



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

Version K5 le 2.9.2024
MK_presentation_2_CMI_ATE

Sommaire

1- Les filières support du CMI-ATE

2- Programme du CMI-ATE en Licence

3- Programme du CMI-ATE en Master

4- Projets et travaux de recherche

5- Exemples d'AMS et travaux de recherche développés dans le cadre du CMI-ATE

1- Les filières supports du CMI-ATE

Le Cursus Master Ingénierie – Aéronautique, Transports et Énergétique (CMI-ATE) est un cursus de cinq années qui se rajoute aux filières licences et masters supports suivantes :

- **Licence Sciences pour l'Ingénieur.**

- **Master Génie industriel :**

- > parcours Énergétique et Matériaux pour l'ingénieur ;
- > parcours Électronique Embarquée et Systèmes de Communication ;
- > parcours Mécanique des Structures Composites : Aéronautique et Eco- conception.

Le CMI-ATE comprend 20% d'heures en plus par rapport aux filières supports énumérées ci-dessus. Le programme de la spécialisation ATE est développé chapitres suivants.

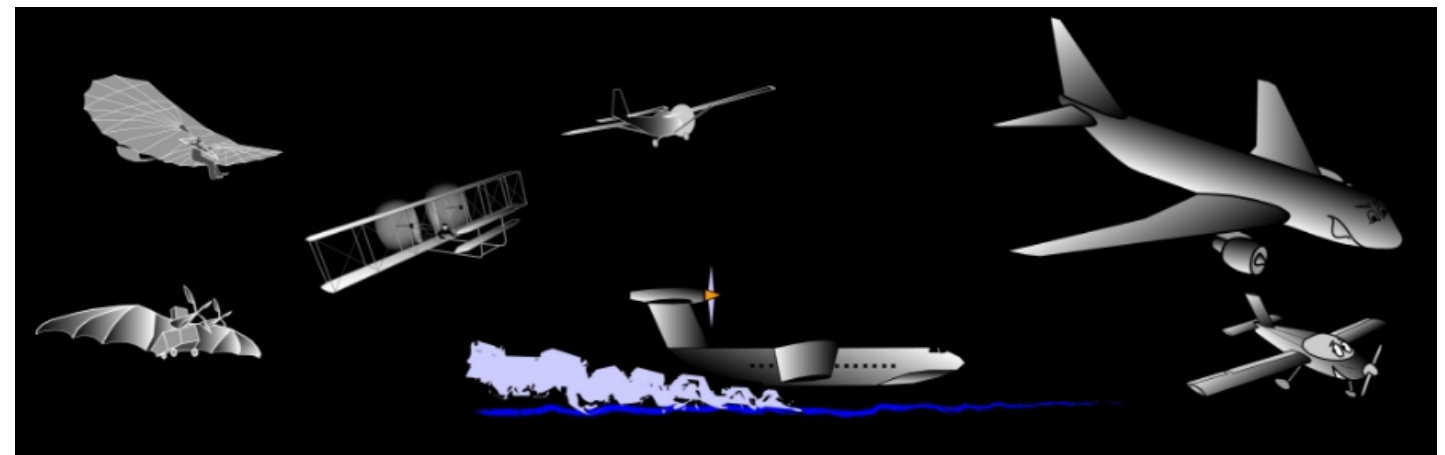
Une part importante de ces heures est affectée à des projets tel que présenté dans le chapitre 4. Ces projets concernent principalement le secteur des transports.

2 Programme du CMI-ATE en Licence

Programme L1

Projets (30h).

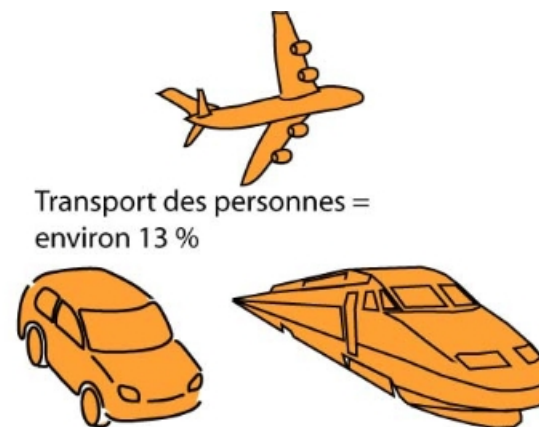
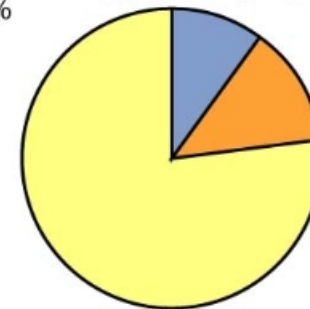
Histoire et évolution des technologies aérospatiales (30h).



Culture et enjeux scientifiques du secteur des transports (30h).

Stage découverte entreprise (5 semaines).

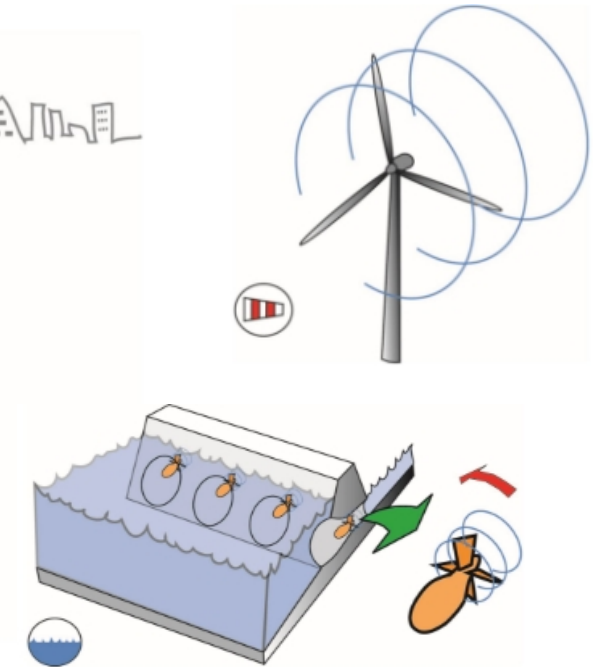
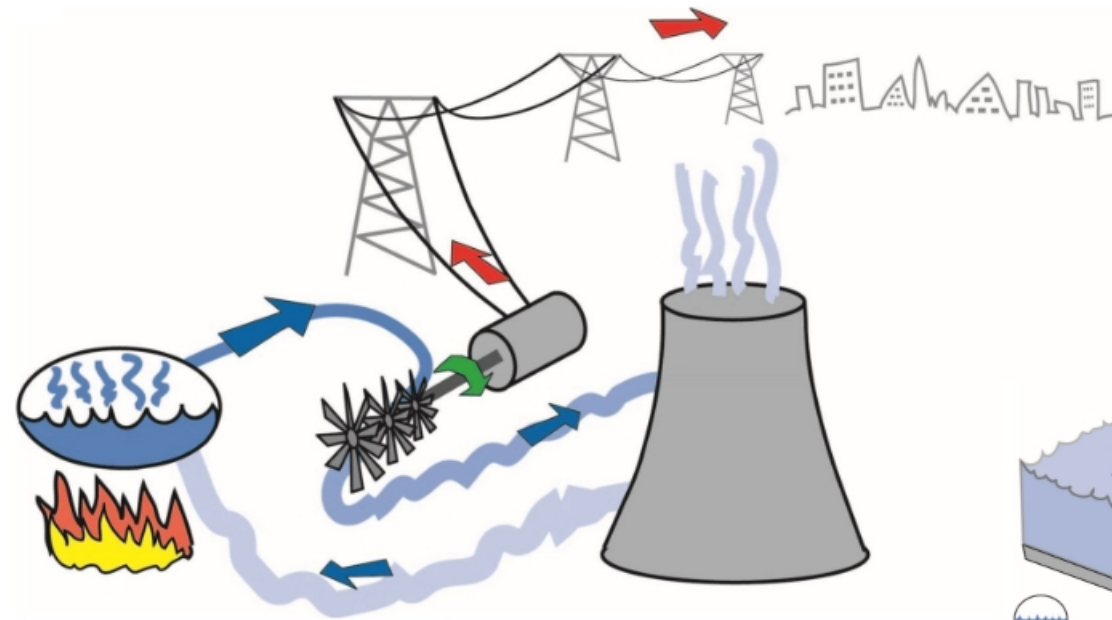
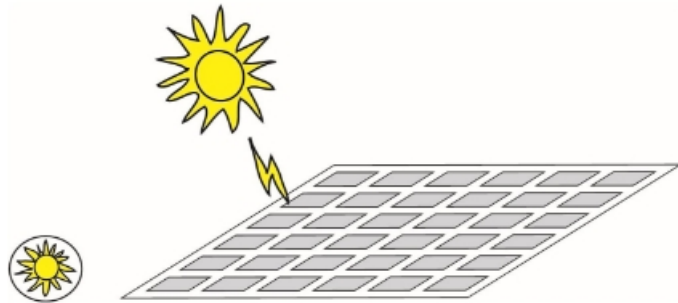
Transport des marchandises = environ 10 %



Les transports représentent 23 % du total des émissions de CO2 en Europe (34 % en France)

Programme L2

Modèles et enjeux scientifiques du secteur de l'énergie (15h).

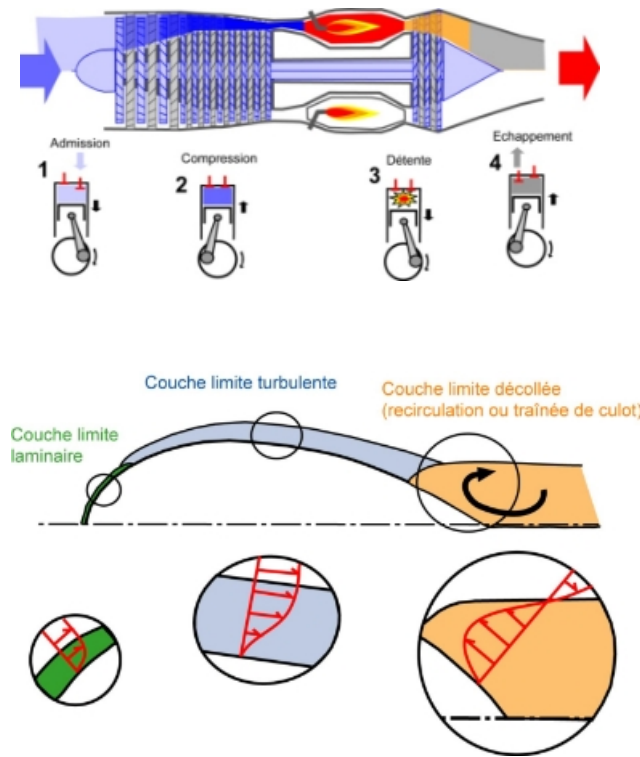


Histoire des sciences (30h).



Conférence sur la Navigation Astronomique

Aérotechnique (30h).

