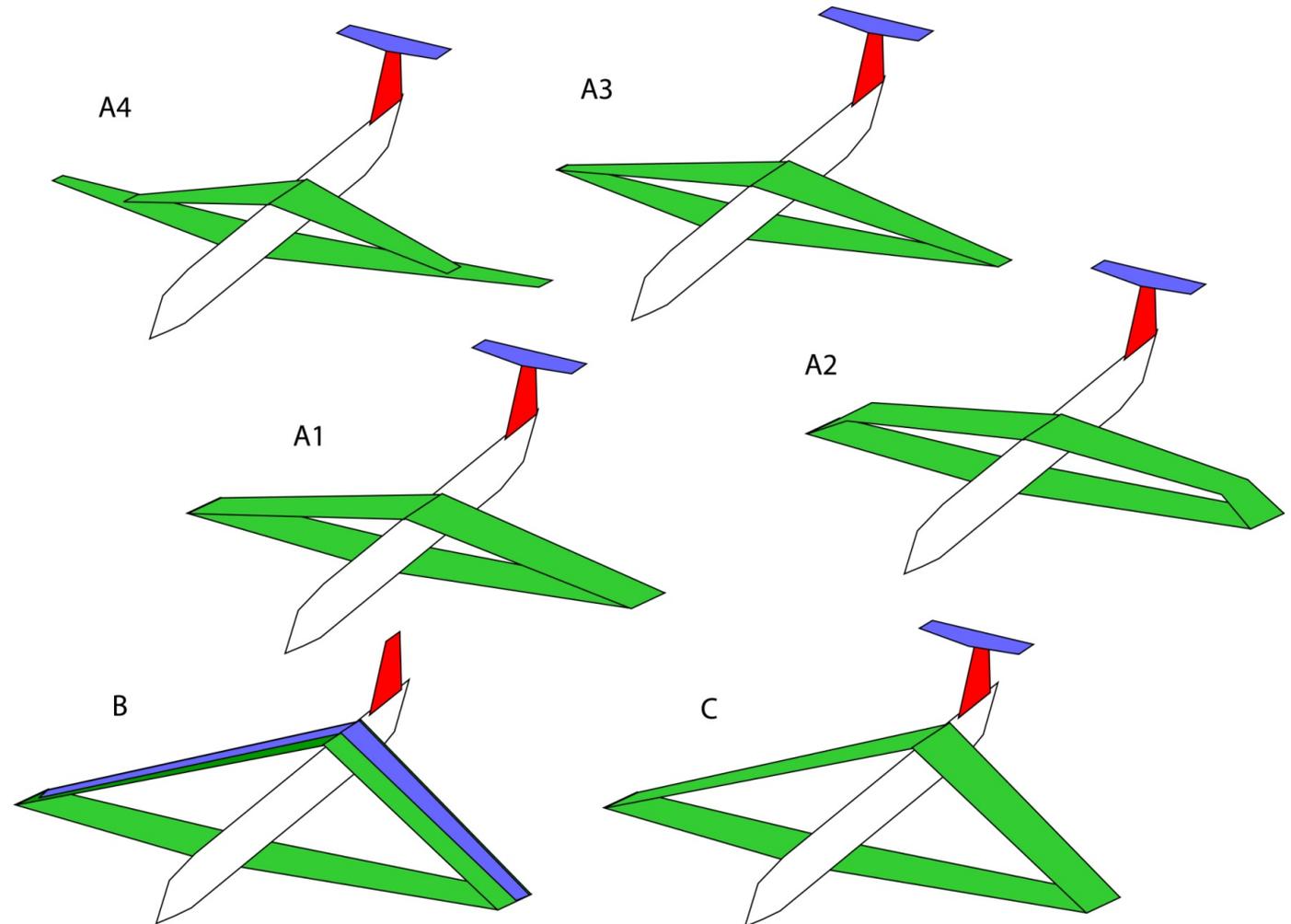
* voir scénarios de pannes moteurs

Idem

Étude des ailes rhomboïdales et de la formule biplan

2020 > 2023

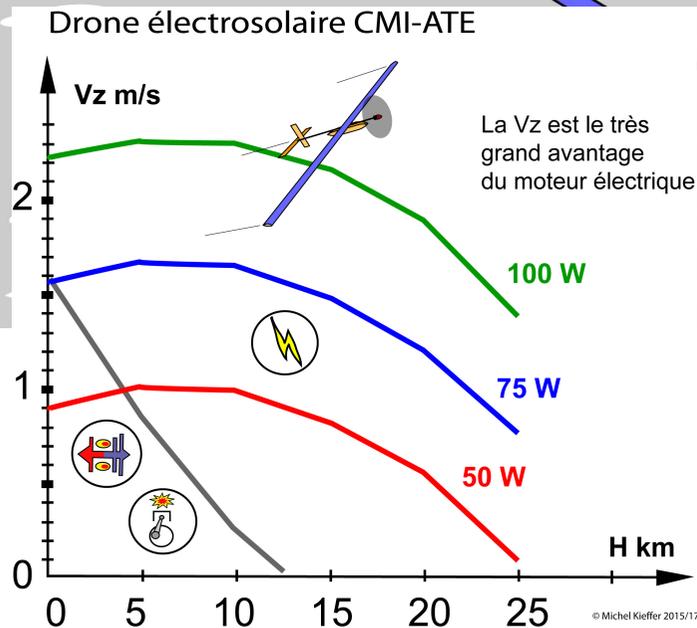
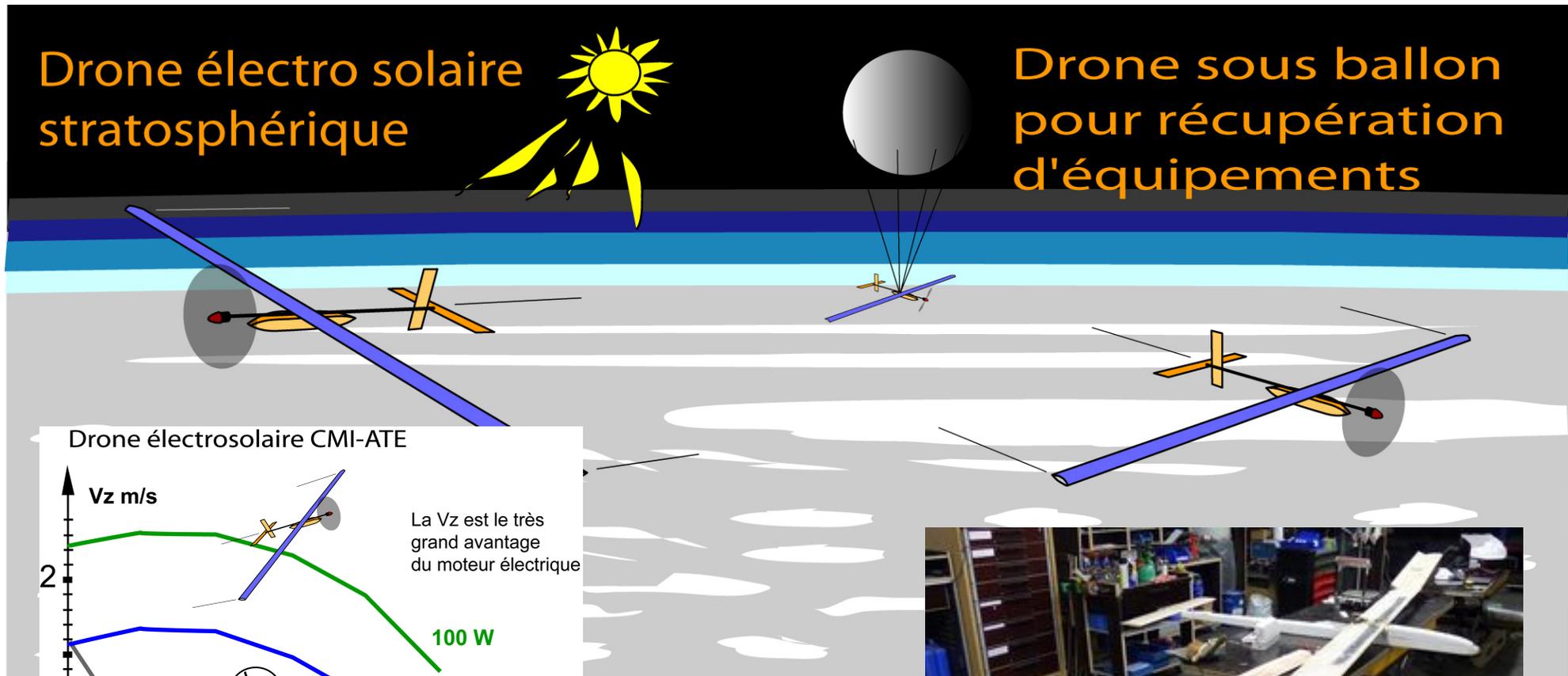
Analyse de différentes configurations d'ailes rhomboïdales et de la formule biplan (impact sur la traînée parasite, sur la traînée induite par la portance, sur la qualité massique...):



Conception d'avions électro solaires stratosphériques

2,2 kg pour 4,6 mètres d'envergure. Ce projet est réalisé en collaboration avec Xavier Durocher.

2018 > 2024



Domaine Marine & Offshore

Hélices de propulsion marines.

Méthodes de modélisations dans le domaine des bateaux.

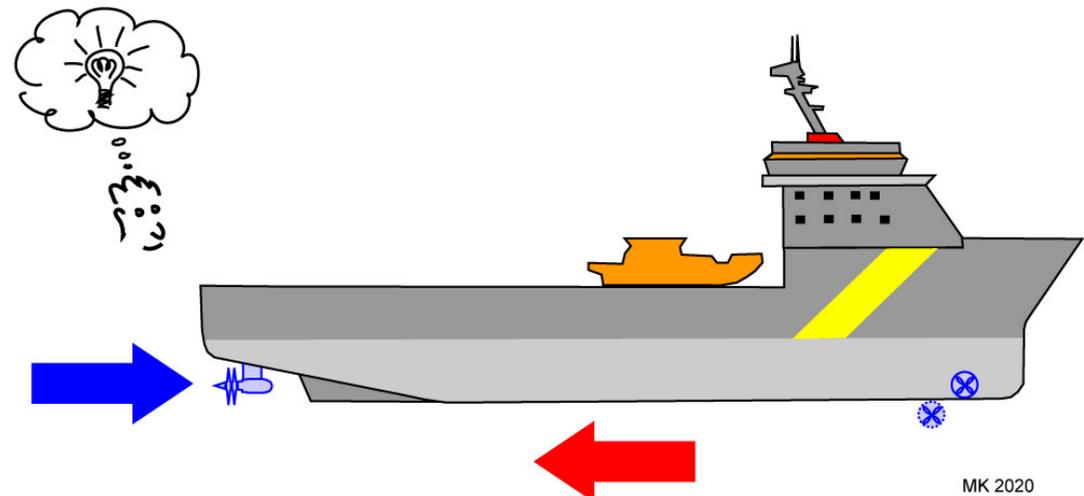
Assistance éolienne à la propulsion des cargos.

Étude de foils pour hydravions.

Extrapolations marines des avions sans pilotes présentés pages suivantes...



La méthode développée permet de déterminer la **traînée totale d'un bateau** compensée par la **force générée par l'hélice de propulsion** :

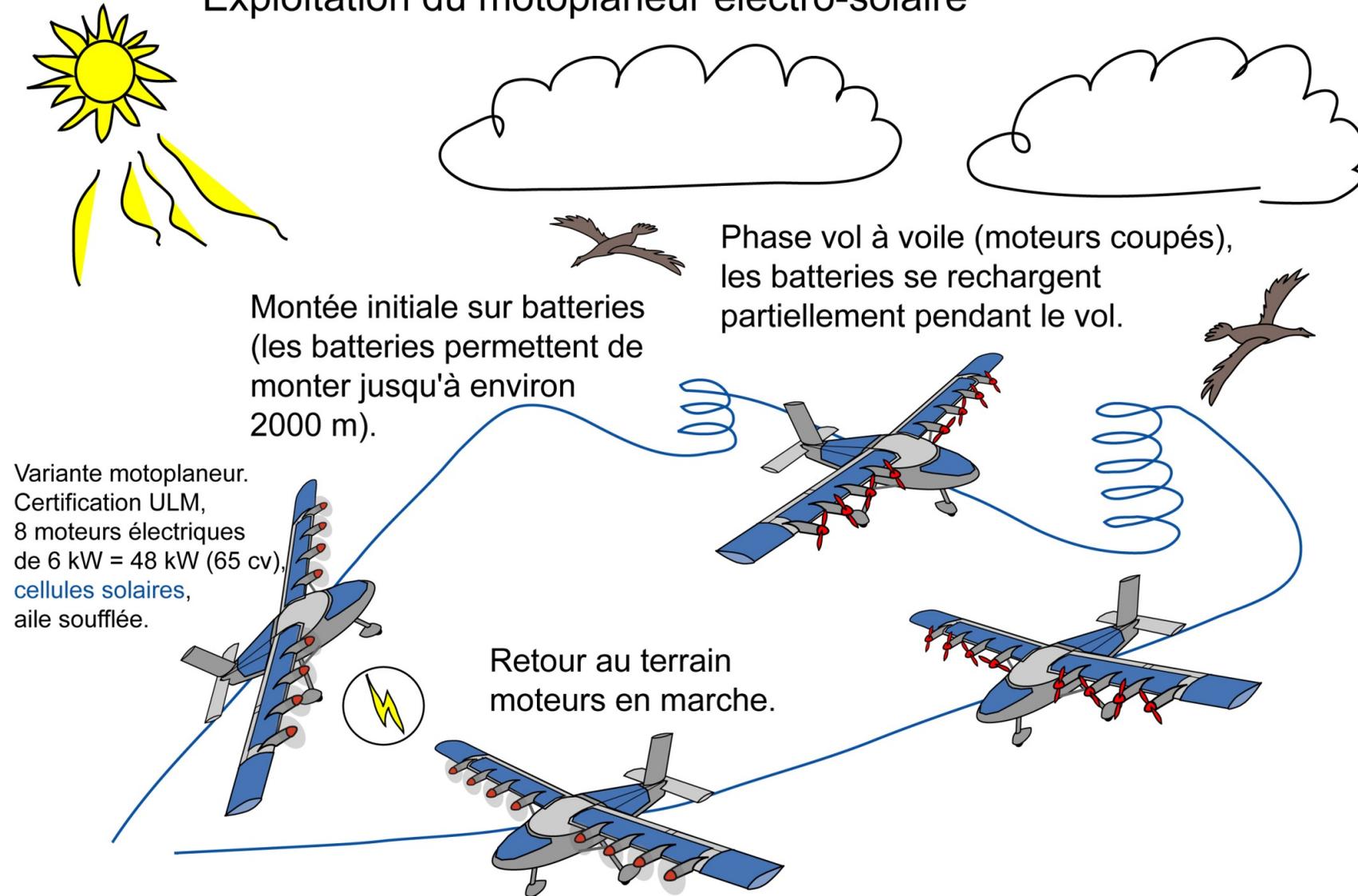


2020 > 2026

Étude du concept de motoplaneur électro-solaire

2020 > 2026

Exploitation du motoplaneur électro-solaire



Les cellules solaires assurent jusqu'à 20% de la puissance nécessaire au vol en palier à 1000 m

Rétro conception d'avions anciens

Retro conception et analyse critique de projets aéronautiques actuels

2020 > 2026

Étude de porteurs pour le vol suborbital (Défi Aérospatial Étudiant)

2018...