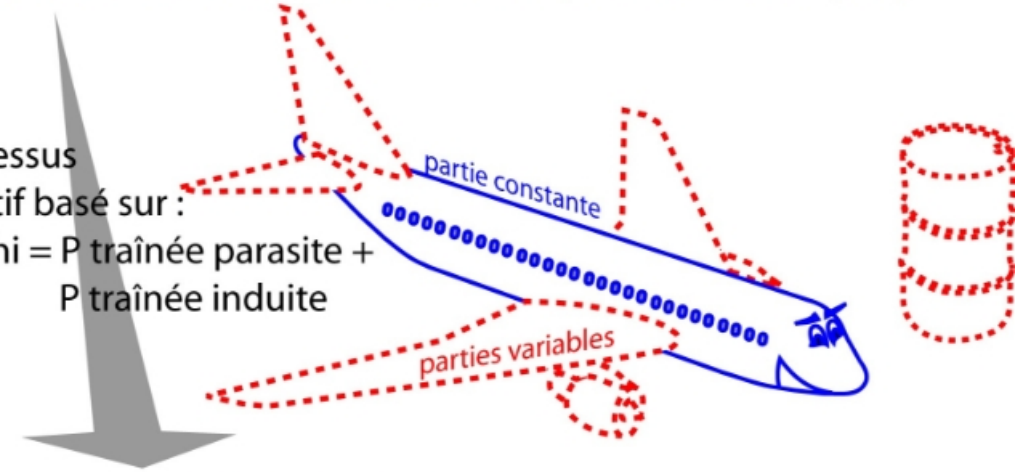


Données d'entrée :

$QM_{pl}, Z_{cr}, D_{fr}, V_{cr}, \mu, C_{fe}, V_{so}, C_{Zmax}, SM_{np}, S_{raf}, A, e, R_{hi}, M_{sp}, C_{sp}$

Processus itératif basé sur :

$$P_{d.Rhi} = P_{\text{traînée parasite}} + P_{\text{traînée induite}}$$



Le pré-dimensionnement nous donne :

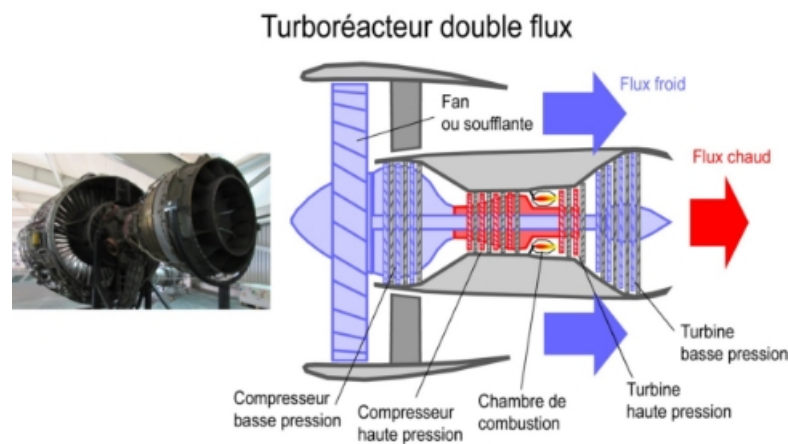
$QM, T_{dC}, M_m, T_{dV}, M_c, M_d, S_a, S_e, SMT, P_{cr}, P_{inst}...$

Projets (30h).

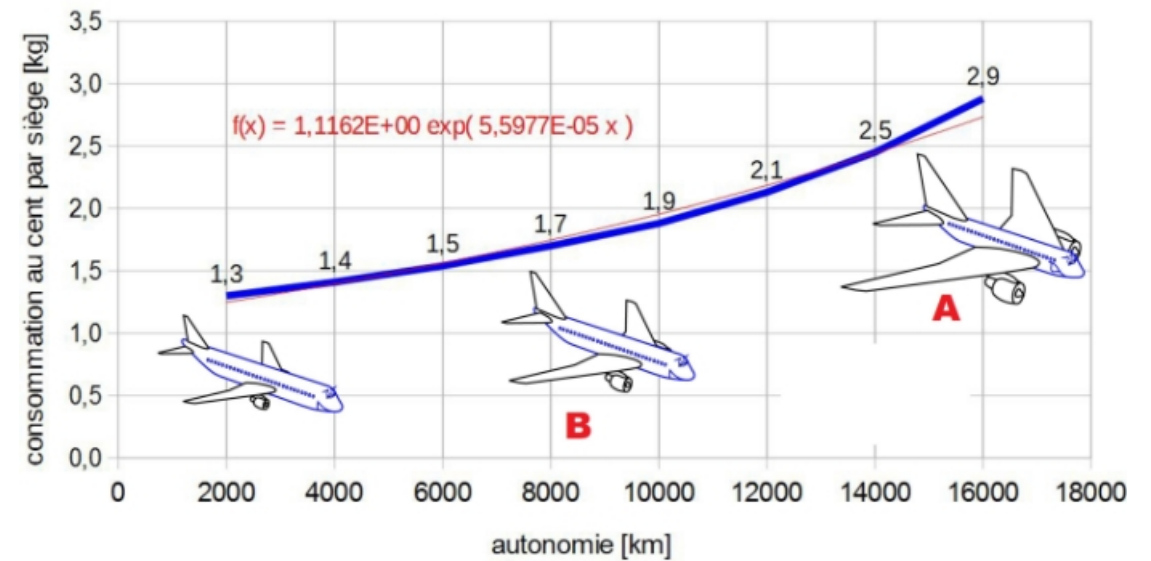


Programme L3

Aérotechnique (30h).



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

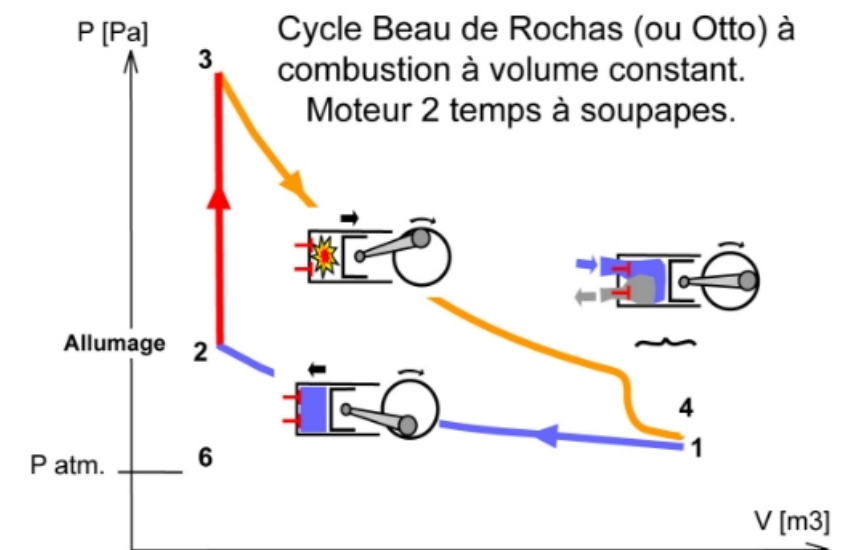
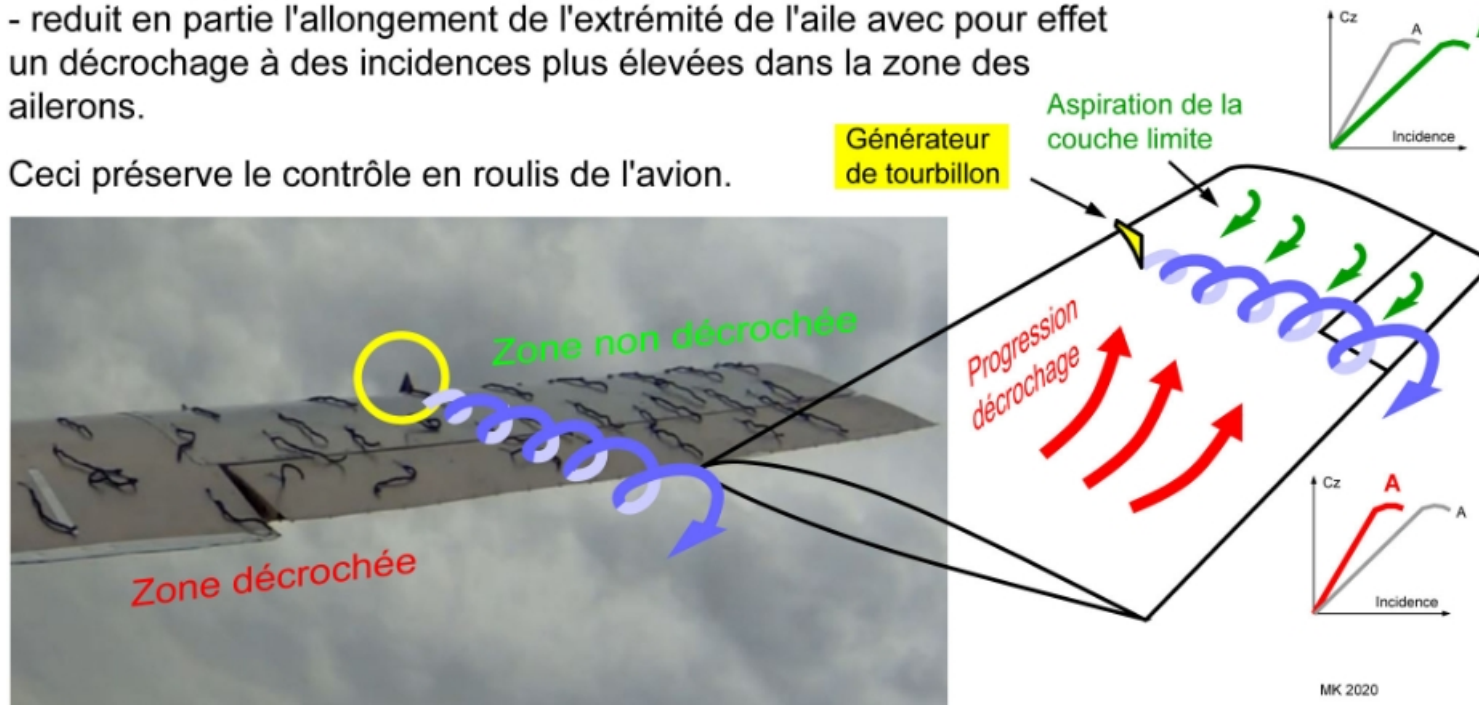


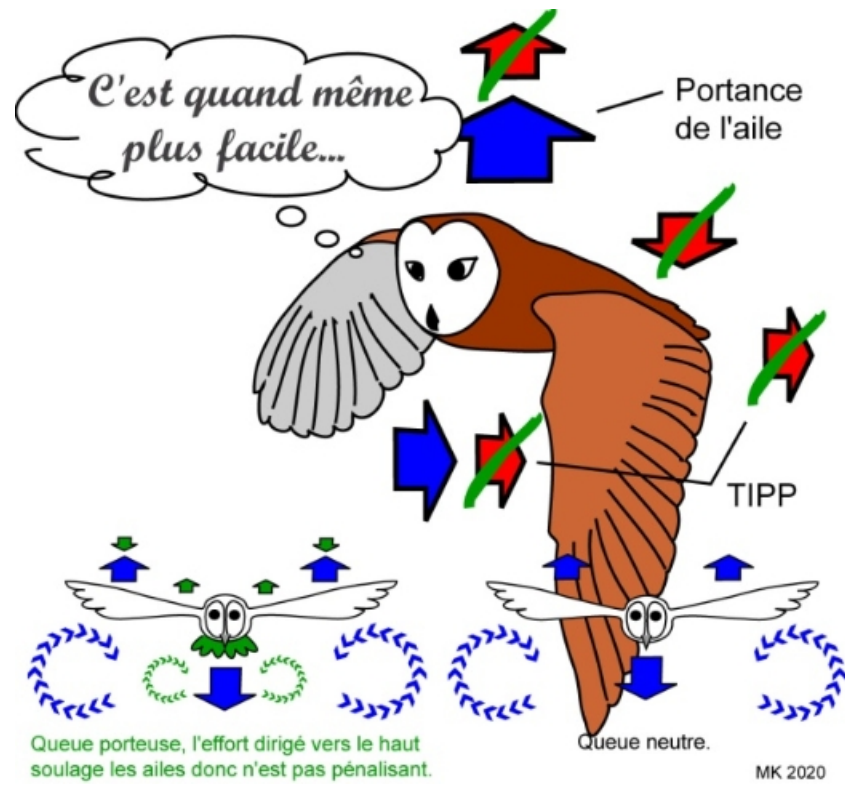
Générateur de tourbillon :