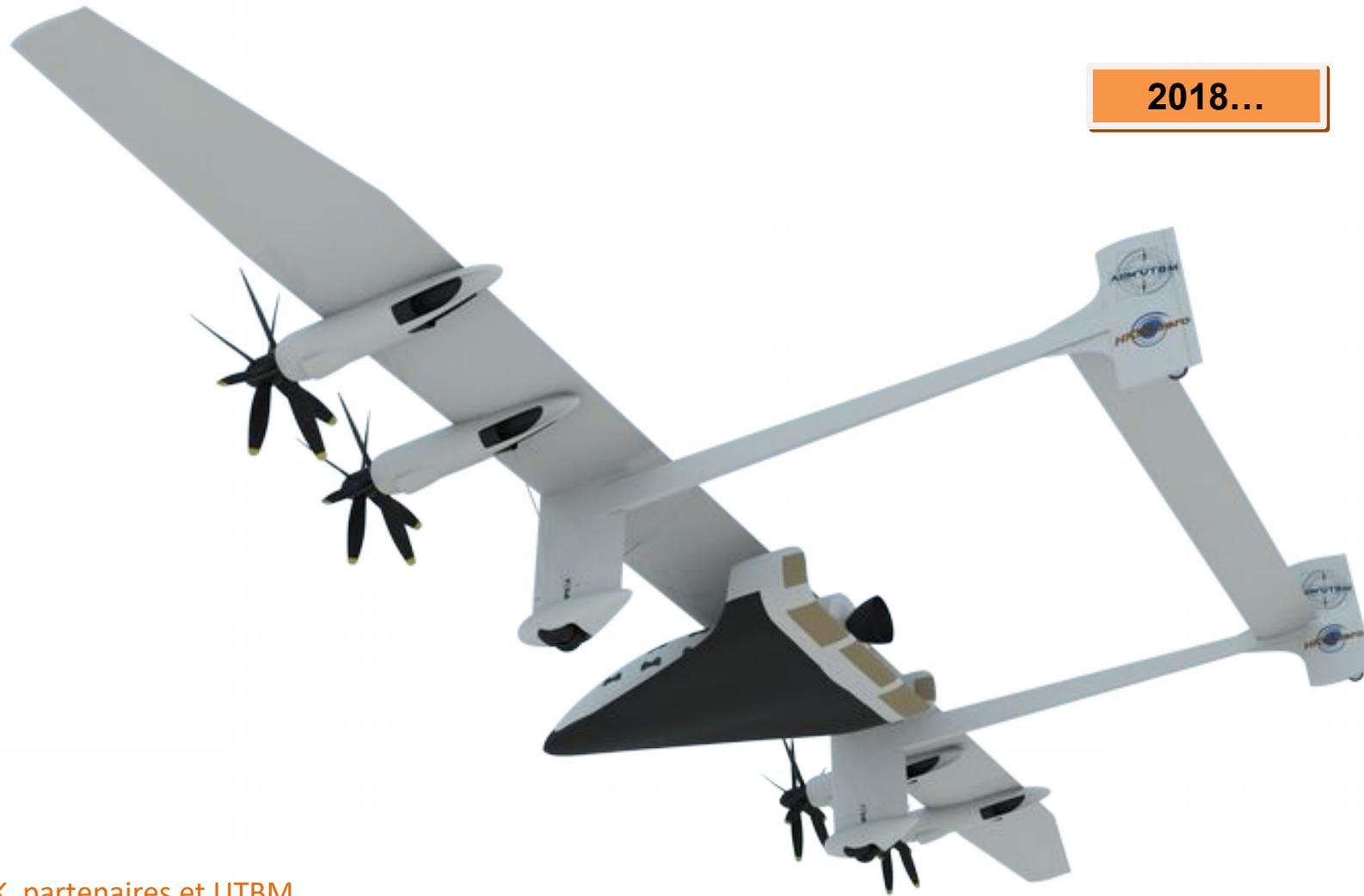


Image MK, partenaires et UTBM

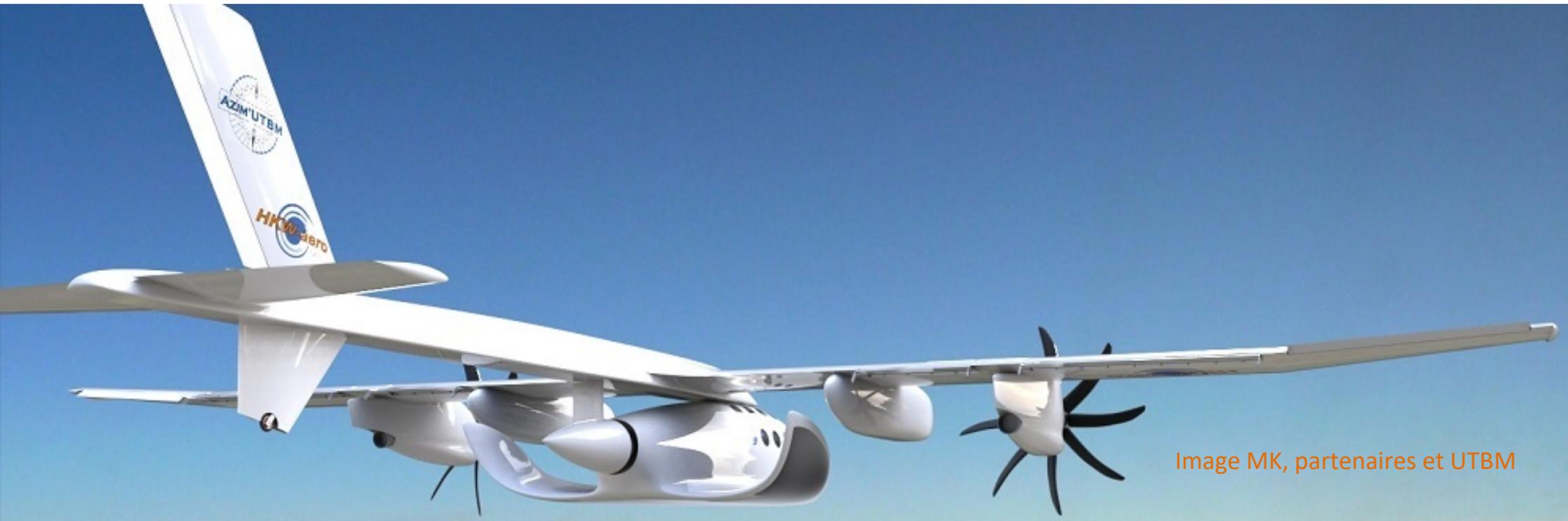
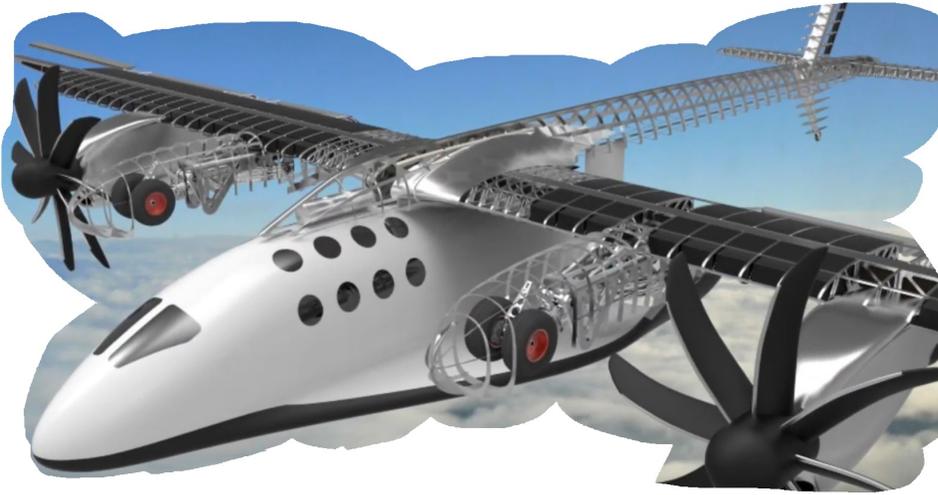
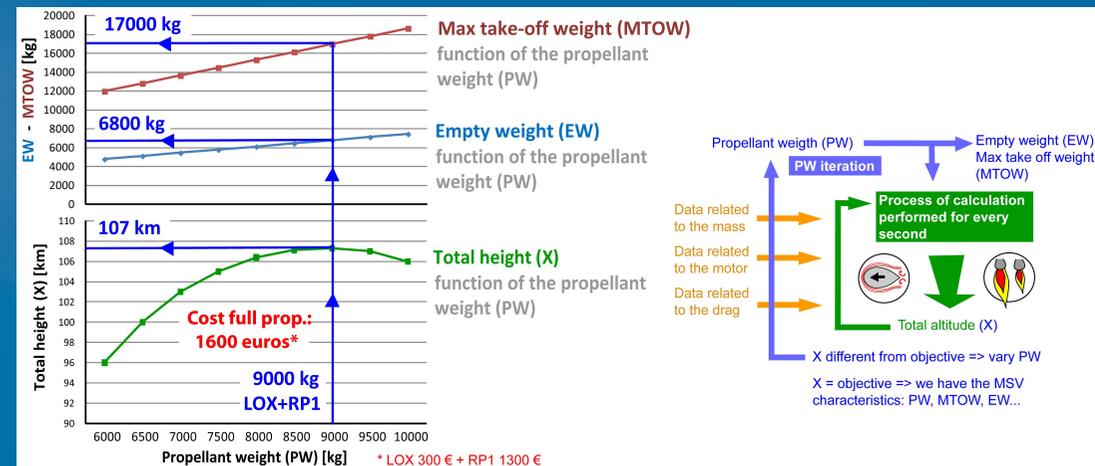


Image MK, partenaires et UTBM

Vol suborbital, étude d'aéronefs autonomes



Images MK, partenaires et UTBM



Recherche d'autres solutions pour le vol vertical et son contrôle sur les trois axes (solutions simplifiées)

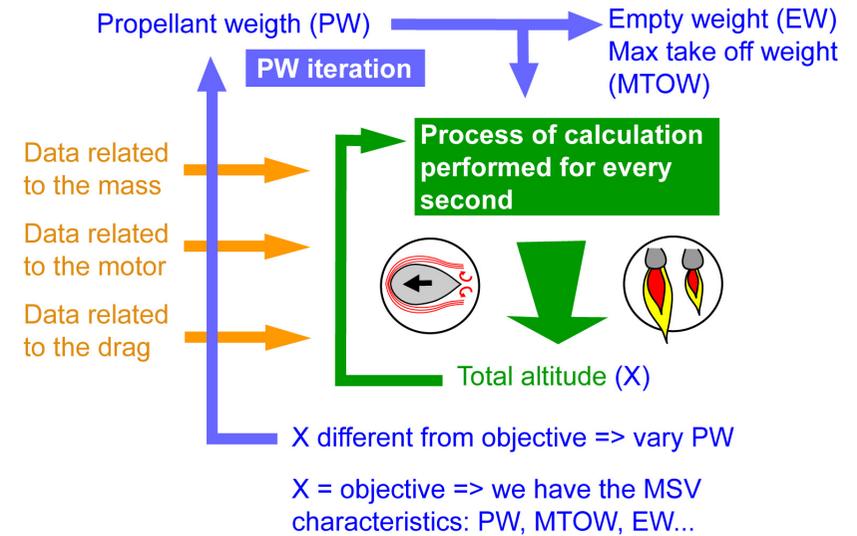
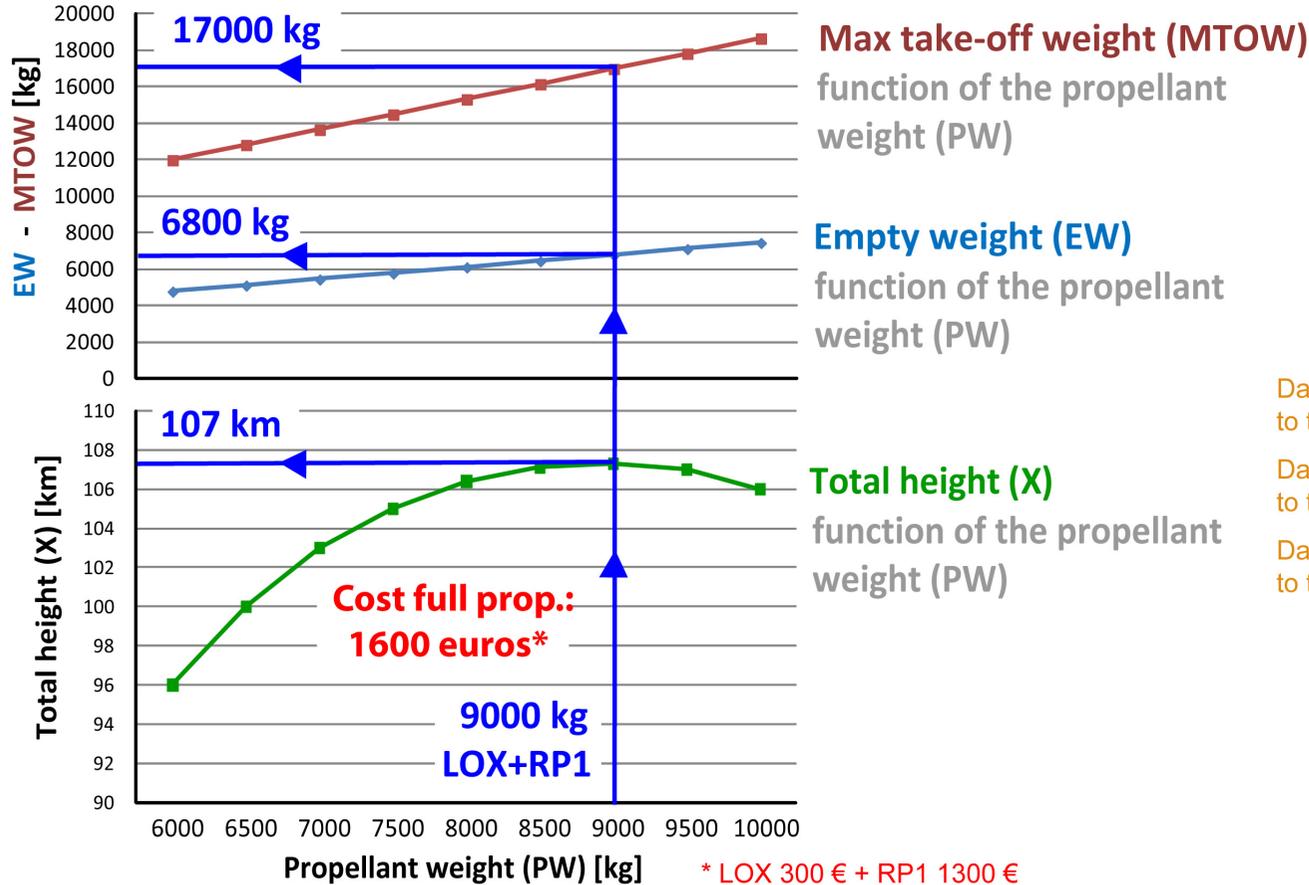
2020 > 2026

Réflexion sur la réduction des coûts par la simplification des systèmes (cellules avions, hypersustentation...)

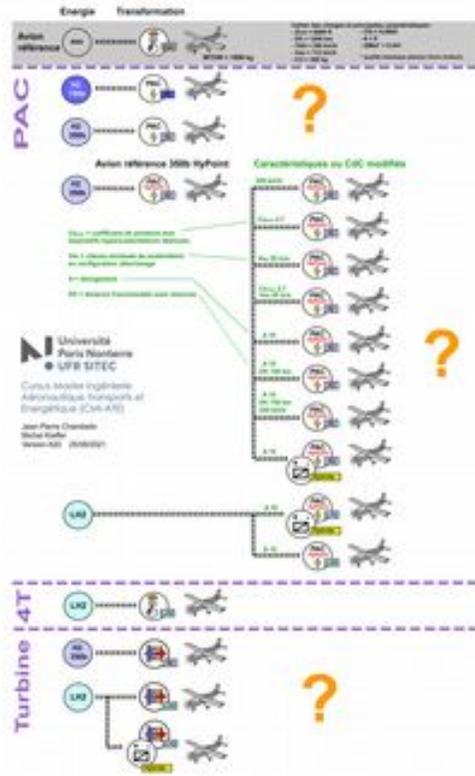
2020 > 2021

Définition de modélisations pour le vol suborbital

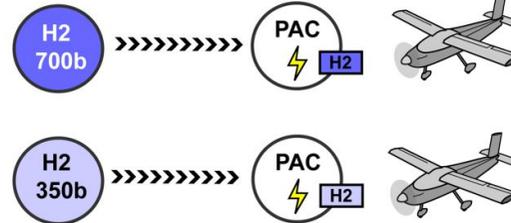
2018...