Ce dispositif :

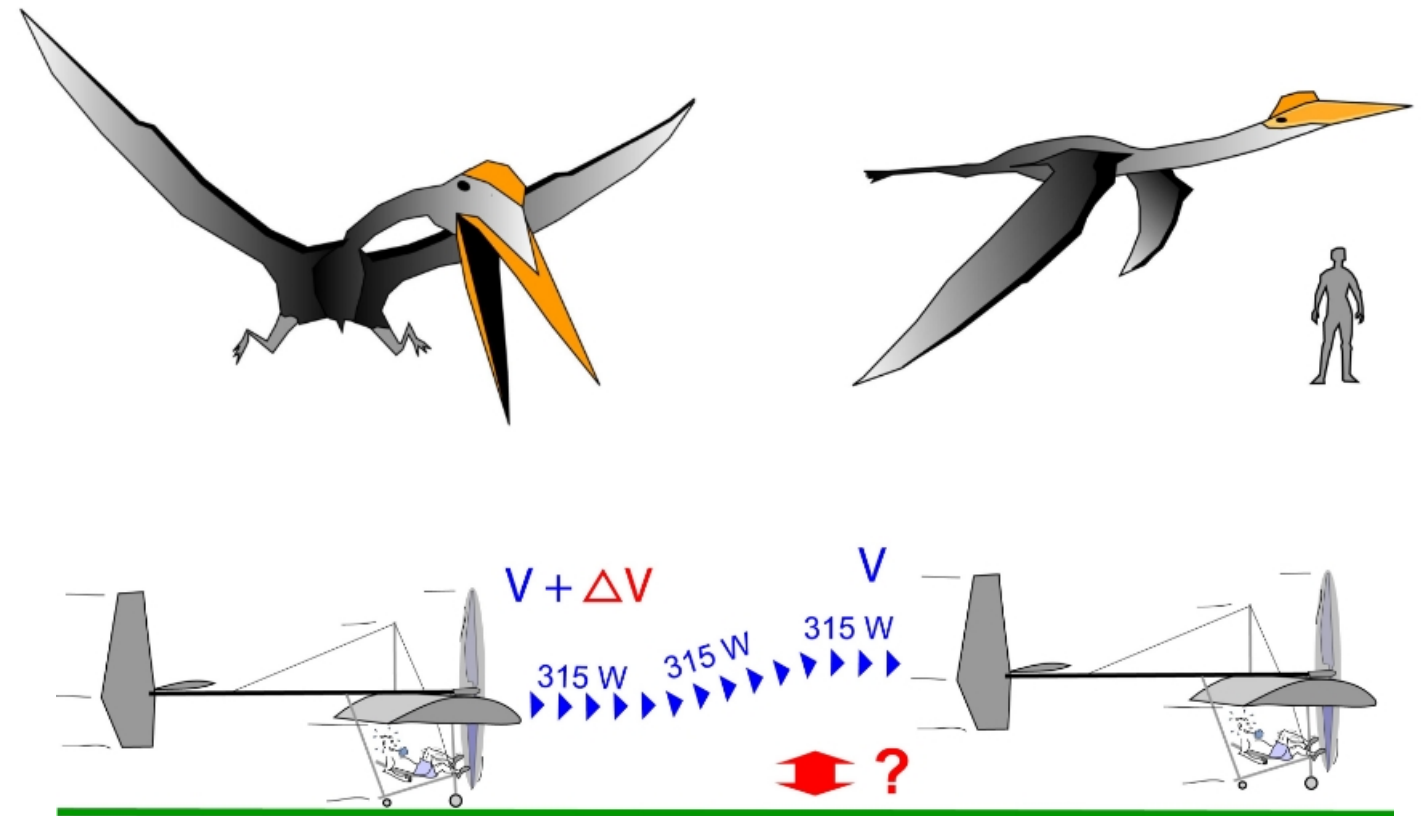
- ralentit la progression du décrochage vers les ailerons ;
- réduit en partie l'allongement de l'extrémité de l'aile avec pour effet un décrochage à des incidences plus élevées dans la zone des ailerons.

Ceci préserve le contrôle en roulis de l'avion.



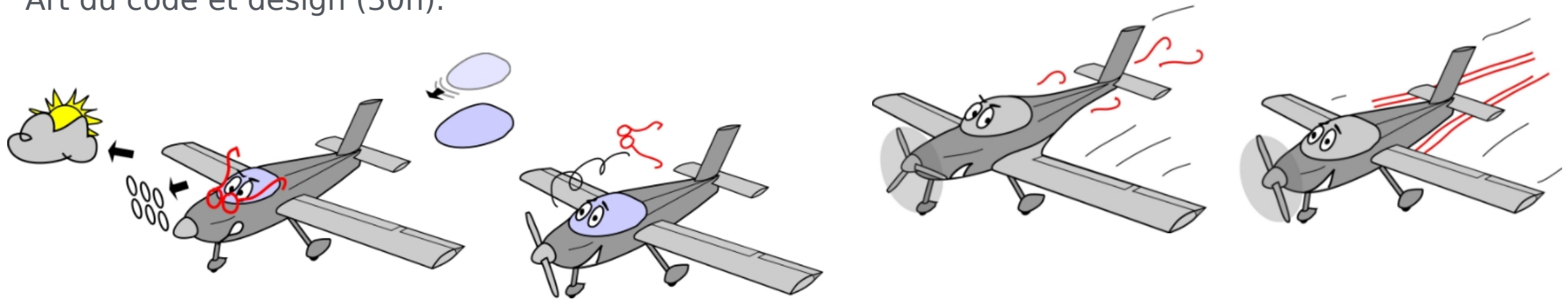


Vol à propulsion humaine et bio mimétisme appliqué aux avions.

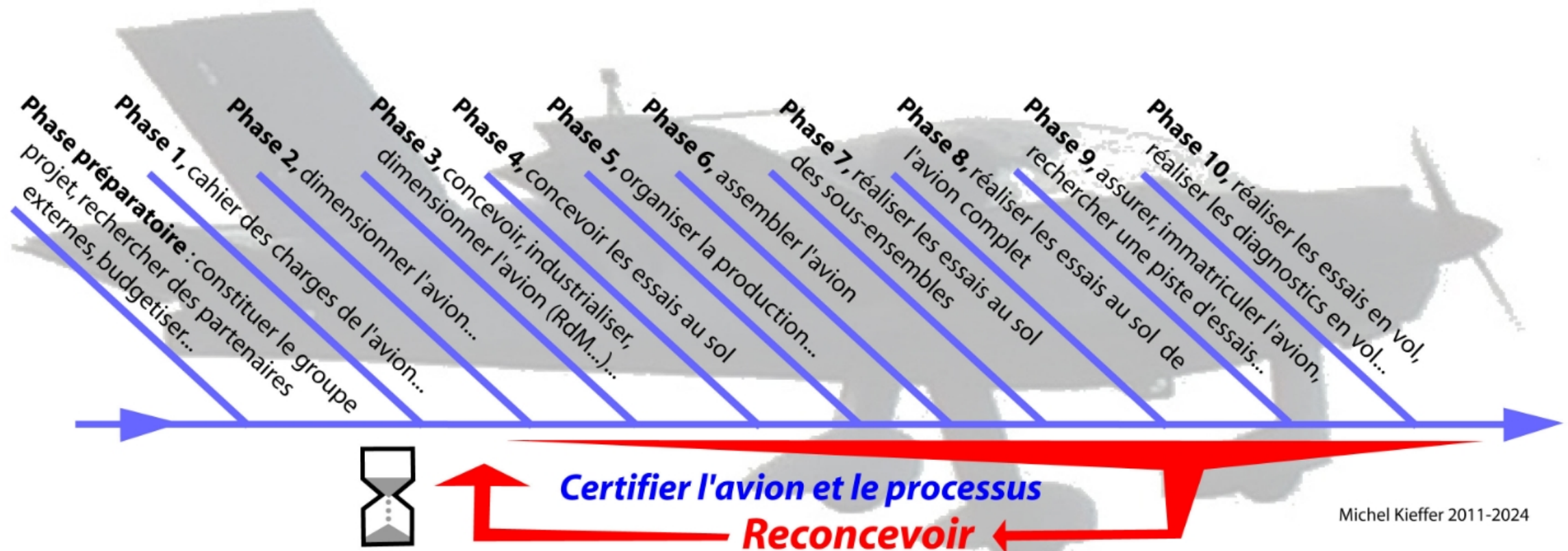


Gestion des environnements immersifs (30h).

Art du code et design (30h).



Projets intégrateurs (30h).

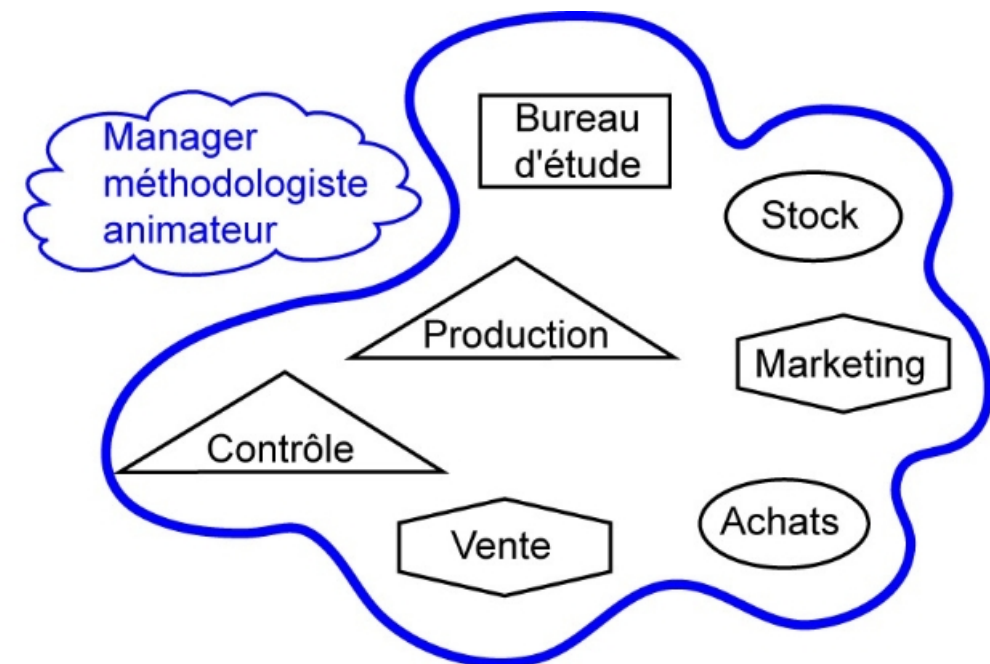
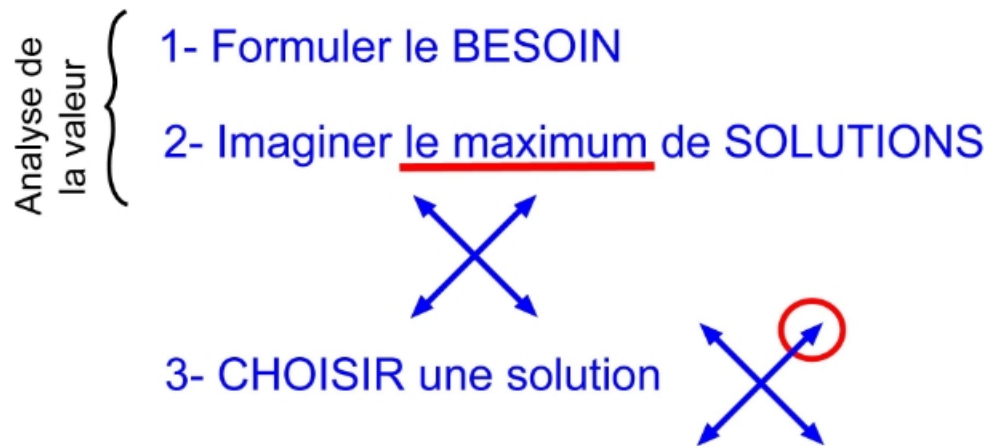


3 Programme du CMI-ATE en Master

Programme M1

Organisation de travail (15h).