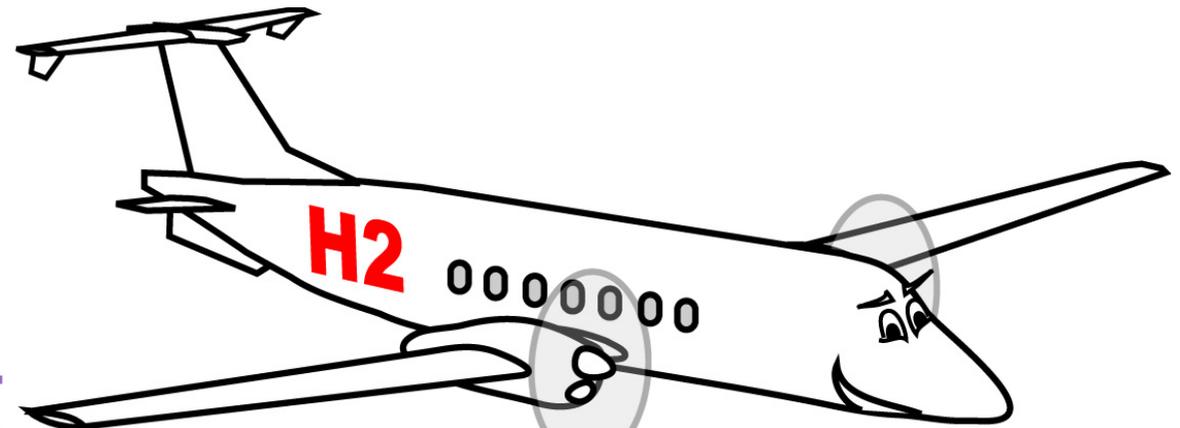
Étude conjointe Fédération Française Aéronautique / CMI-ATE sur les avions alimentés en hydrogène



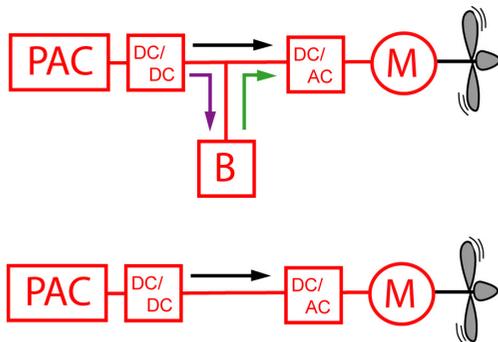
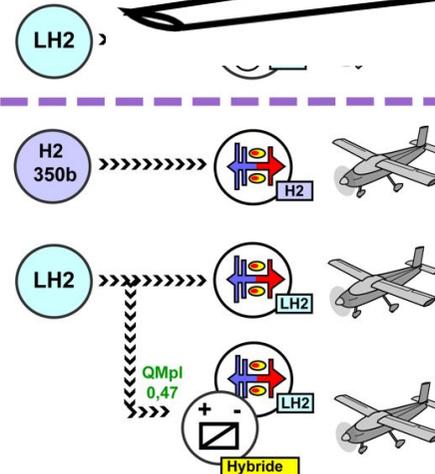
PAC



Nota : toutes les versions étudiées ne sont pas représentées

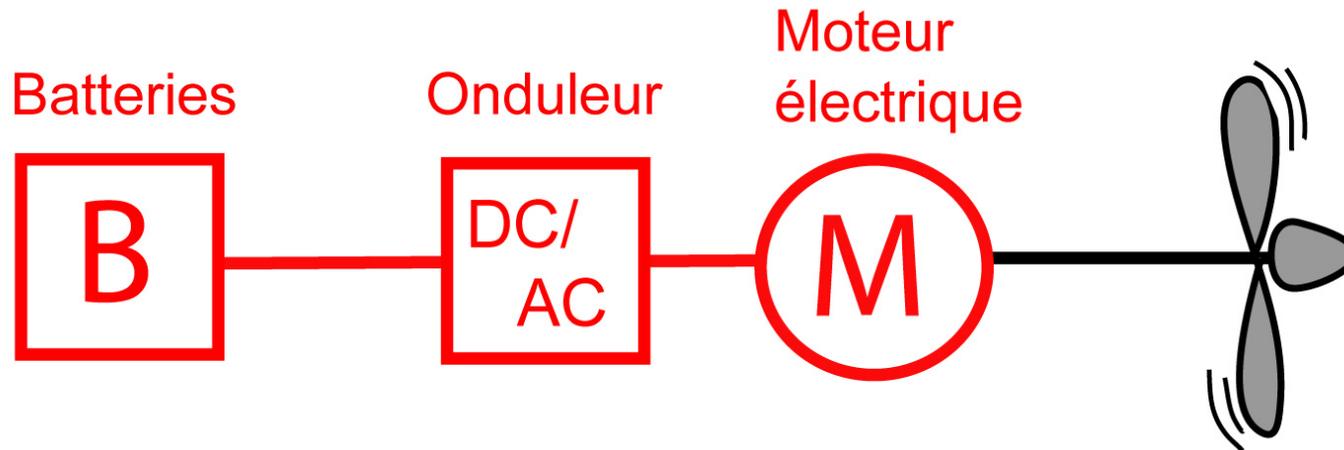


Turbine 4T



Analyse de la propulsion électrique des avions

2018 > 2020

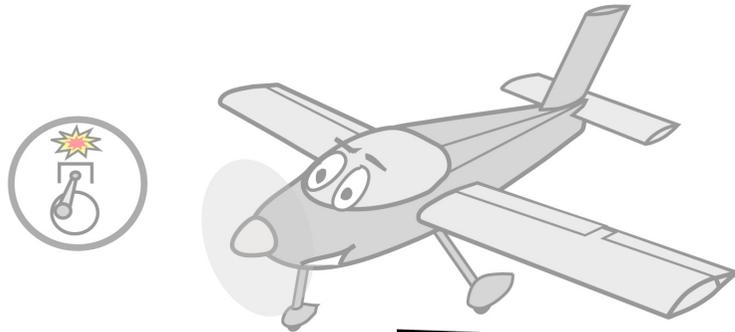


Pour les avions purement électriques alimentés par batteries, les batteries conditionnent l'autonomie du vol donc sont à intégrer non pas dans la Msp mais dans la Csp. C'est à dire que les avions électriques consomment de la masse de batteries.

Avions hybrides optimisés

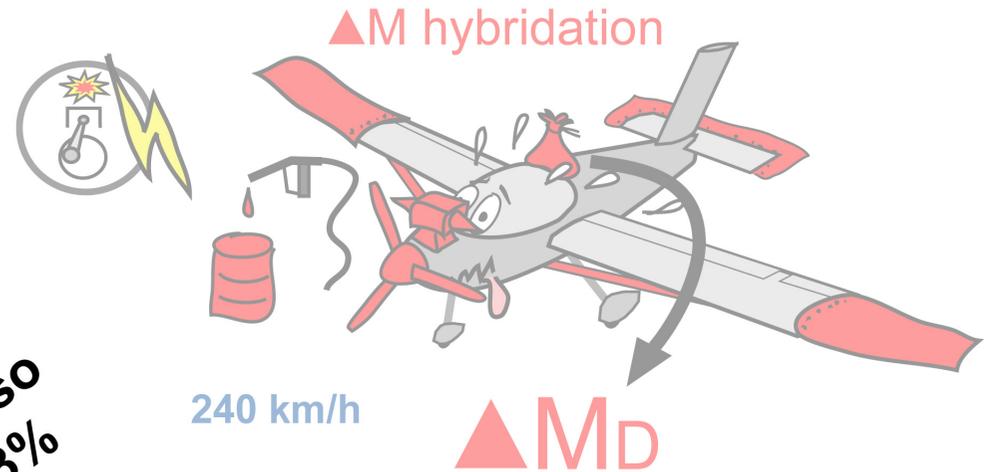
2018 > 2021

1- Avion thermique



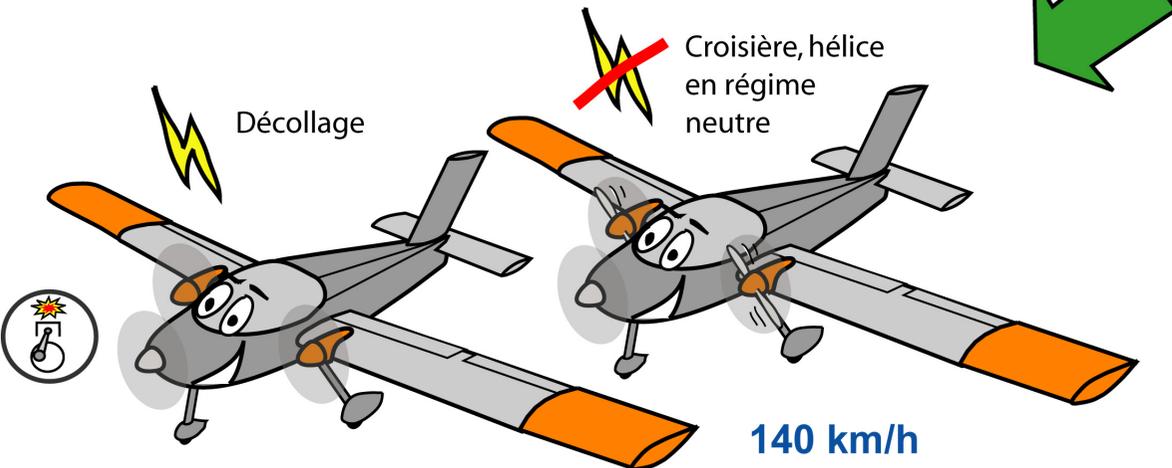
Conso -52%

2- Hybride classique



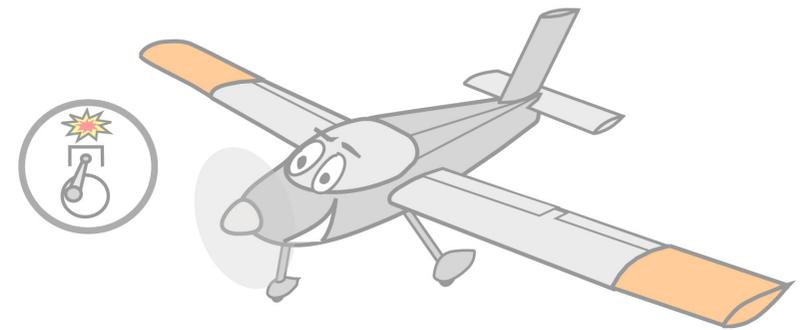
240 km/h

3- Hybride à moteurs non liés



Conso -63%

4- Idem sol 3 mais 100% thermique



140 km/h

MK 2016-2020

Méthode de détermination du rendement de propulsion d'avions légers et d'avions de transport (turbofans)

2020

Vol en montée, solution 1

Déterminer $P_n = 1/2 \cdot \rho \cdot V_0^3 [SMT \cdot C_{fe} + S \cdot C_z^2 / (\pi \cdot A \cdot e)] + mg \cdot Vz$ En déduire $F_n = P_n / V_0$ et la puissance disponible sur arbre (Pd). Vérifier que Pd est compatible avec les performances du moteur en vol en montée.

P_n = puissance nécessaire au vol
 F_n = force de traction nécessaire au vol
 P_d = puissance disponible sur arbre moteur
 F_d = force disponible sur arbre moteur
 R_p = rendement de propulsion
 R_a = rendement aérodynamique de l'hélice
 R_h = rendement d'hélice = $R_p \cdot R_a$
 R_i = rendement d'installation de l'hélice
 SM = surface mouillée soufflée par l'hélice
 C_{fe} = coef. équivalent plaque plane des élts soufflés
 A_p = aire de propulsion (surface balayée par l'hélice)
 R_{hi} = rendement hélice installée
 V_0 = vitesse en amont de l'hélice ou vitesse avion

$P_n = P_d \cdot R_{hi} \Leftrightarrow P_d = P_n / R_{hi} = F_n \cdot V_0 / R_{hi}$

 F_n

$$(6c) R_p = \frac{2}{\sqrt{\frac{F_n / A_p}{1/2 \cdot \rho \cdot V_0^2} + 1} + 1}$$

$$R_a = 0,85 \text{ à } 0,90$$

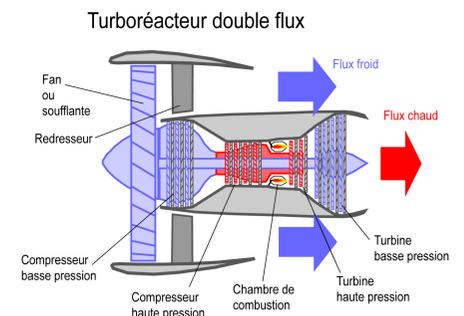
$$(3b) R_i = 1 - \frac{\sum (SM \cdot C_{fe})_{\text{soufflé}}}{A_p}$$

$$(5a) A_p = \pi \cdot (D_h/2)^2$$

$$(4b) R_{hi} = R_p \cdot R_a \cdot R_i$$

$$R_h = R_p \cdot R_a$$

$$P_d = F_n \cdot V_0 / R_{hi}$$



Méthode de dimensionnement avions (définition de ses caractéristiques)

2017 > 2021

Avant le cours 4 :

- 1- Constituez vos groupes de travail (4 à 8 étudiants).
- 2- Déterminez votre cahier des charges (en vert ci-dessous).

Les autres données seront déterminées collectivement lors du cours 4.

Les pré-dimensionnements seront réalisés par les groupes lors du cours 5.

Données pré-dimensionnement avion :

Qualité massique planeur QMpl [1]
Hauteur de vol H [km]

Distance franchissable Dfr [km]

Vitesse de croisière Vcr [m/s]

Masse utile ou payload Mu [kg]

Coef. équivalent plaque p. Cfe [1]
Vitesse minimale Vmini [m/s]
Cz max volets sortis Czmax volets sortis [1]
SMnp = surface mouillée non portante (fuselage, moteurs...) SMnp [m²]
Surface recouvrement aile fuselage Sraf [m²]

Nb moteurs si Msp et Csp ne sont pas des constantes* nbm [1]
Allongement A [1]
Coef. d'Osswald e [1]
Rend. propulsion Rhi [1]
Masse spécifique (cst) Msp [kg/kW]
Conso. spécifique (cst) Csp [kg/(kW.h)]

ULM ou avion de loisir : de 400 à 1000 km
Avion de transport régional : 1000 à 2000 km
Avion court moyen courrier : 4000 à 6000 km
Avion long courrier : jusqu'à 15000 km
Drone : de 10 à 10000 km...

ULM ou avion de loisir : de 100 à 250 km/h
Avion de transport régional : 400 à 500 km/h
Avion court moyen courrier : 750 à 850 km/h
Avion long courrier : 750 à 850 km/h
Drone : de 10 à 850 km/h...

ULM ou avion de loisir : 82 kg par passager
Avion de transport : 95 kg par passager bagages compris
Drone : de 5 à "10000 kg"...