Processus global quel que soit le sujet :



Comptabilité financière et analytique (24h).

Optimisation de la gestion de l'énergie à bord des véhicules (20h).



Récupération d'énergie cinétique (Ec)

Hypothèse : l'énergie cinétique est récupérée pour vaincre la traînée aérodynamique et la traînée de roulement lors des décélérations.

Nota : $E_c = E_{ug}$ (énergie nécessaire pour accélérer)

$$E_u =$$

vitesses constantes $\gamma = 0$

$$\sum_1^m \left[\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \cdot v_{cst}^3 \int_{t_{m1}}^{t_{m2}} dt + C_r \cdot m \cdot g \cdot v_{cst} \int_{t_{m1}}^{t_{m2}} dt \right]$$

Accélérations : vitesses variables $\gamma = \text{constante}$

$$+ \sum_1^n \left[\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \int_{t_{n1}}^{t_{n2}} v_{v=f(t)}^3 dt + m \cdot \gamma_n \int_{t_{n1}}^{t_{n2}} v_{v=f(t)} dt \right]$$

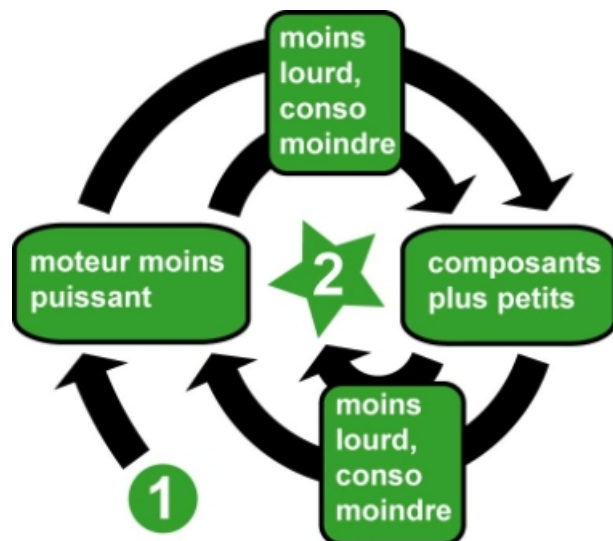
Décélérations : vitesses variables $\gamma = \text{constante}$

$$+ \sum_1^n \left[\frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot C_x \int_{t_{n1}}^{t_{n2}} v_{v=f(t)}^3 dt + C_r \cdot m \cdot g \int_{t_{n1}}^{t_{n2}} v_{v=f(t)} dt + m \cdot \gamma_n \int_{t_{n1}}^{t_{n2}} v_{v=f(t)} dt \right]$$

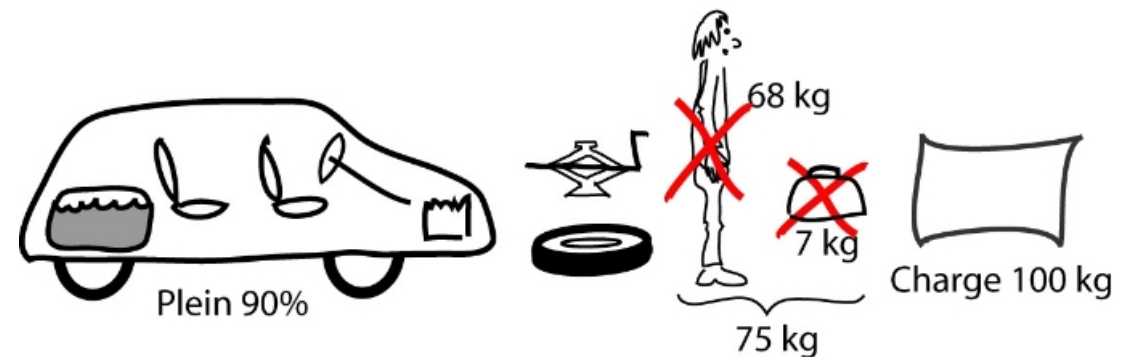
E_{ua} E_{ur} E_{ug}

Eug totale

$E_{ug} = 0$ lors décélérations



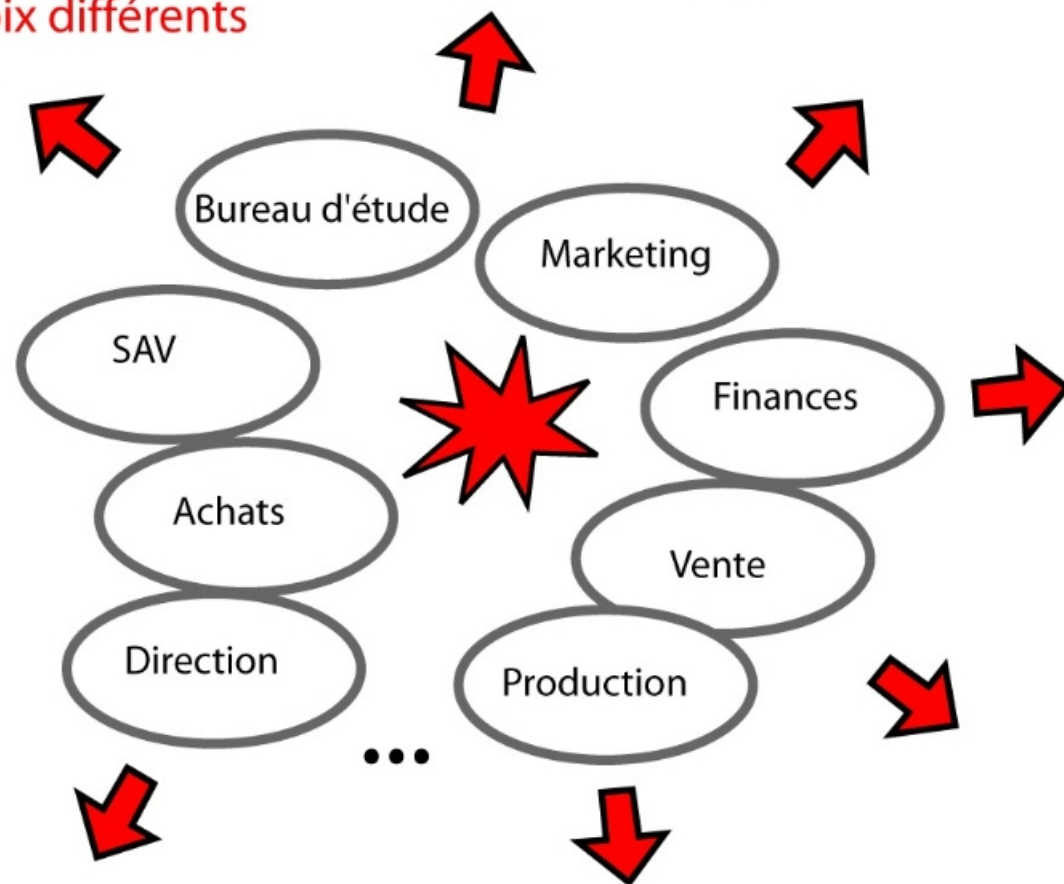
Masse de référence = masse à vide + 100 kg



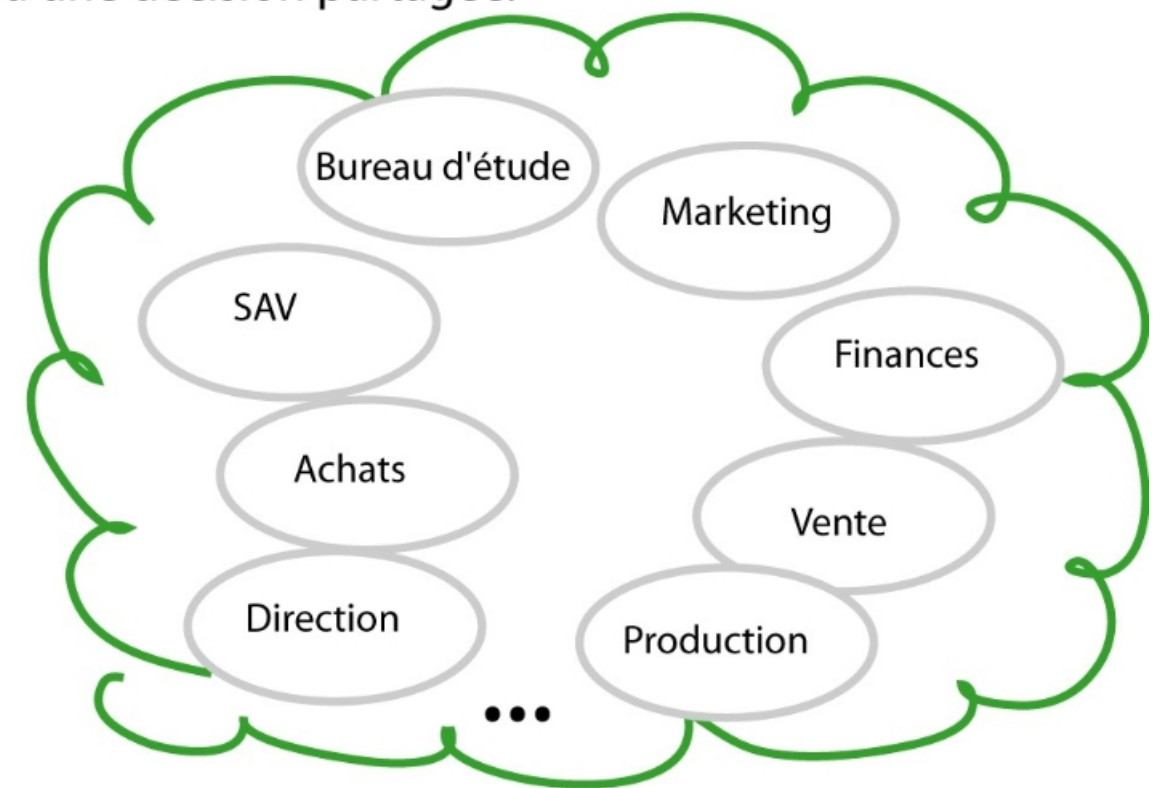
Management de la Supply Chain
(18h).