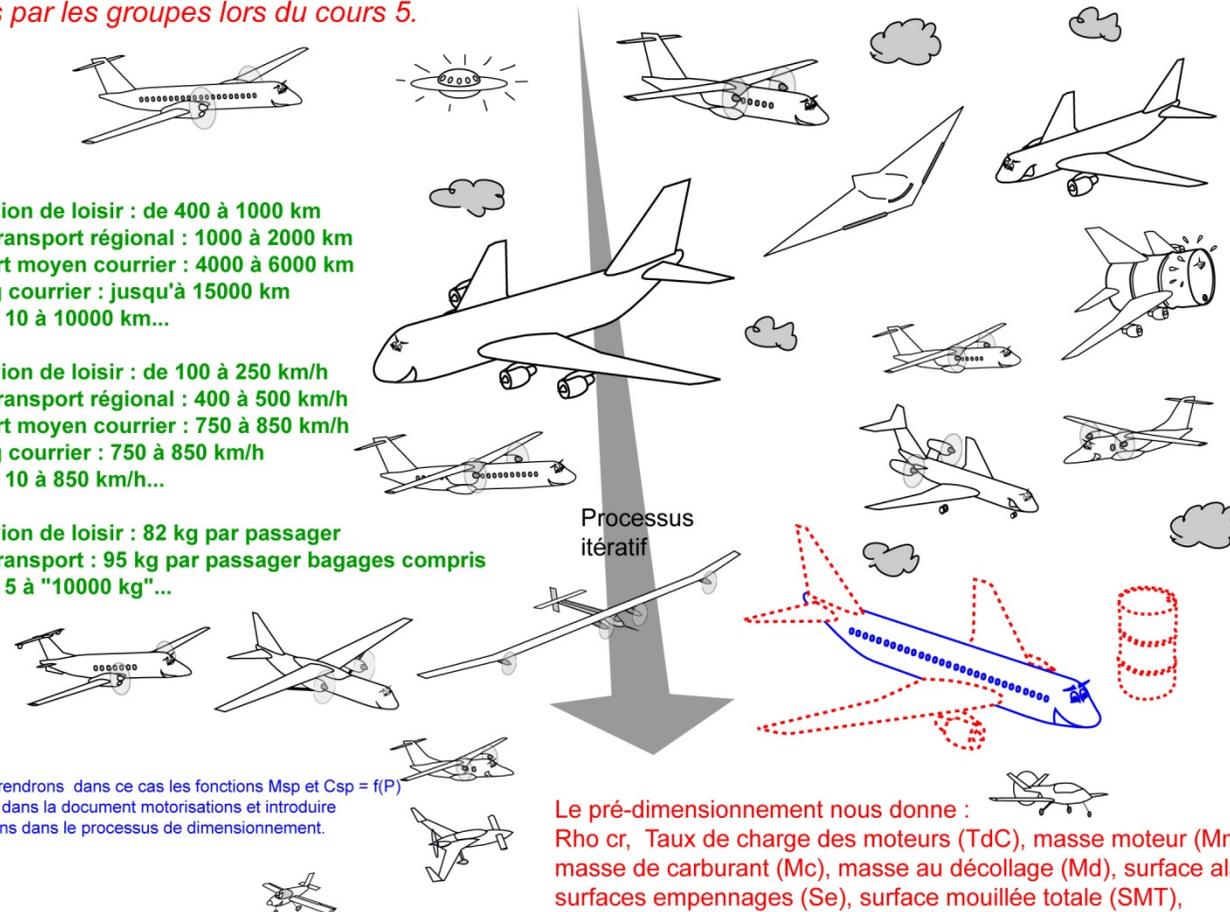
* Nous prendrons dans ce cas les fonctions Msp et Csp = f(P) proposées dans la document motorisations et introduire ces fonctions dans le processus de dimensionnement.

Pré-dimensionnement :

(les variables sont représentées en rouge ci-dessous)

Données d'entrée (cf. liste ci-contre à gauche) :

QM, H, Dfr, Vcr, Mu, Cfe, Vmin, Czv, SMnp, Sraf, A, e, Rhi, Msp, Csp



Le pré-dimensionnement nous donne :

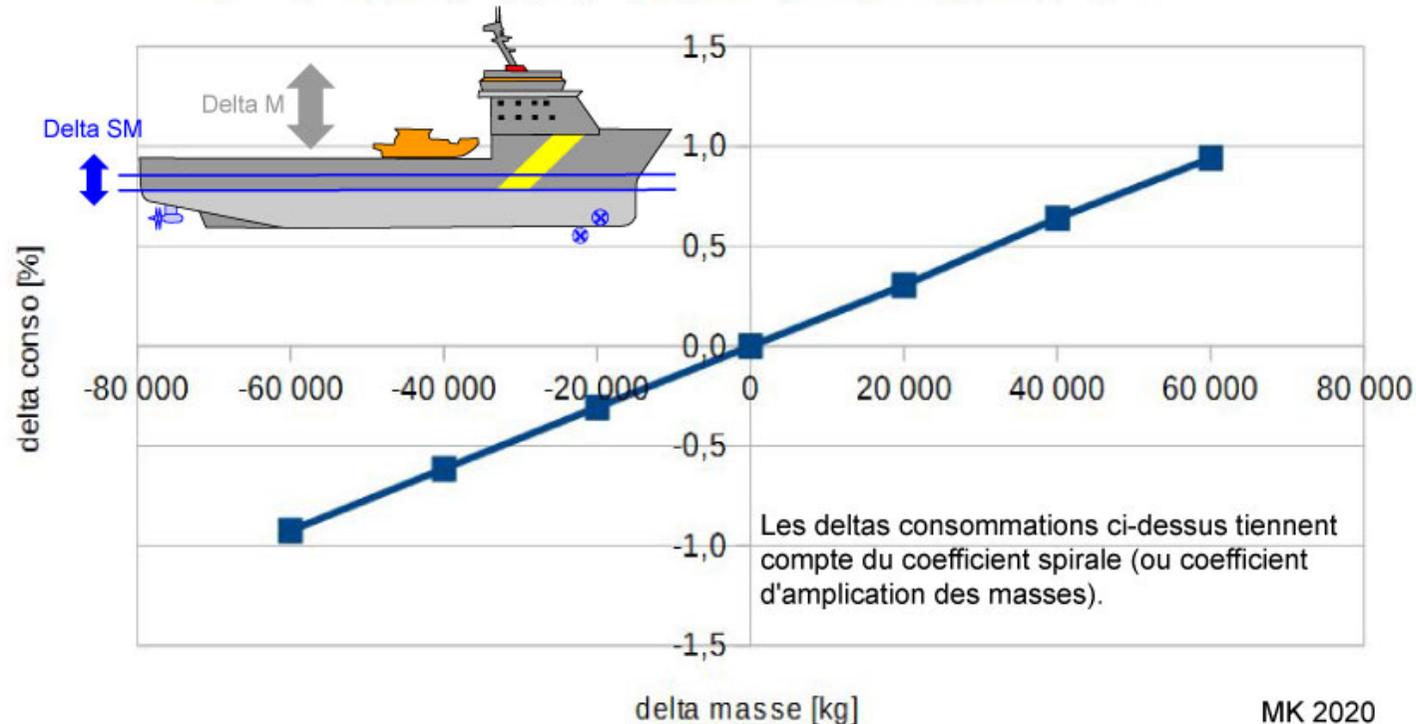
Rho cr, Taux de charge des moteurs (TdC), masse moteur (Mm), masse de carburant (Mc), masse au décollage (Md), surface alaire (Sa), surfaces empennages (Se), surface mouillée totale (SMT), puissance installée (Pinst) etc.

Définition d'une méthode de dimensionnement des bateaux (définition de leurs caractéristiques)

2020 > 2021

Nous obtenons :

Delta consommation [%] en fonction de la variation de masse



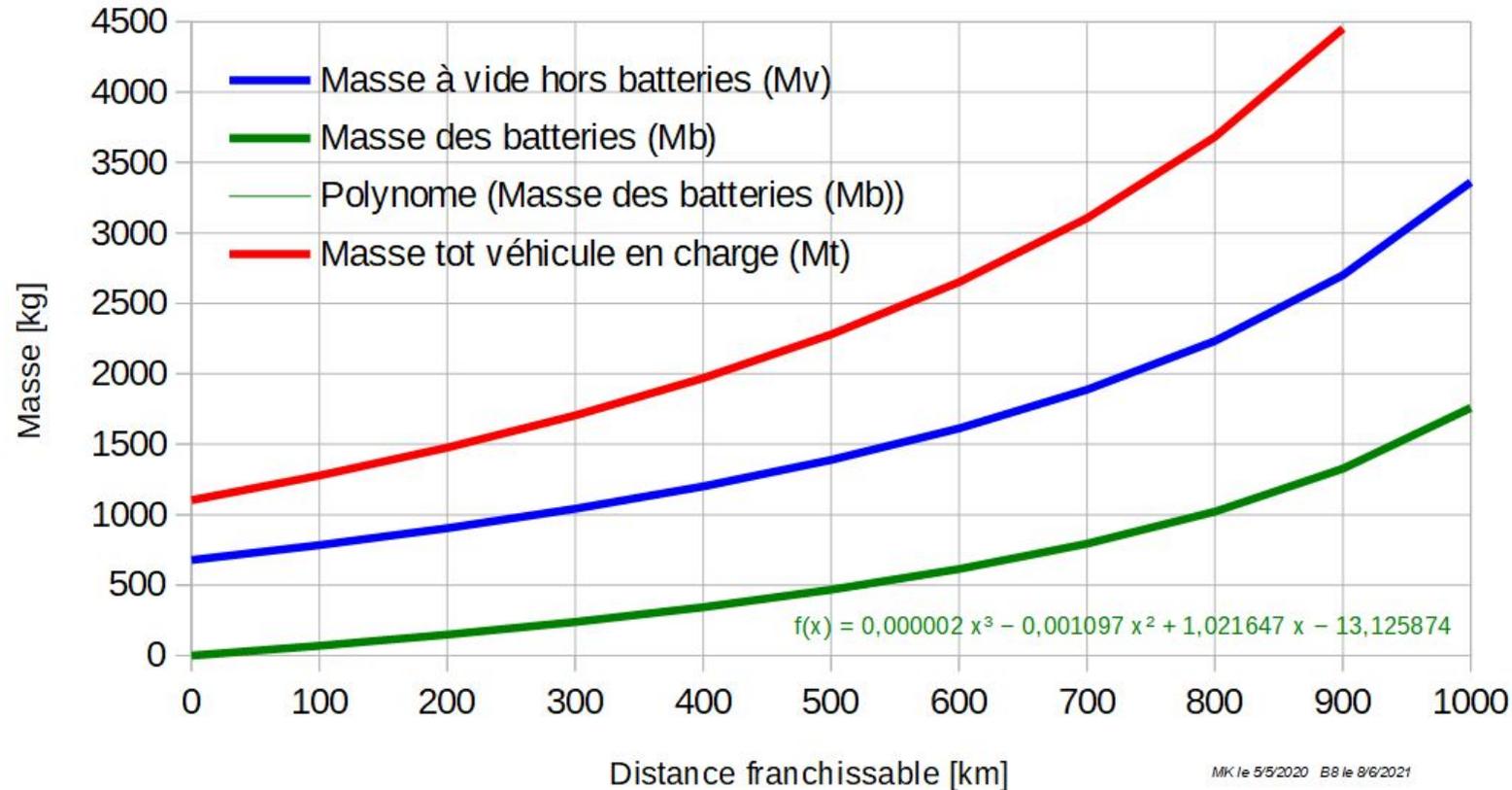
Définition d'une méthode de dimensionnement des voitures (définition de leurs caractéristiques)

2020 > 2021

Détermination des fonctions : consommation voiture électrique / km = f(autonomie) et masse voiture = f(autonomie)

2020 > 2021

Voiture électrique type : M_v , M_b , M_t en fonction de la distance franchissable

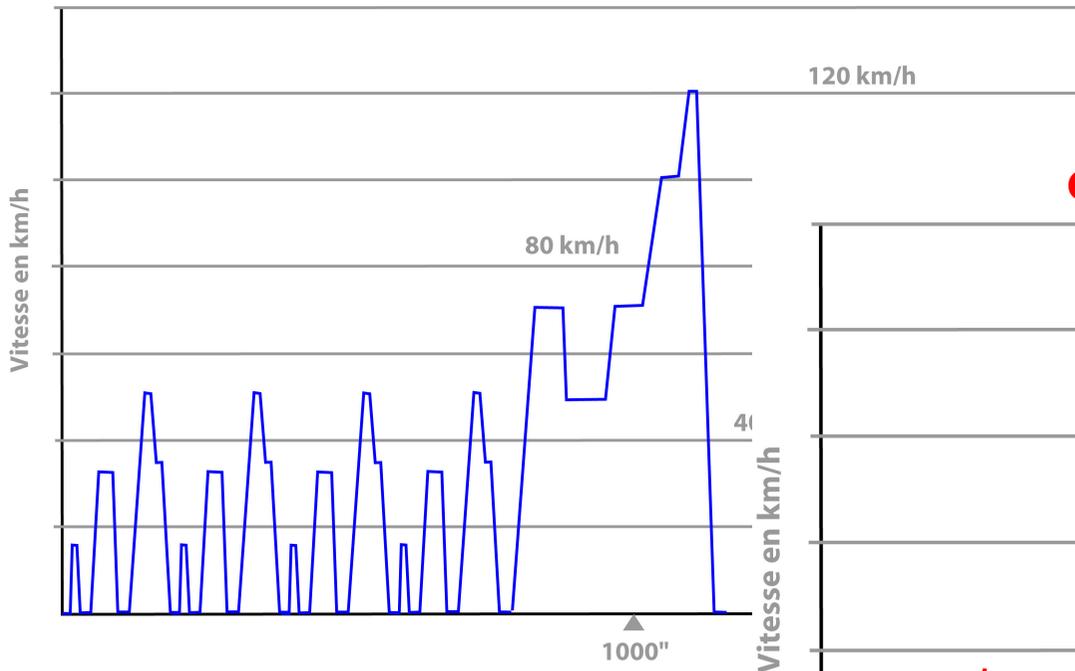


Les fonctions ci-dessus sont établies à une vitesse constante de 70 km/h. Toutefois, les autonomies sont peu impactées par un cycle d'usage de type NEDC ou WLTC dans la mesure où les véhicules électriques récupèrent l'essentiel de l'énergie cinétique lors des ralentissements et l'essentiel de l'énergie potentielle lors des descentes.