Manager et décider (18h).

Spécialités différentes = perceptions différentes =
choix différents

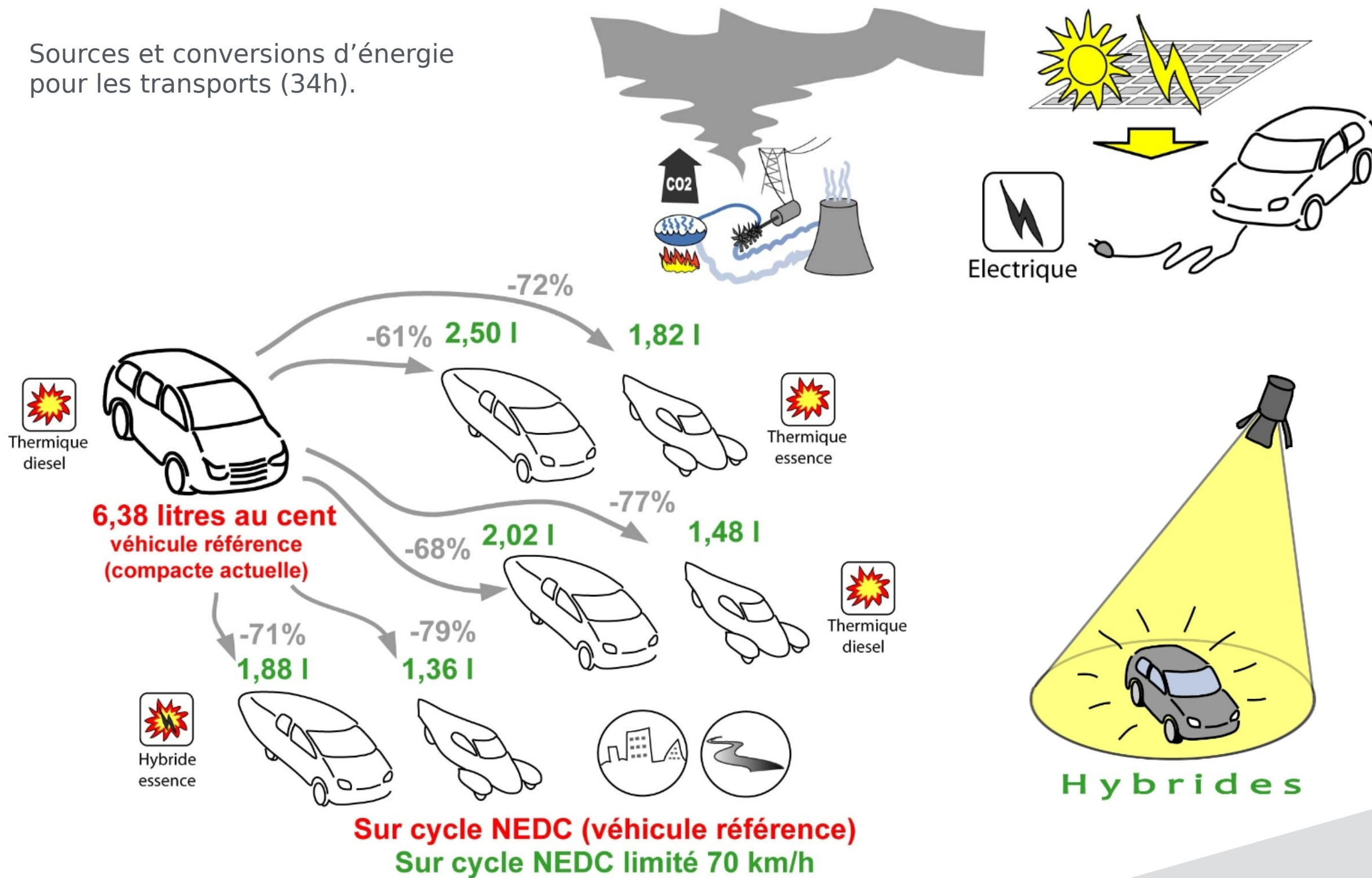


L'objectif de l'analyse multicritères est de donner une
vision globale à tous. Ceci est le préalable pour arriver
à une décision partagée.



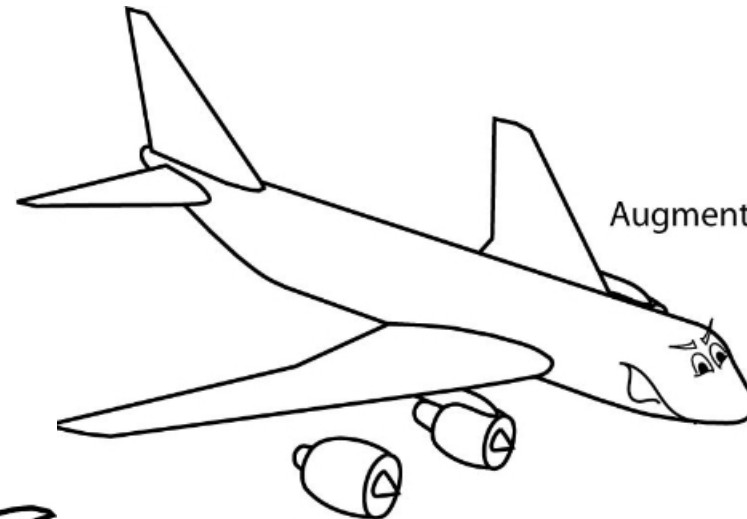
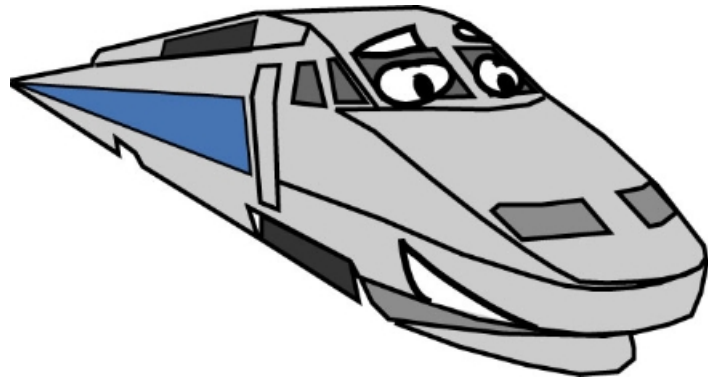
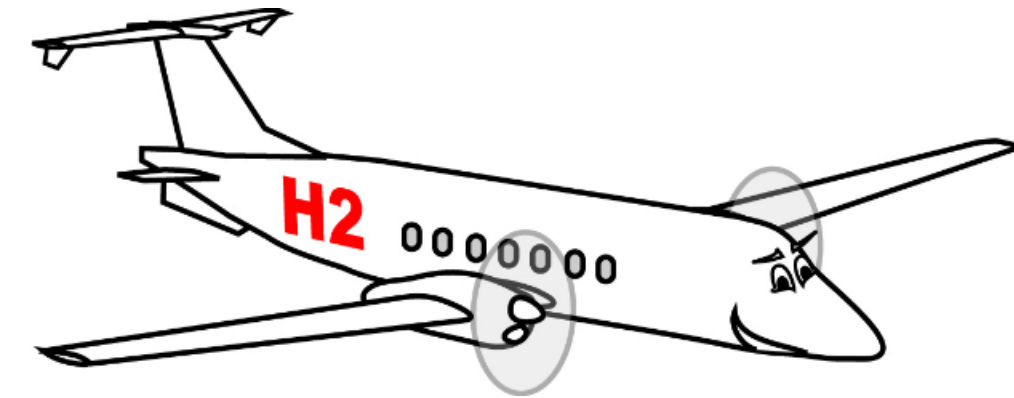
Programme M2

Sources et conversions d'énergie pour les transports (34h).

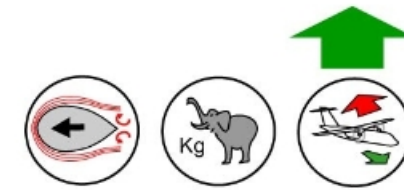


Lean Design et Lean Office (24h).

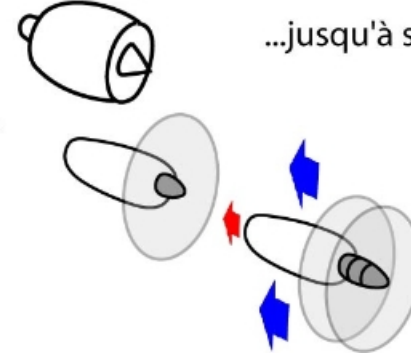
Programme aéronautique et transports (30h).



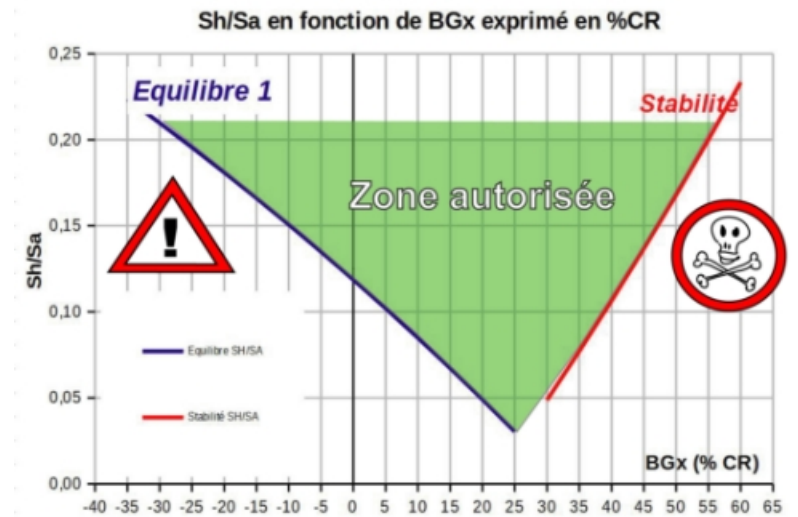
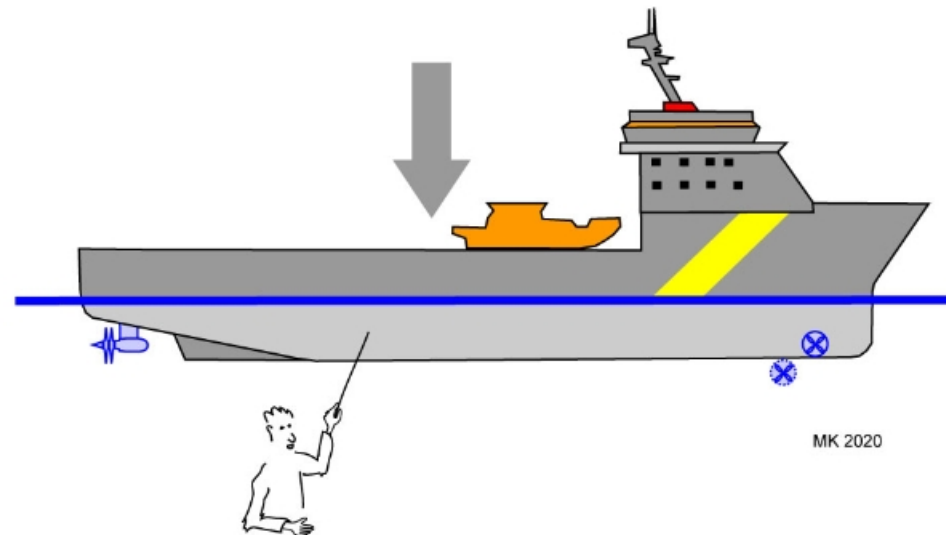
Augmentation des taux de dilution...