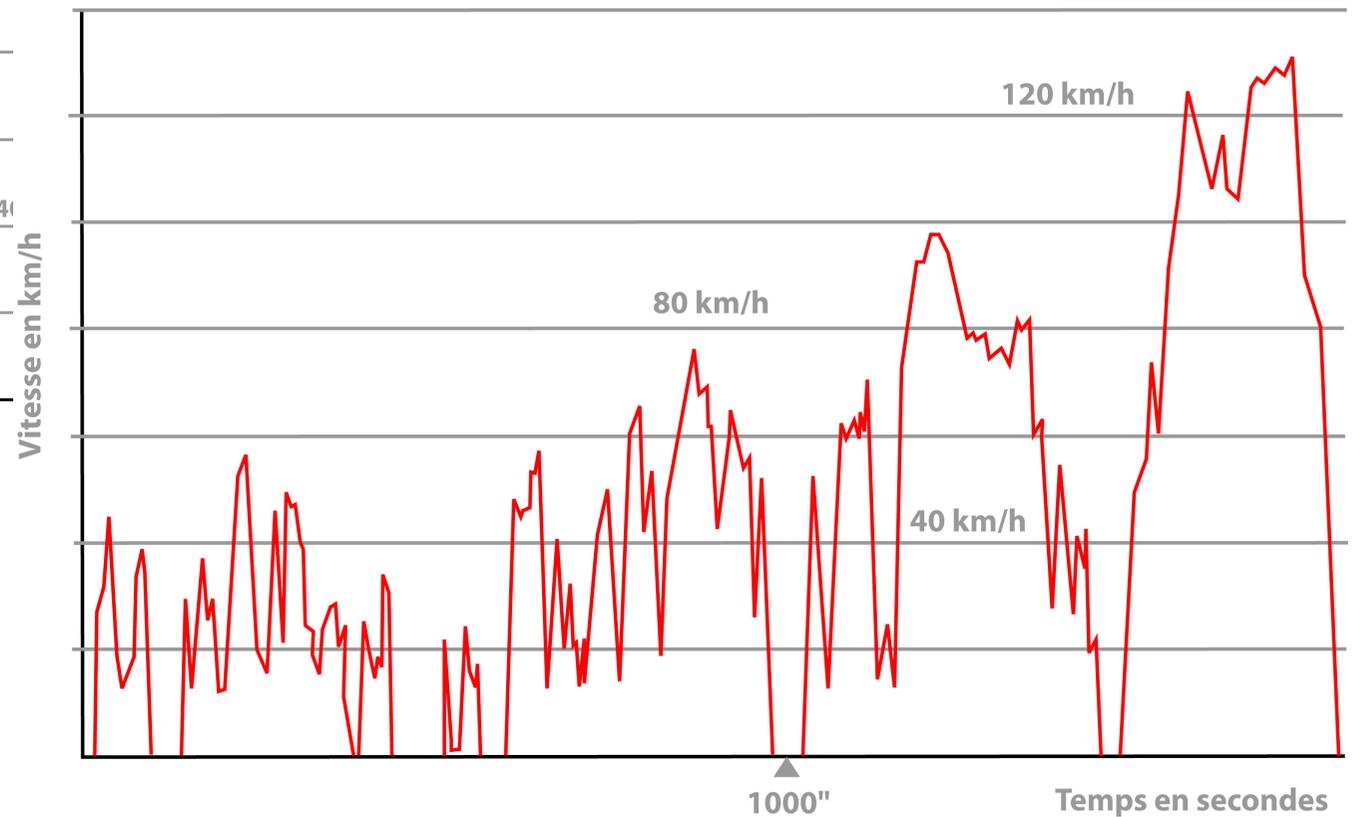
Détermination de l'énergie utile au cent km pour une voiture sur les cycles d'usage NEDC et WLTC

2017 > 2022

Cycle NEDC



Cycle WLTC classe 3



Détermination du potentiel de récupération de l'énergie cinétique des voitures en prenant en compte le coût énergétique du transport du système de récupération

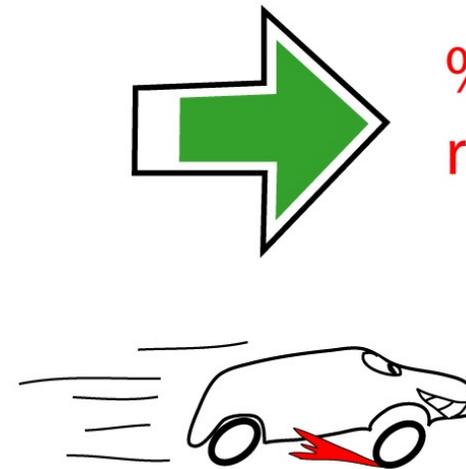
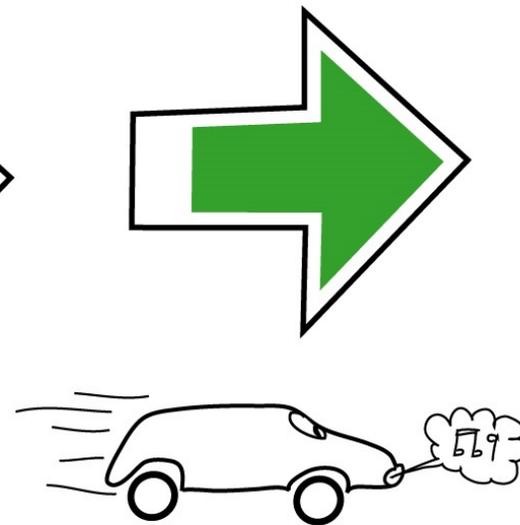
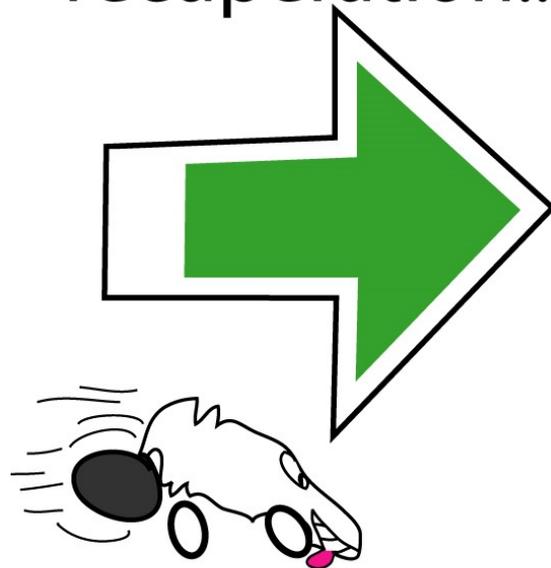
Eu = énergie utile au déplacement.

2017

Rendements de
récupération...

de stockage...

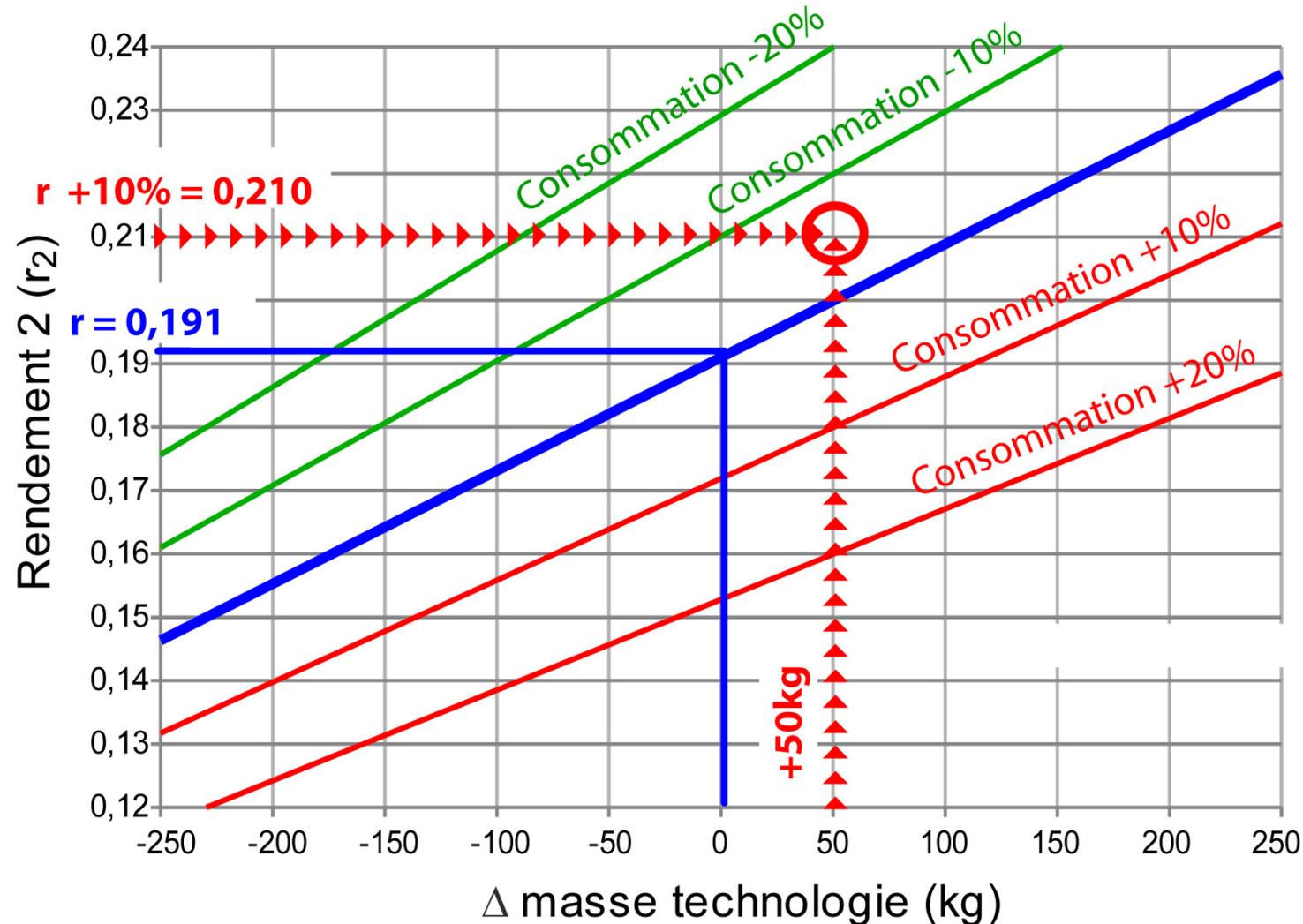
de restitution



% d'Eu
récupérée ?

Détermination de la variation de la consommation d'une voiture en fonction de la variation du rendement et de la masse du véhicule

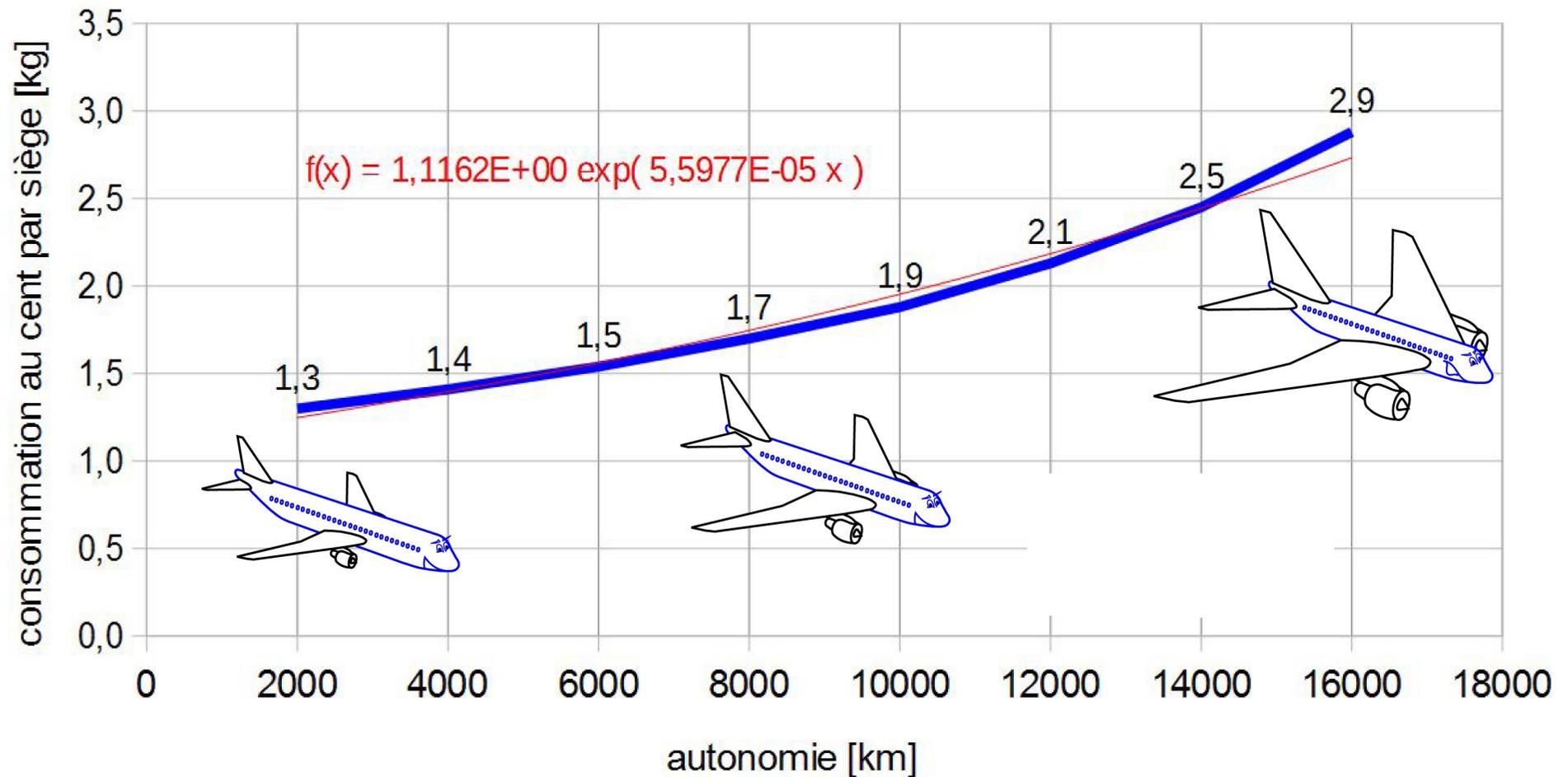
2017



Détermination de la fonction...

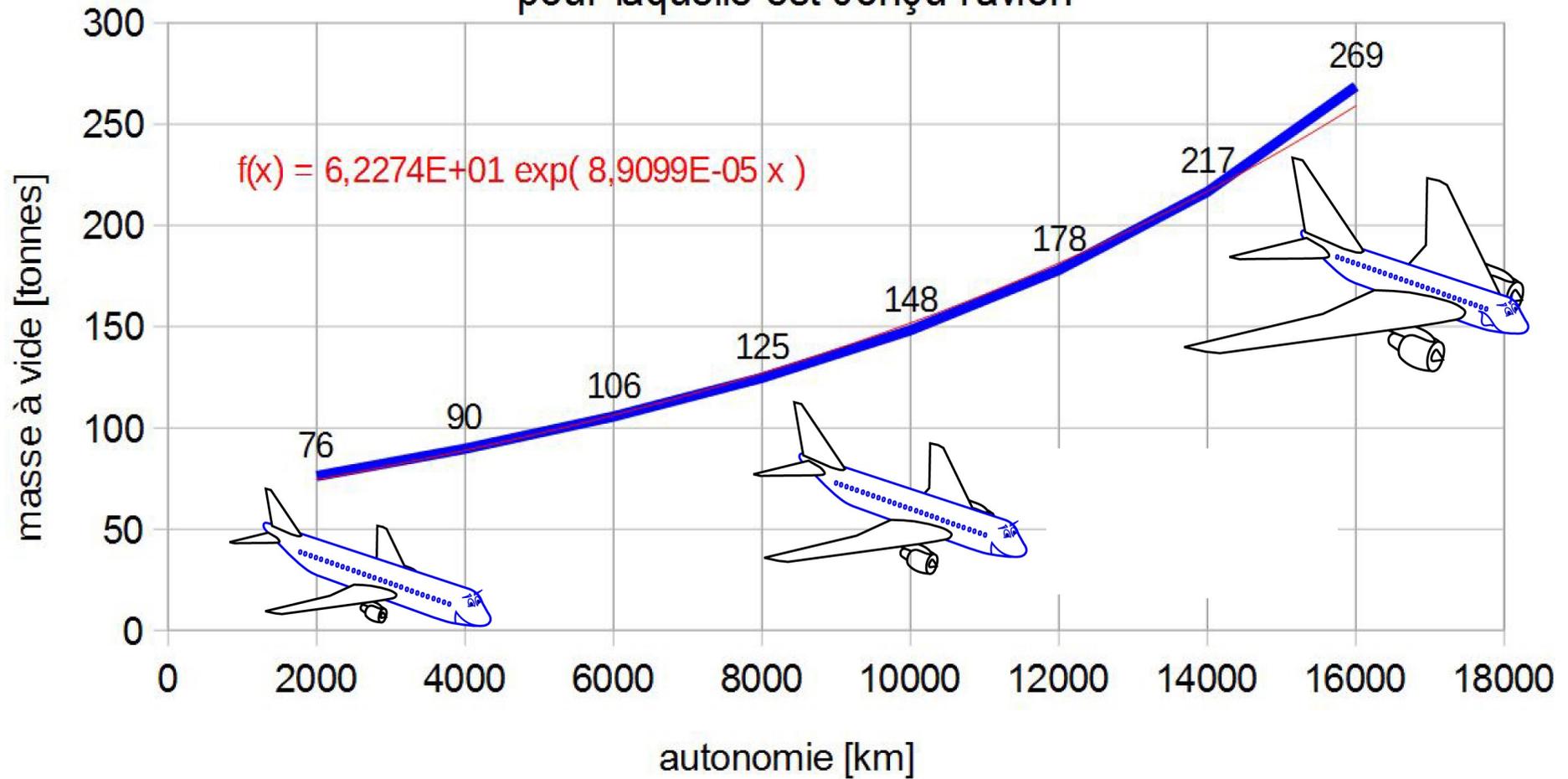
2019

Consommation au cent [kg] par siège en fonction de l'autonomie
pour laquelle est conçu l'avion



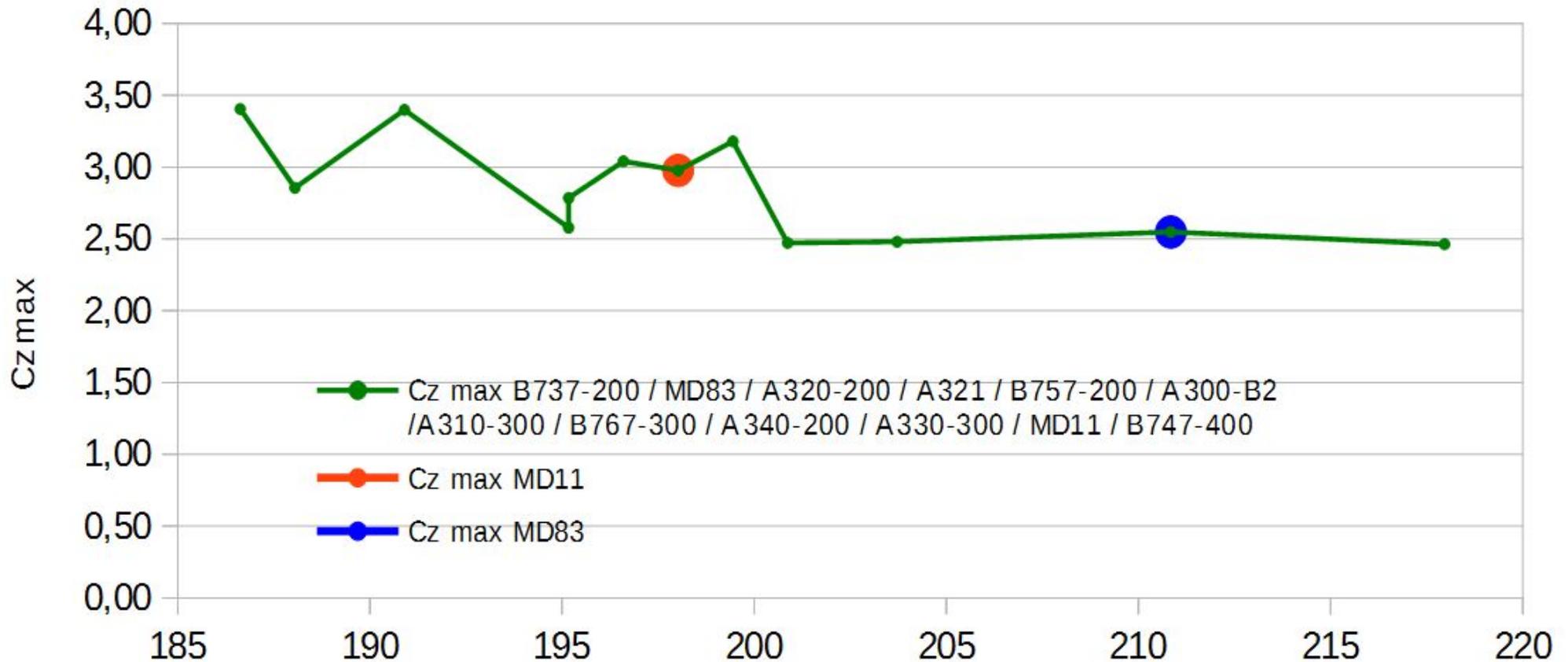
Détermination de la fonction...

Masse à vide [tonnes] en fonction de l'autonomie
pour laquelle est conçu l'avion



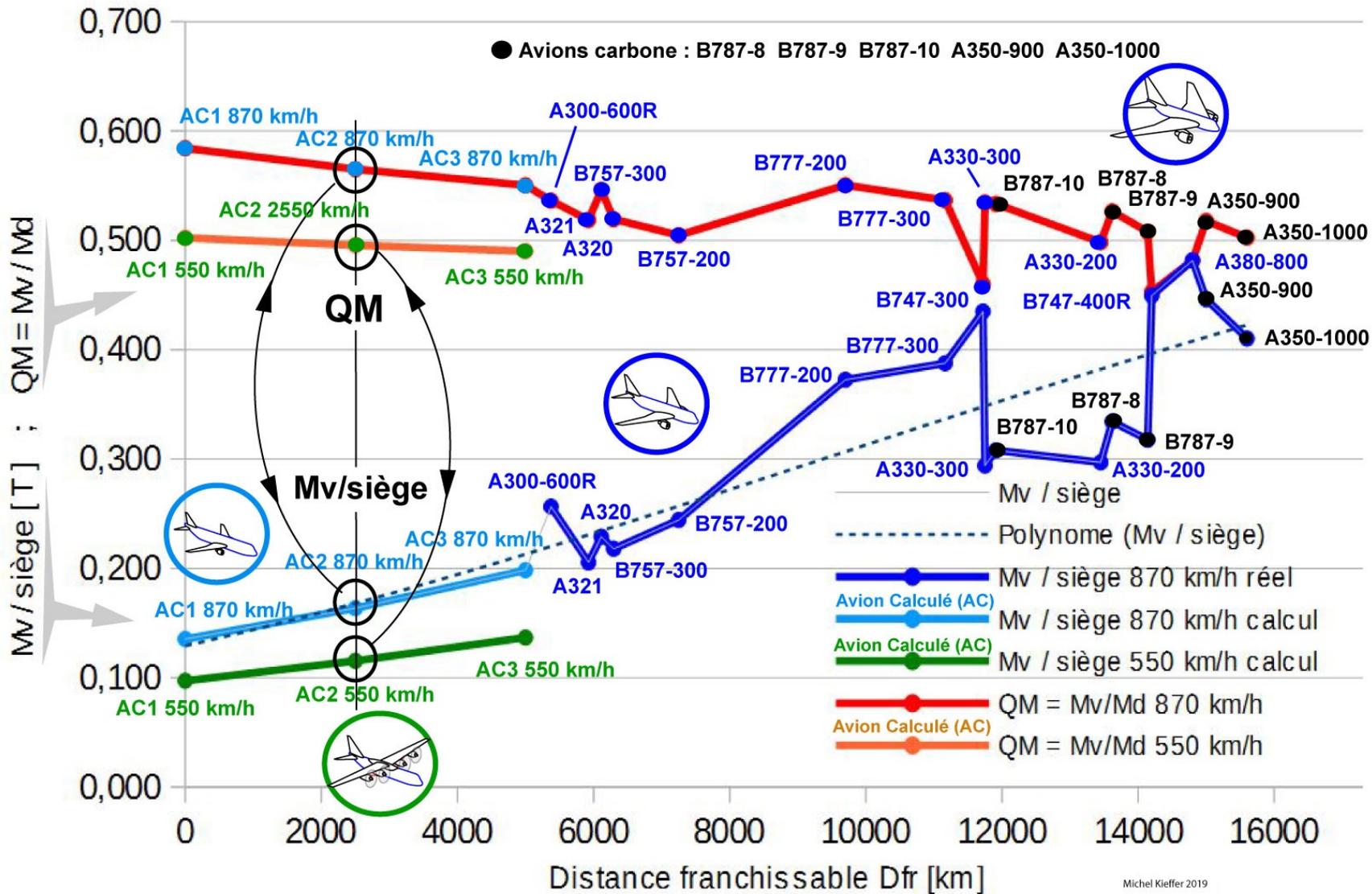
Analyse du rapport simplicité / efficacité de dispositifs hypersustentateurs

2019 > 2020

 $Cz \text{ max avions de transport} = f(V_{so})$


V_{so} [km/h] = vitesse de décrochage en configuration atterrissage
(Stall speed or minimum flight speed in landing configuration)

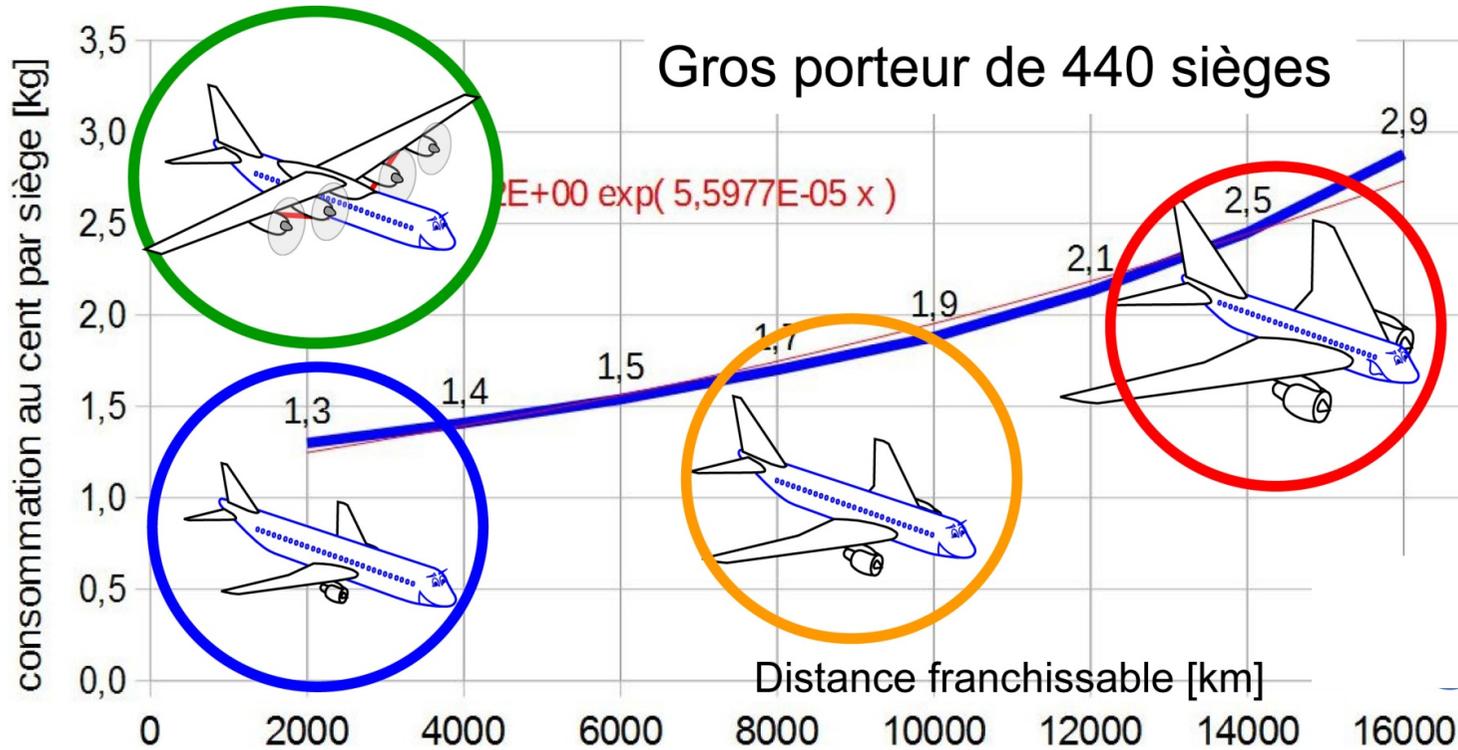
Détermination et analyse de critères de qualité des avions de transport



Mv (OEW) = masse à vide ; Md (MTOW) = masse max au décollage ; QM = qualité massique = Mv / Md

Recherche de nouveaux concepts pour les avions du futur

2017 > 2022



| Distance franchissable | vitesse | kg carburant au cent par siège | kg CO2 au cent par siège | kg CO2 pour un vol Paris Strasbourg | Masse à vide avion |
|------------------------|----------|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 14000 km | 892 km/h | 2,46 kg | 7,8 kg | 39 kg* | 217 tonnes |
| 9000 km | 892 km/h | 1,78 kg | 5,6 kg | 28 kg* | 135 tonnes |
| 2500 km | 892 km/h | 1,33 kg | 4,2 kg | 21 kg | 79 tonnes |
| 2500 km | 550 km/h | 0,85 kg | 2,7 kg | 13 kg | 51 tonnes |

* même avec un plein partiel, un avion long courrier est inadapté à des étapes courtes

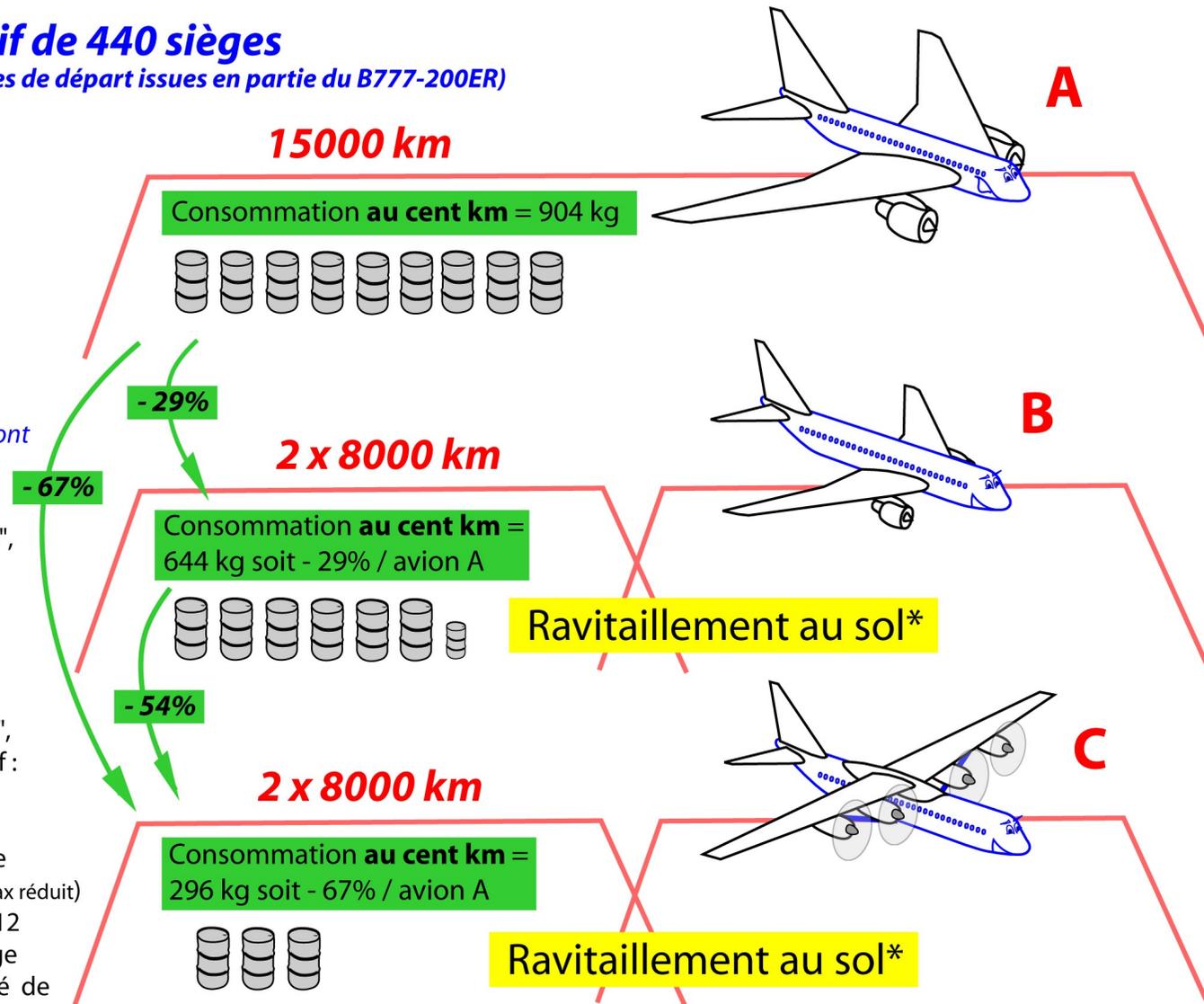
Avion fictif de 440 sièges (Caractéristiques de départ issues en partie du B777-200ER)

Très long courrier,
- range 15000 km
- vitesse 892 km/h
- Cz max 2,93
- allongement 8
- rendement prop 0,80

Pour les avions ci-dessous,
les autres caractéristiques ne
changent pas donc elles ne sont
pas précisées.