...jusqu'à supprimer les carénages



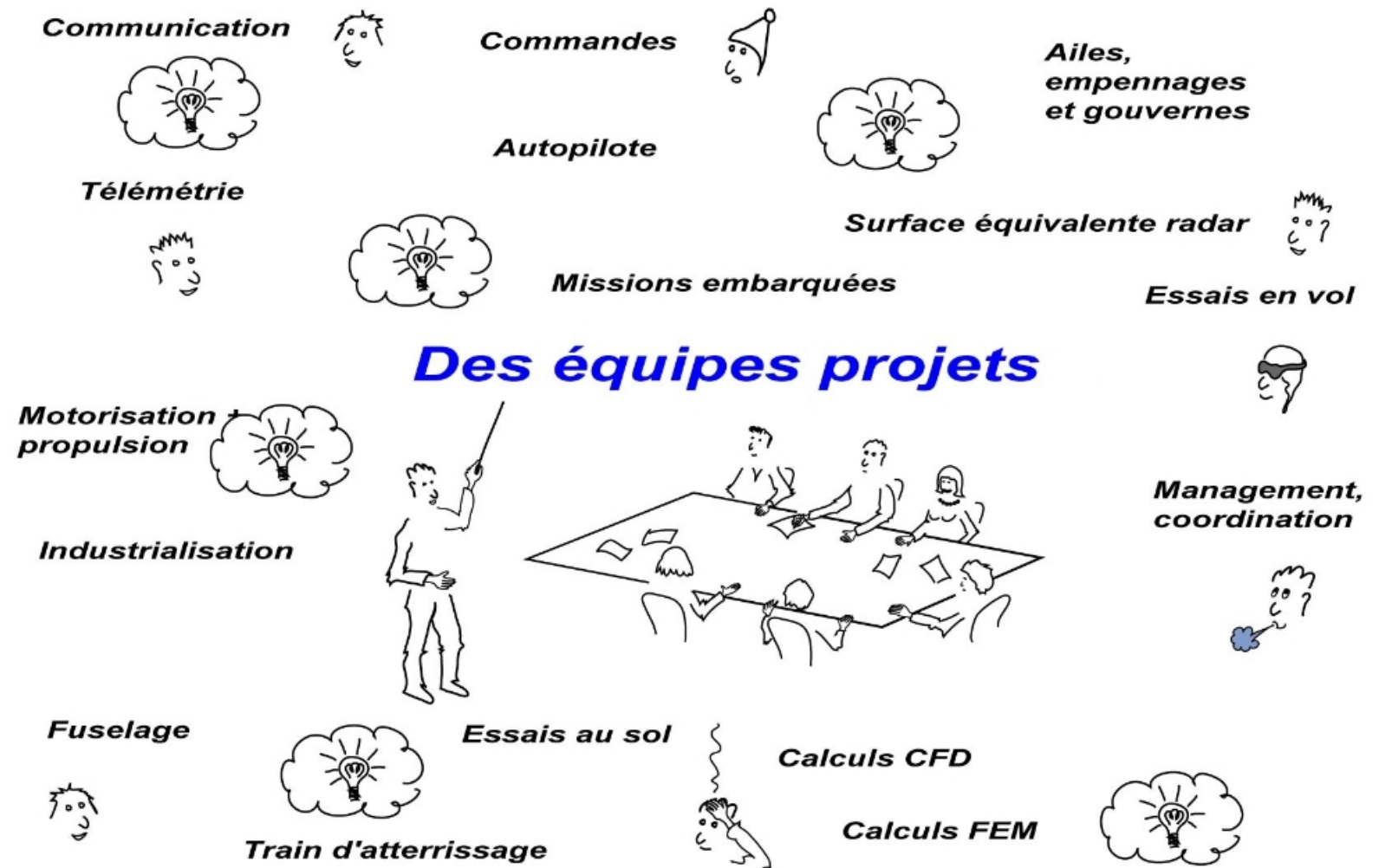
La traînée totale est fonction de la surface mouillée immergée, elle-même fonction de la masse du bateau



4- Projets et travaux de recherche dans le cadre du CMI-ATE

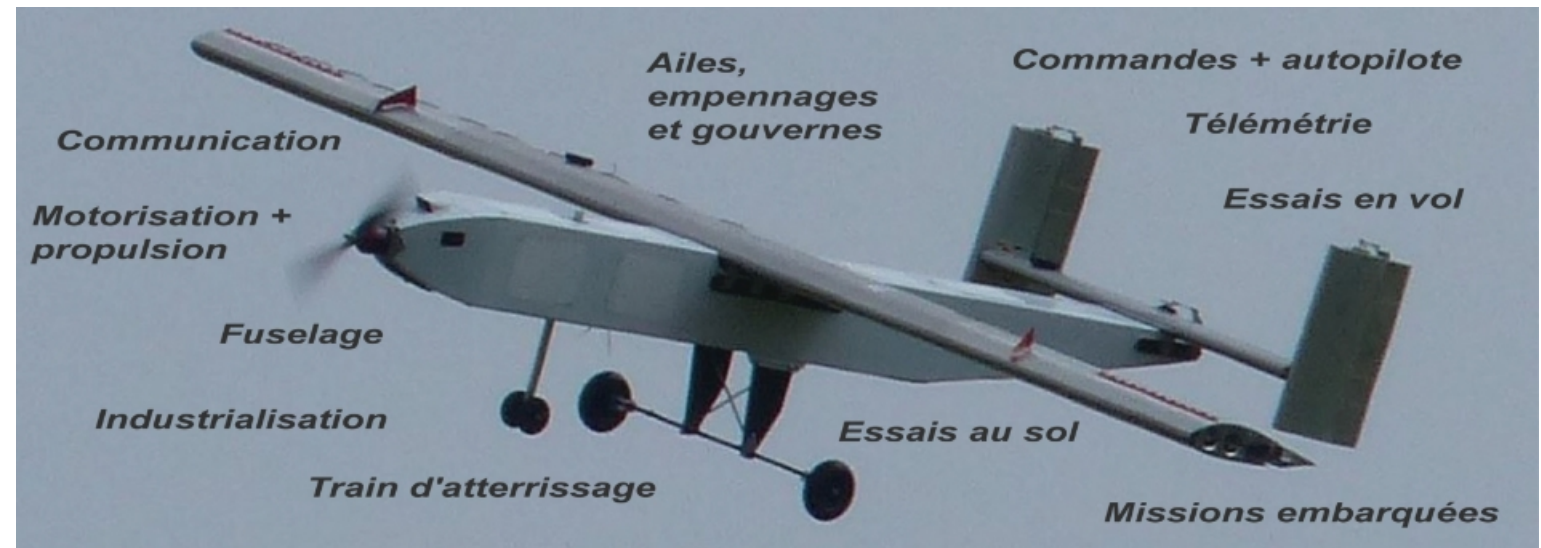
Les projets, ou « activité de mise en situation (AMS) », accompagnent les cinq années du cursus du cursus CMI-ATE.

Les AMS sont pour la plupart abouties donc se confrontent à la réalité. Une AMS est par nature complexe et rencontre en permanence des imprévus. Ainsi, au fil de l'avancement des AMS, les étudiant(e)s re conçoivent les systèmes et les méthodes de conception. De nombreux cours sont assurés au fil des besoins des AMS. Ce processus est très formateur et motivant pour les étudiant(e)s. Les AMS sont réalisées dans un esprit de réduction des coûts par la simplification des systèmes. Ceci afin de concevoir des solutions industrialisées, réalisables et reproductibles à moindres coûts.

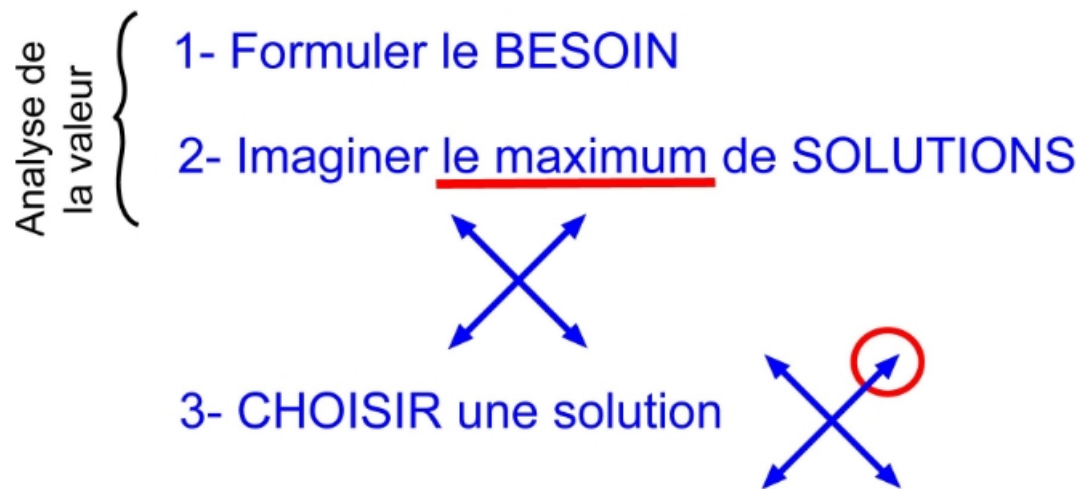


En complément des « sciences de l'ingénieur » propres aux filières supports, le CMI-ATE développe l'électronique, la gestion de l'énergie, l'aérodynamique, l'allègement, les modélisations... dans le domaine de l'aéronautique, de l'automobile et des bateaux de transport.

Le CMI-ATE développe aussi le management de projet et le travail collaboratif entre étudiant(e)s, enseignant(e)s chercheurs et partenaires externes.

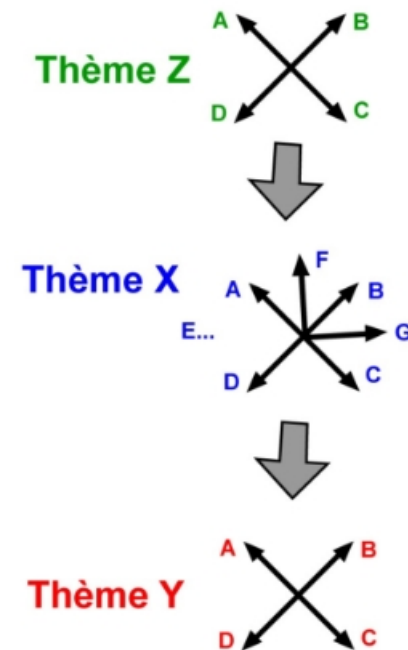


Processus global quel que soit le sujet :



Ordonner les carrefours stratégiques entre eux

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



Différentes entités de l'Université de Paris Nanterre sont impliquées selon les besoins des AMS et travaux de recherche :

- parcours ouverts au CMI-ATE ;
- parcours non ouverts au CMI-ATE mais partenaires des projets du CMI ;
- laboratoire.