Moyen courrier "long range",
mêmes caractéristiques
sauf range 8000 km (-47%)

Moyen courrier "long range",
mêmes caractéristiques sauf :
- range 8000 km (-47%)
- vitesse 570 km/h (-36%)
- aile droite donc plus légère
- Cz optimisé croisière (Czmax réduit)
- allongement augmenté à 12
compensé par un haubanage
- rendement prop augmenté de
0,80 à 0,82 (grandes hélices)

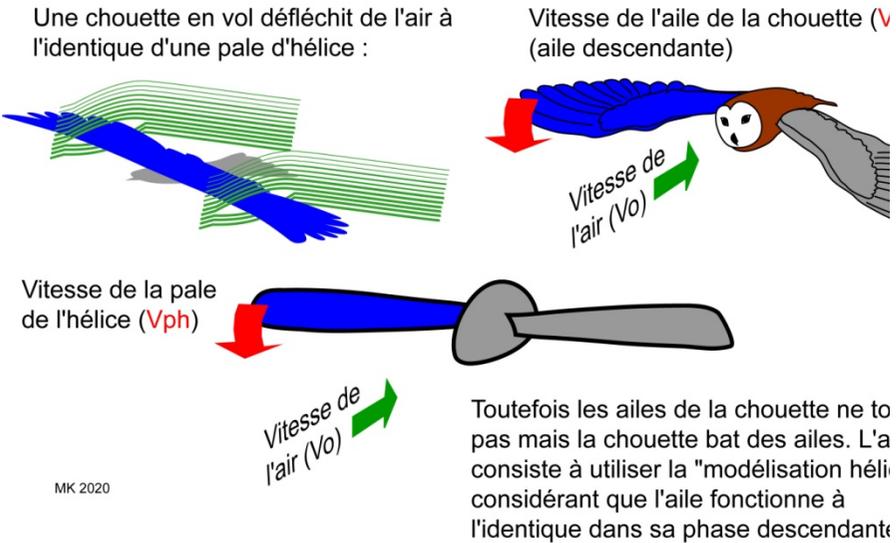
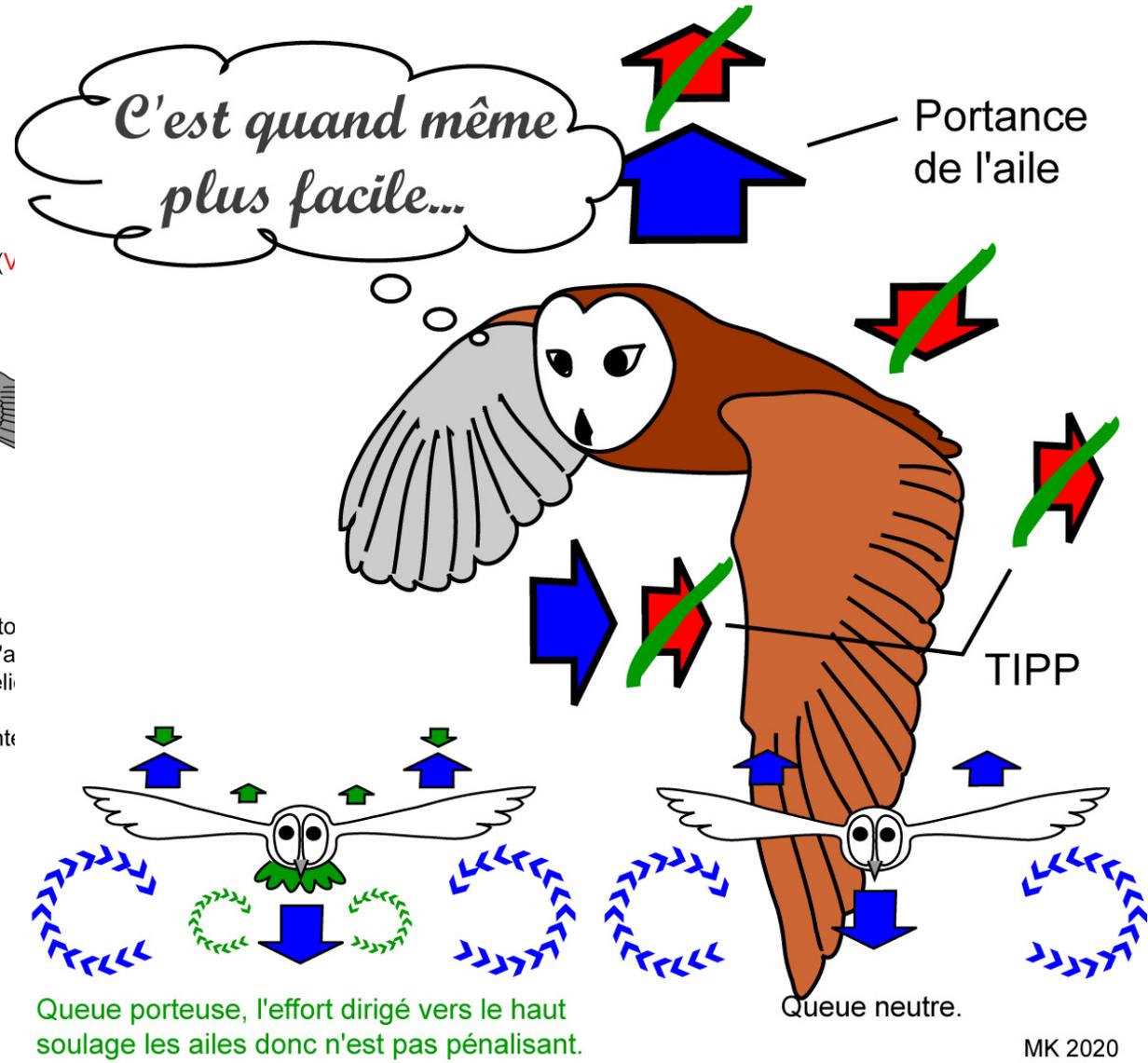


2017 > 2022

* Un ravitaillement en vol entraînerait la consommation simultanée de deux avions et serait difficile à certifier

Modélisation du vol et de la propulsion des oiseaux, bio mimétisme

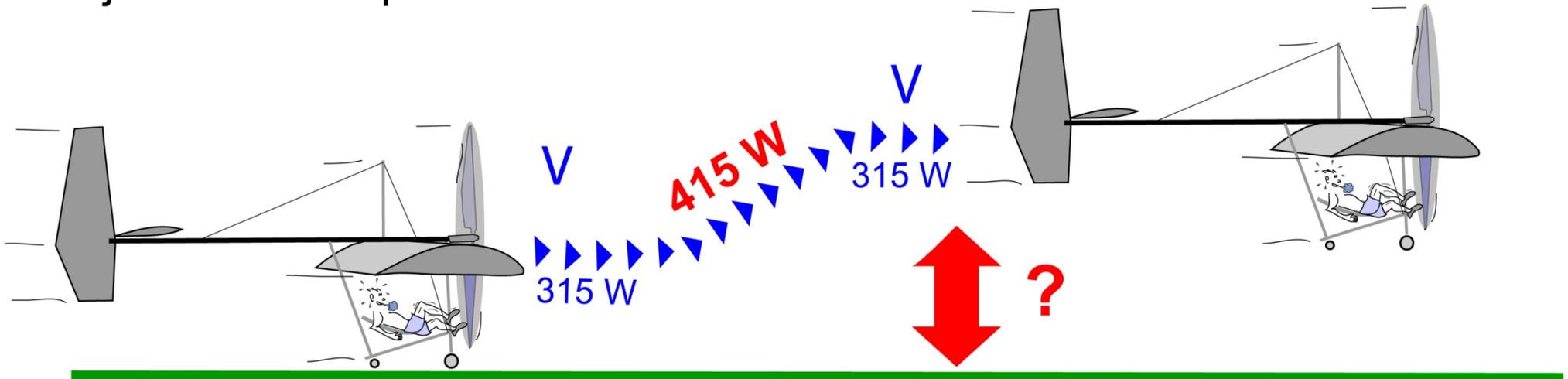
2020 > 2021



Analyse du vol à propulsion humaine

2020

Rajouter 100 W pour monter



Définition d'un tableau de bord modulaire pour des avions légers

2022 > 2025

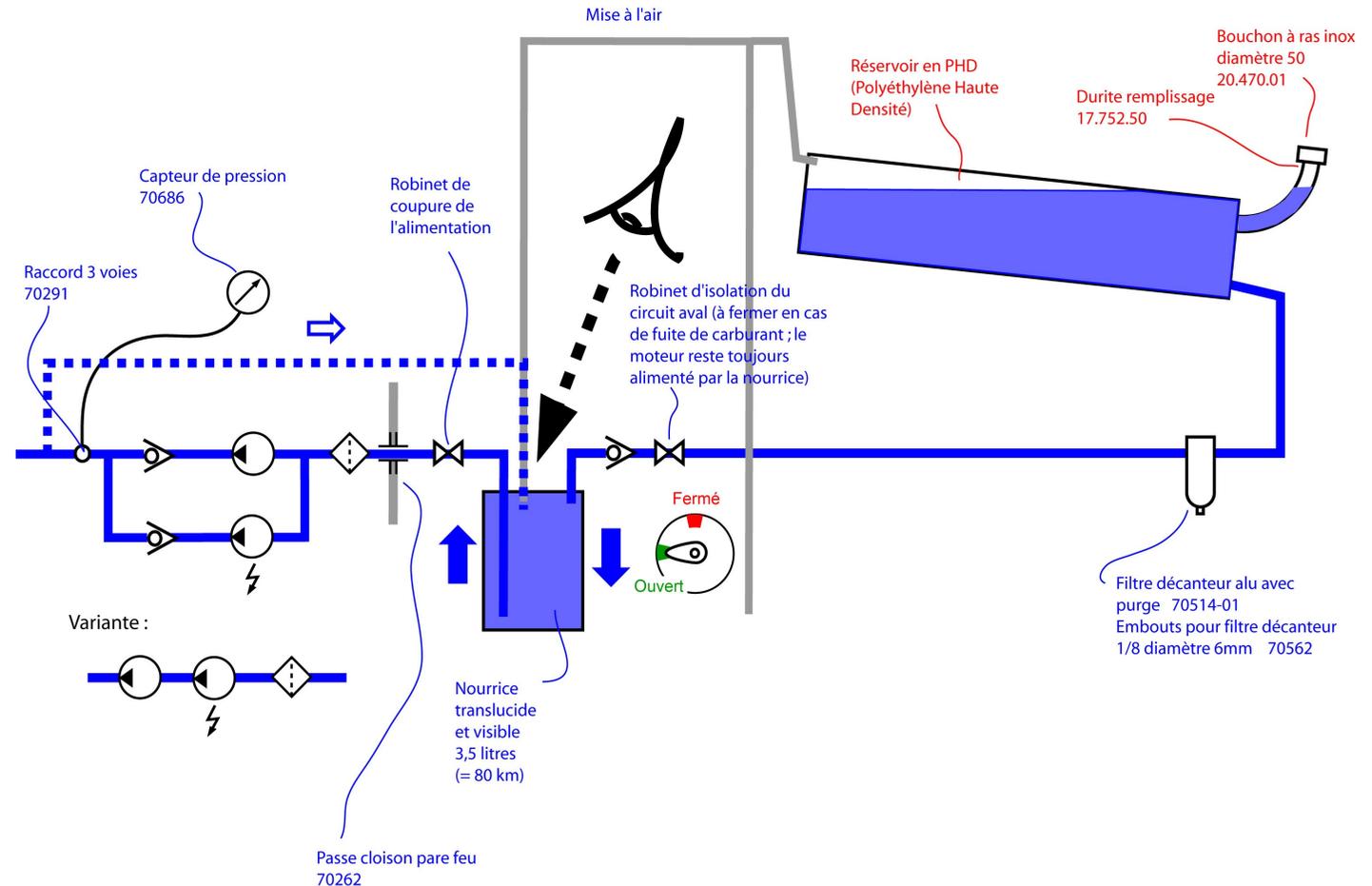
Réalisation d'un modèle évolutif et modulaire de tableau de bord d'avions légers. Il s'agit de concevoir une solution économique et particulièrement facile à contrôler et à maintenir.



Définition d'une alimentation en carburant pour avions légers

2022 > 2023

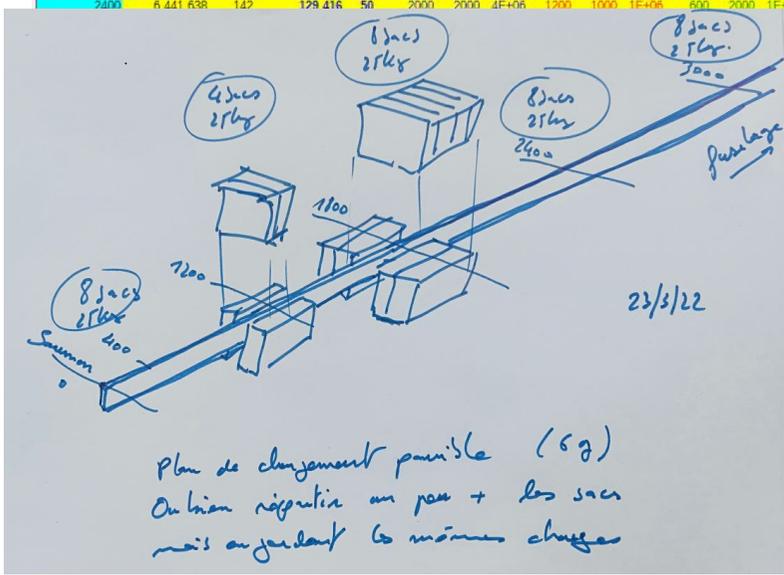
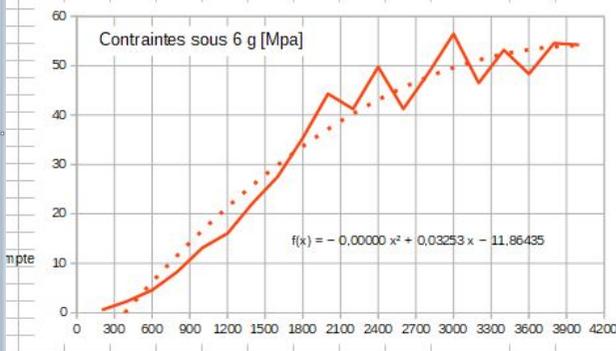
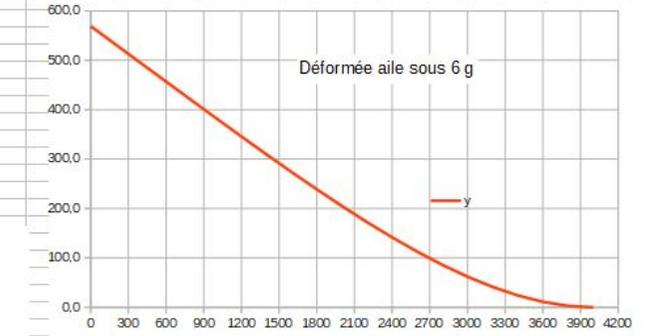
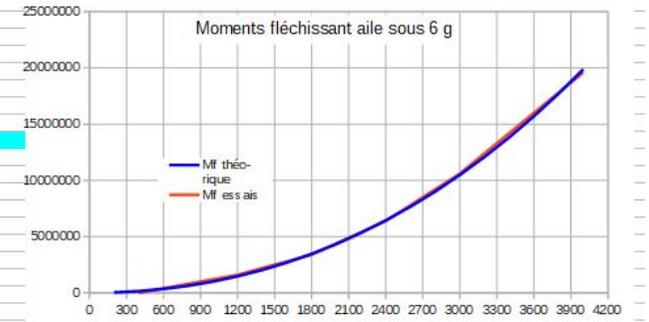
Développement d'un système d'alimentation en carburant avec une redondance d'ordre deux (pompe électrique + pompe mécanique). Ce sujet traite la gestion de la consommation de carburant, de sa quantité restante, de la filtration du carburant, de la gestion de la pression d'alimentation, du risque d'étincelles lié à l'électricité statique...