EA 4416 - Laboratoire Énergétique
Mécanique Electromagnétisme (LEME)

Licence Sciences pour l'Ingénieur

BUT
Université de Paris Nanterre

Master Génie industriel : Énergétique et
Matériaux pour l'ingénieur

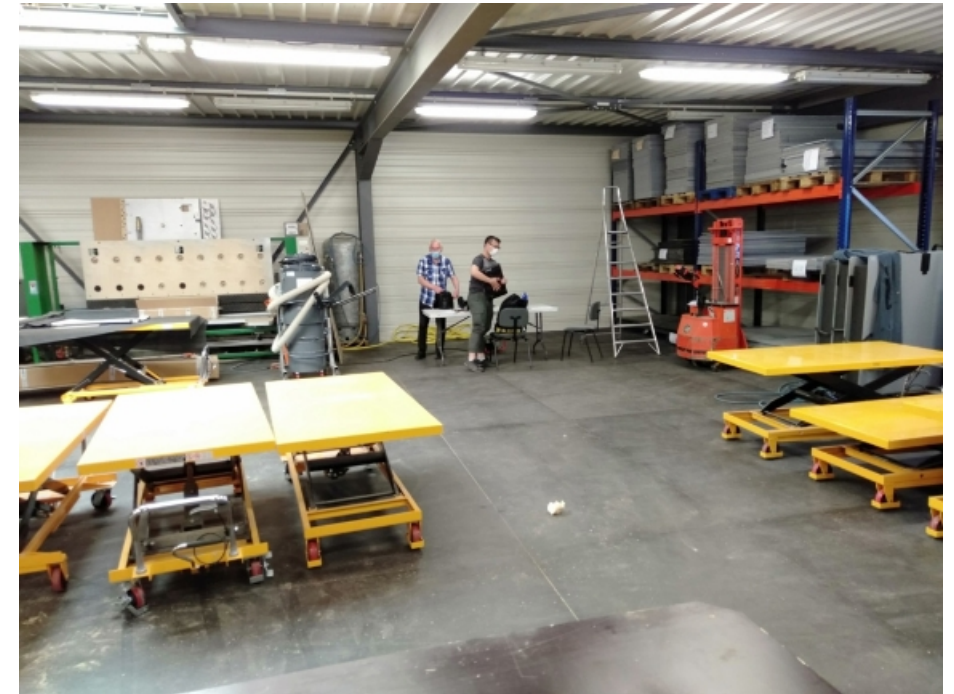
AMS

Master Génie industriel : Électronique
Embarquée et Systèmes de
Communication

Master Génie industriel : Mécanique des
Structures Composites : Aéronautique
et Eco-conception

Les partenaires externes sont des industriels et d'autres partenaires liés au domaine des transports. Ces partenaires accueillent des stagiaires CMI dans le cadre des AMS et donnent l'accès aux étudiant(e)s à différents moyens :

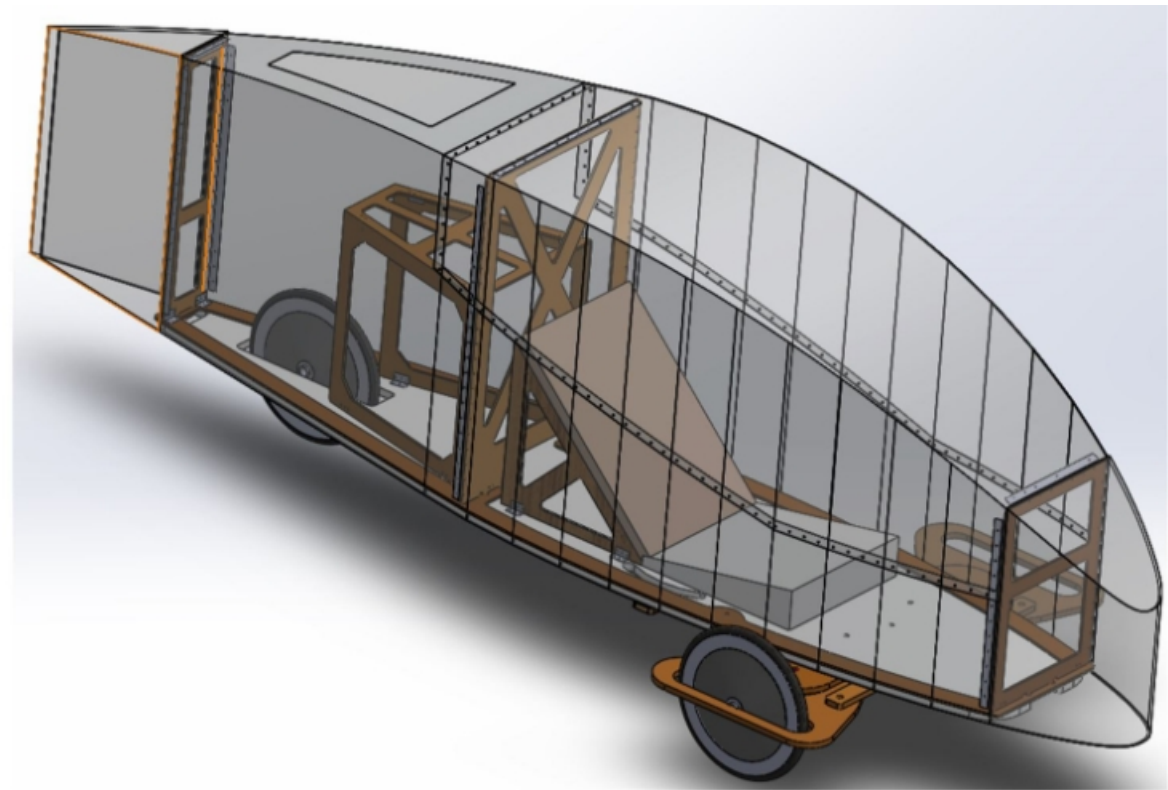
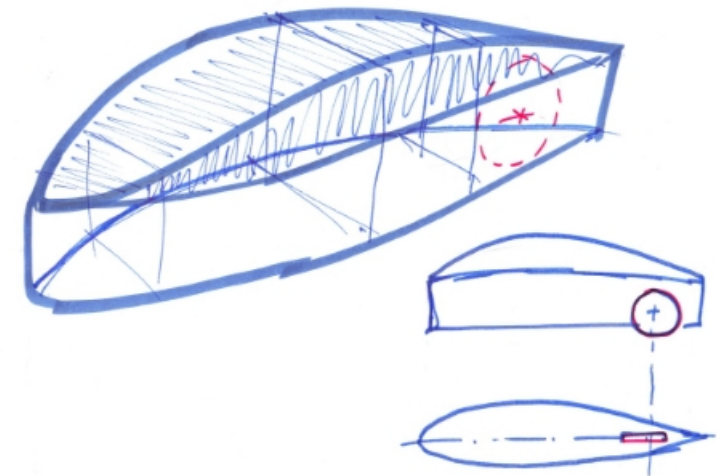
- machines de production ;
- locaux de montage ;
- lieux de stockage ;
- piste avion pour des essais en vol ;
- piste pour des essais au sol de véhicules routiers...



5- Exemples d'AMS et de travaux de recherche

Conception de l'EcoCar

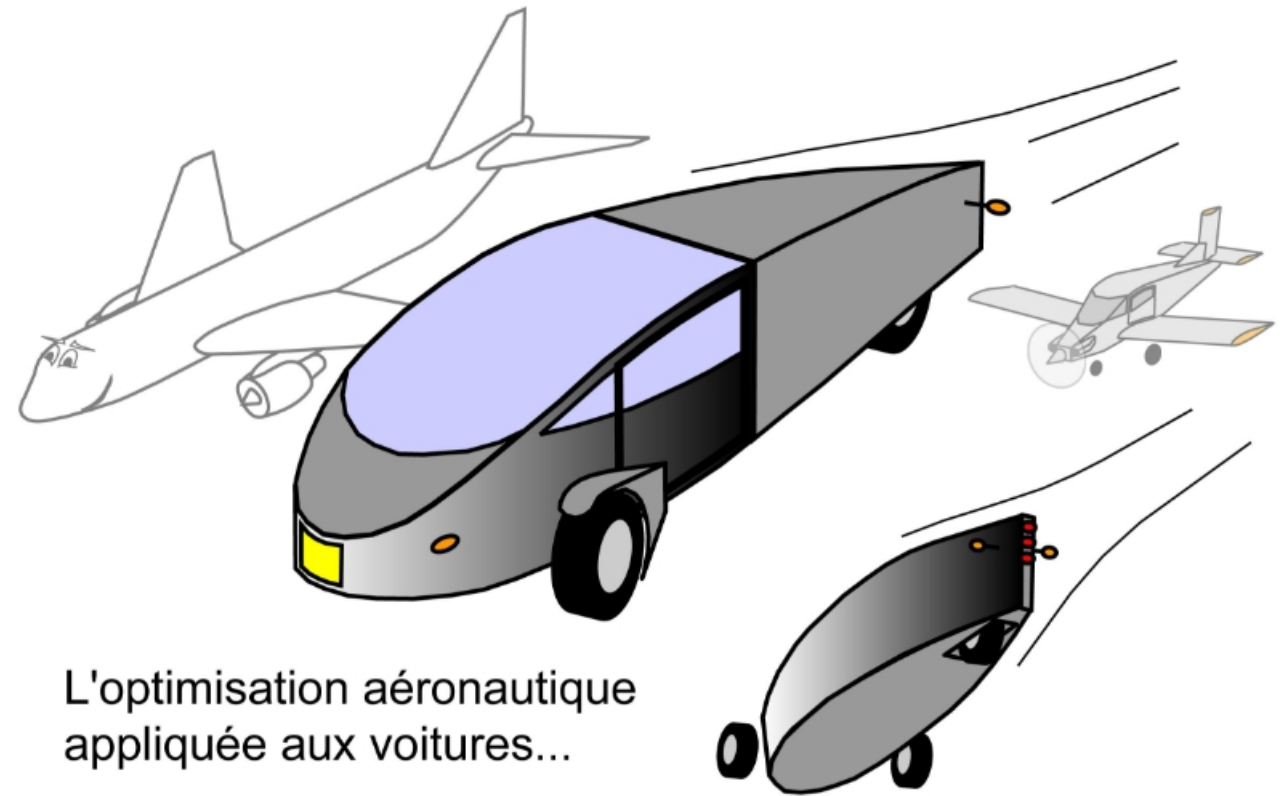
Ce projet prend la relève du PR01 en collaboration avec l'association ADVEVA. L'objectif est de concevoir un véhicule particulièrement économique à produire dans un contexte industriel à des fins de formation. L'accent est mis sur l'ergonomie, la facilité de contrôle et de maintenance, la reproductibilité...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