Calcul d'une aile d'avion léger sous réglementation CNRA, définition du processus d'essais et participation à la réalisation du dossier de certification

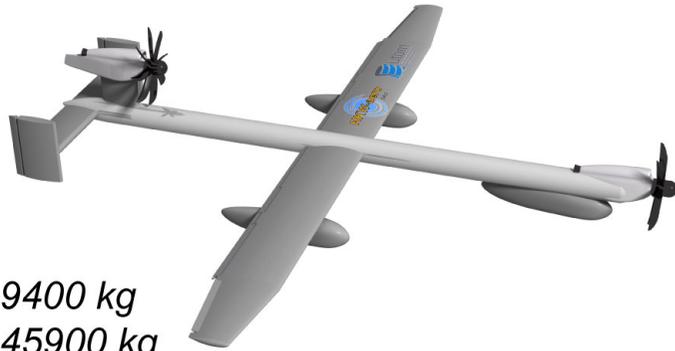
2022 > 2023

| Mf et y_A3 | | 200 kg localisés à 400 mm du saumon = 8 sacs de 25 kg | | Efforts appliqués pour les essais [N] | | |
|---|---|---|------------------------|---------------------------------------|--------|-----------|
| Md = 500 | kg, masse au décollage | | | | | |
| Ma = 120.0 | kg, masse aile | | | | | |
| g = 9.81 | m/s ² | | | | | |
| n = 6.0 | facteur de charge limite | | | | | |
| Q1 = 3728 | N, Q1 = (Md+Ma).g.n/6 | | | | | |
| l = 4000 | mm, longueur demi envergure | | | | | |
| E = 10000 | N/mm ² ou MPa (module d'Young) | | | | | |
| i = 13 274 940 | mm ⁴ (moment quadratique, hypothèse : constante) | | | | | |
| b = 75 mm ; ép 2,5 mm ; h = 132 mm ; ép 16 mm | | | | | | |
| X (0 mm au saumon) | Mf théorique [mm.N] | y [mm] | I/v [mm ³] | sigma [MPa] | 1 [mm] | Mf [mm.N] |
| 0 | 569.1 | 532 | 66 902 | 1 | | |
| 200 | 37 899 | 532 | 66 902 | 1 | | |
| 400 | 154 082 | 494 | 66 902 | 2 | 0 | 2000 |
| 600 | 352 277 | 457 | 76 767 | 5 | 200 | 2000 |
| 800 | 636 211 | 420 | 76 767 | 8 | 400 | 2000 |
| 1000 | 1 009 613 | 383 | 76 767 | 13 | 600 | 2000 |
| 1200 | 1 476 209 | 346 | 91 930 | 16 | 800 | 2000 |
| 1400 | 2 039 728 | 309 | 91 930 | 22 | 1000 | 2000 |
| 1600 | 2 703 898 | 274 | 98 114 | 28 | 1200 | 2000 |
| 1800 | 3 472 446 | 239 | 98 114 | 35 | 1400 | 2000 |
| 2000 | 4 349 100 | 205 | 98 114 | 44 | 1600 | 2000 |
| 2200 | 5 337 588 | 172 | 129 416 | 41 | 1800 | 2000 |
| 2400 | 6 441 638 | 142 | 129 416 | 50 | 2000 | 2000 |



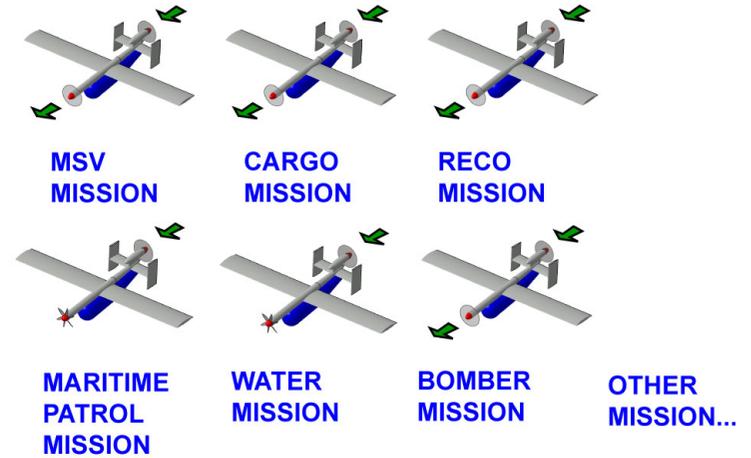
Définition d'un concept d'avion de transport multi-missions

2022 > 2023

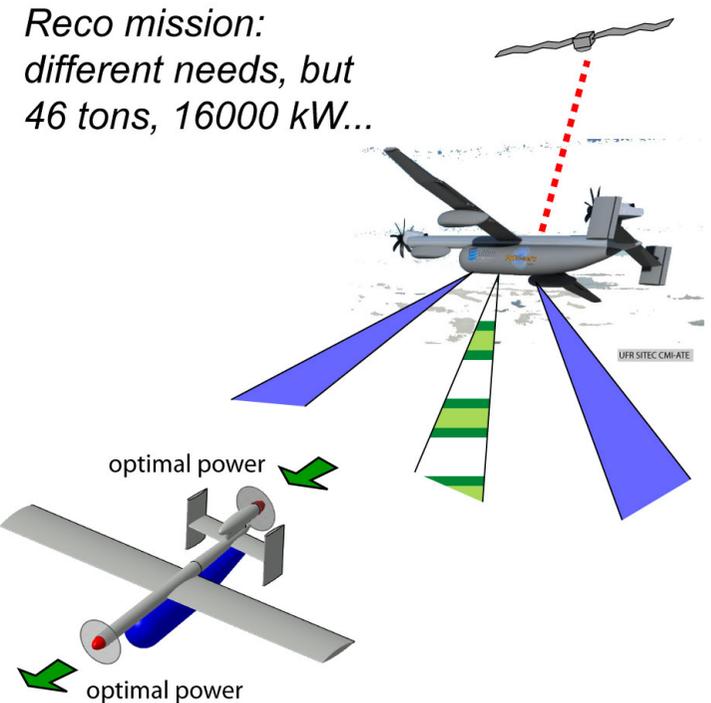
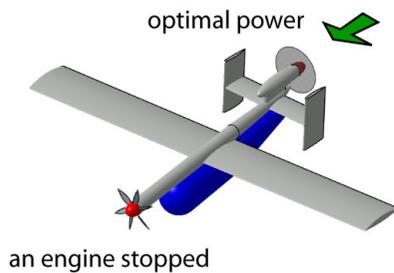
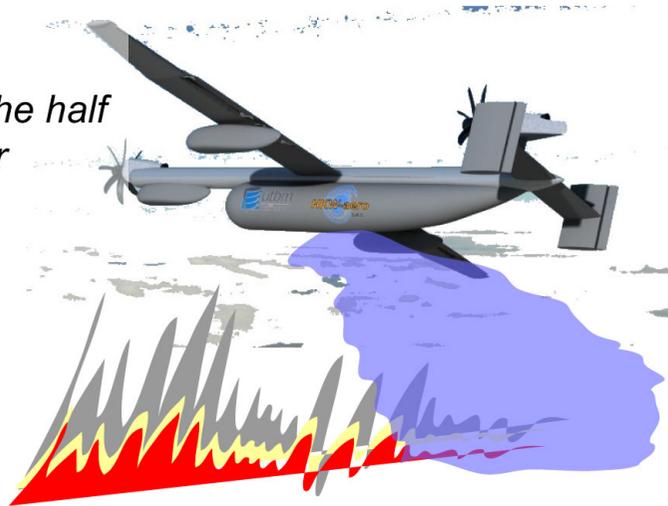


Single carrier:

- empty mass: 19400 kg
- take off mass: 45900 kg
- installed power: 2x8200 kW, 2 TP400
- wing area: 118 m²



Water mission:
different needs,
but 46 tons, 8000 kW (the half
of the nominal power for
cruise) =>
an engine stopped:



Autres sujets spécialisés par matières, extraits:

Électronique et énergétique :

- 1- Détermination de la SER de l'avion 6 (voilure composite et fuselage bois) et de la SER de l'avion 4 (aluminium), comparaison des deux formules ;
- 2- Autopilote à destination de l'ensemble des avions de VdA en essais ou en développement y compris une version (non certifiée) pour l'avion biplace ;
- 3- Alimentation photovoltaïque du drone électro solaire (avion 2.2) ;
- 4- Fonctionnement de composants électroniques et systèmes à très basses températures (-70°C) : définition d'isolations adaptées, choix de matériaux et de technologies adaptés...
- 5- Tableau de bord à destination de l'avion biplace ;
- 6- Alimentation en carburant avec redondance, filtration, prévention des vapor lock... de l'avion biplace ;
- 7- Capteur d'incidence à destination de tous les avions ;
- 8- Communication à distance drone / sol ;

- 9- Transpondeur ;
- 10- Missions embarquées ;
- 11- Avions de transport H2 (cf. étude réalisé sur les avions légers H2) ;
- 12- Propulsion électrique pour les avions hybrides de transport régional ;
- 13- Détermination des modes propres d'un avion par pots vibrants ;
- ...

Mécanique, études CFD :

- 14- Détermination du C_z max de l'aile composite hypersustentée ;
- 15- Détermination du C_{xo} des avions réalisés ;
- 16- Étude sur l'impact des winglets et saumons d'ailes ;
- 17- Étude sur les interactions aile / fuselage ;
- 18- Étude sur la traînée de refroidissement ;
- 19- Détermination de l'impact des rétreints de fuselages sur le C_{xo} ;
- 20- Détermination d'entrées d'air simples et générant le minimum de traînée parasite ;
- 21- Évaluation de l'impact des discontinuités de forme sur le C_{xo} ;

- 22- Analyse des turbulateurs (prévention des décollements de couche limite) : implantation, forme, surface, incidence... optimales ;
- 23- Analyse des générateurs de tourbillons (protection des ailerons lors des décrochages à l'identique des cloisons de décrochage) : implantation, forme, surface, incidence... optimales ;
- 24- Analyse de la configuration aile soufflée ;
- 25- Détermination de la traînée parasite d'une hélice en moulinet (donc sans puissance sur arbre) ;

...

Mécanique, études MEF :

- 26- Aile composite, choix des technologies, dimensionnements et essais ;
- 27- Impact des déformations d'une aile sur le débattement des surfaces mobiles ;
- 28- Analyse du niveau de corrélation entre calculs analytiques, numériques et mesures lors des essais ;

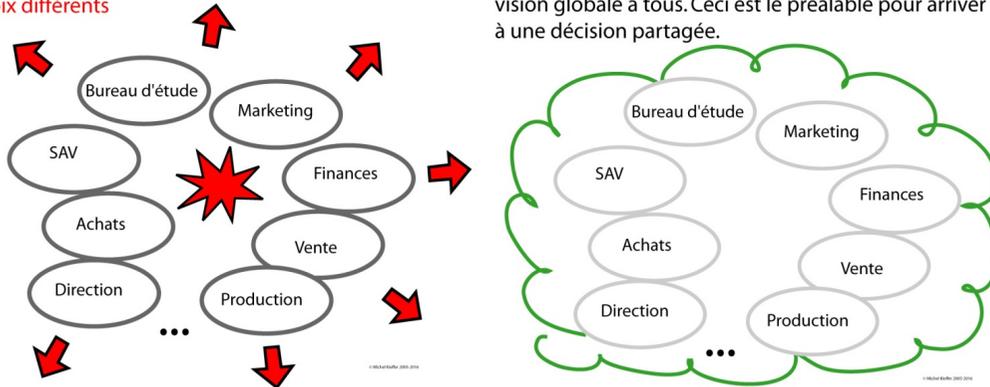
...

5- Conclusion

Ces réalisations nécessitent de délivrer de nombreux enseignements au fil des besoins des projets. Ce mode d'enseignement complète les enseignements académiques de manière particulièrement motivante pour les étudiants. Les compétences développées concernent les domaines de la mécanique, de l'énergétique et de l'électronique complétés par le management de projet tel que présenté page suivante.

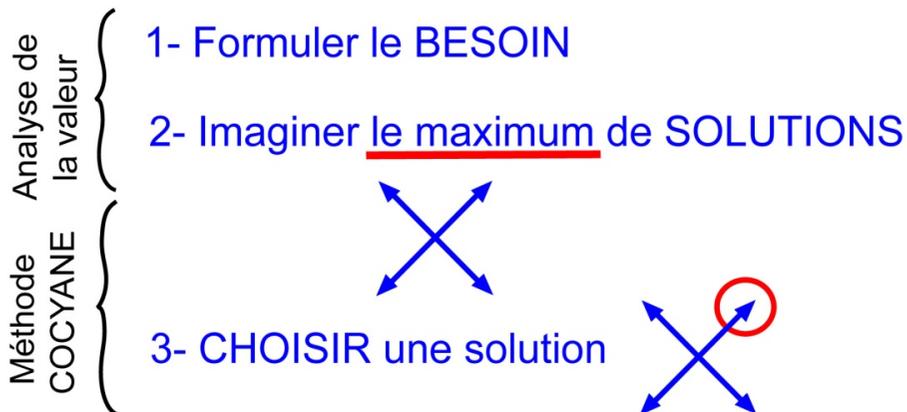
Management de projet, méthodes de créativité, définition des besoins, recherche et choix de solutions, planification optimale... dans un esprit de réduction des coûts par la simplification des systèmes :

Spécialités différentes = perceptions différentes = choix différents

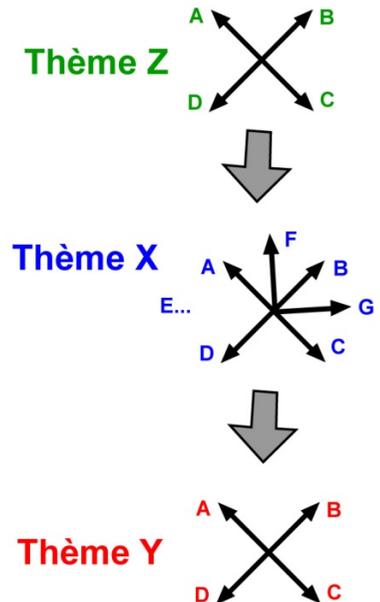


L'objectif de l'analyse multicritères est de donner une vision globale à tous. Ceci est le préalable pour arriver à une décision partagée.

Processus global quel que soit le sujet :



Ordonner les carrefours stratégiques entre eux



- 1- Besoins
- 2- Solutions
- 3- Choisir