Conception de dérivés de l'EcoCar

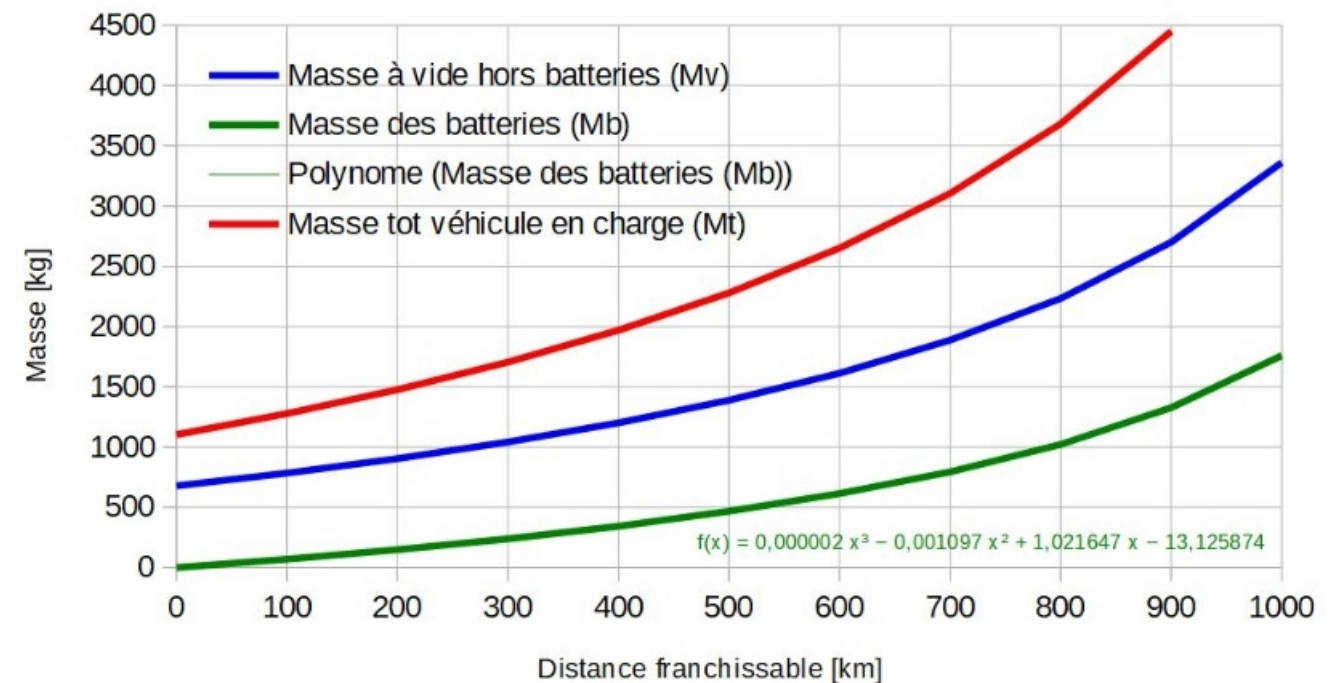
Il s'agit d'imaginer des dérivés à usage route particulièrement économiques. Ces véhicules électriques ou hybrides sont conçus pour rouler à une vitesse moyenne de 70 km/h, la vitesse maximale étant de 90 km/h.

Par rapport aux véhicules électriques actuels de type compact, ces concepts légers et aérodynamiques réduisent considérablement le besoin en énergie donc la masse des batteries : masse de batteries divisée par cinq à autonomie identique, 380 km dans notre cas. Avec leurs dimensions industrielles, ces concepts illustrent la facilité d'accès à des véhicules ultra économiques autant à l'achat qu'à l'usage. Un modèle de dimensionnement a été développé pour déterminer ces économies de manière rapide et fiable. Ce modèle met aussi en évidence l'impact de l'autonomie sur les caractéristiques du véhicule. Les fonctions ci-contre sont déterminées pour une voiture électrique actuelle de type compacte.



L'optimisation aéronautique appliquée aux voitures...

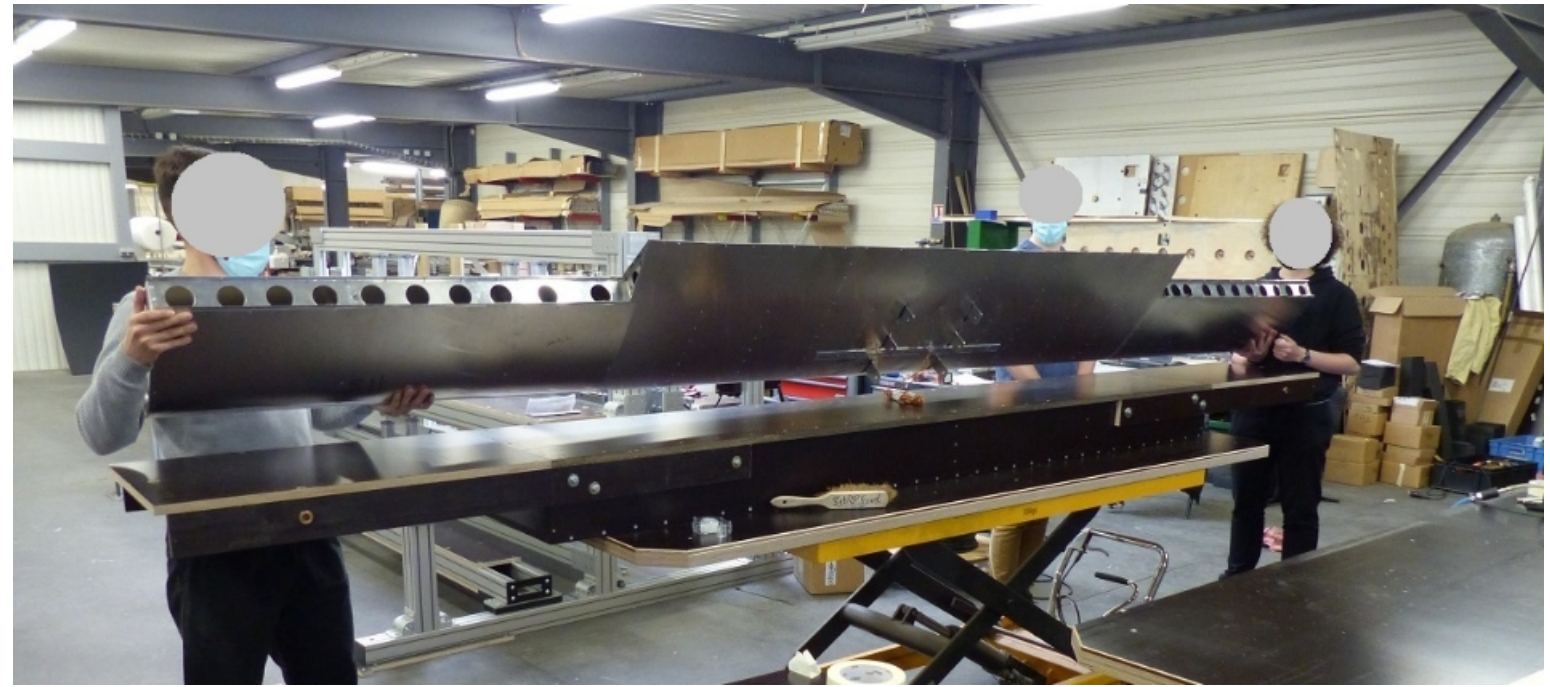
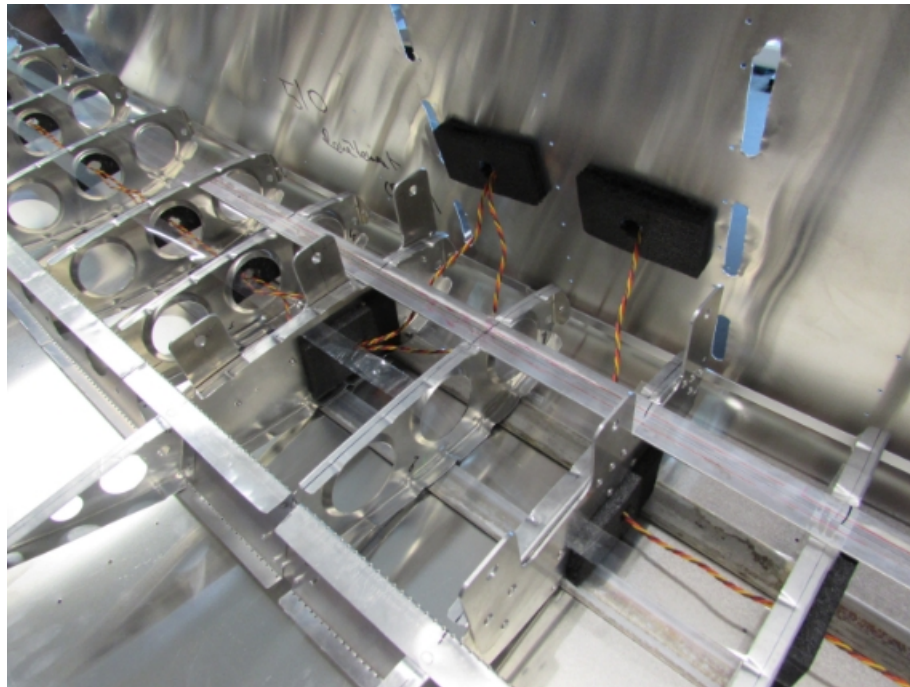
Voiture électrique type : M_v , M_b , M_t en fonction de la distance franchissable



Conception d'avions sans pilotes

Il s'agit d'imaginer une gamme d'avions sans pilotes respectant, à des fins de formation, les points clés de la réglementation aéronautique CS23-1. 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.

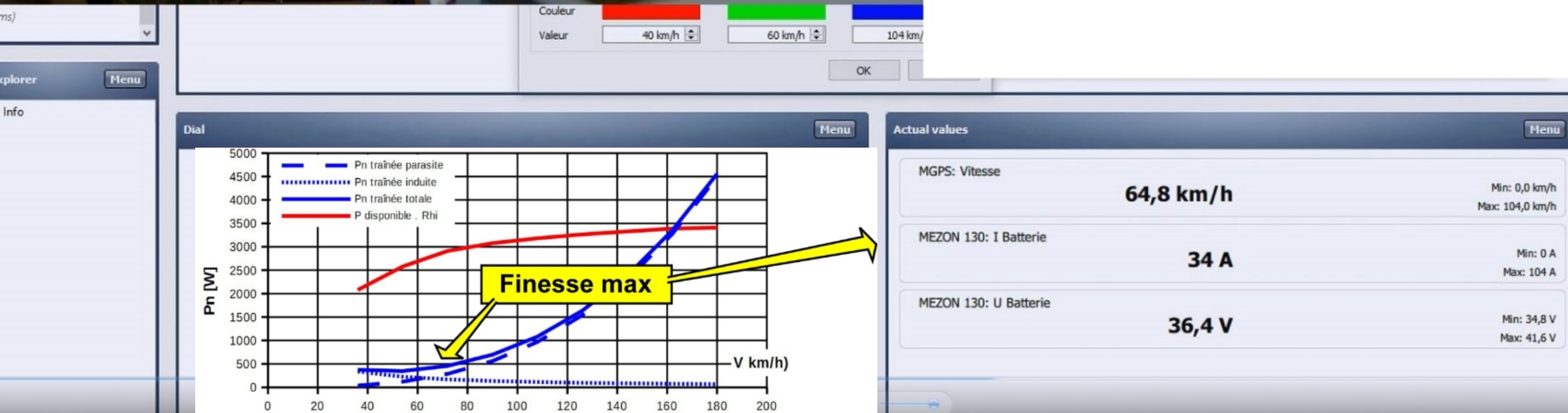
De nombreux cours sont issus de ces projets dans les domaines suivants : définition des caractéristiques d'un aéronef, conception de la cellule, propulsion, gestion de l'énergie, essais au sol, essais en vol, diagnostics aérodynamiques et recherche de solutions correctives...



Exemple d'exploitation de données récupérées par télémétrie :

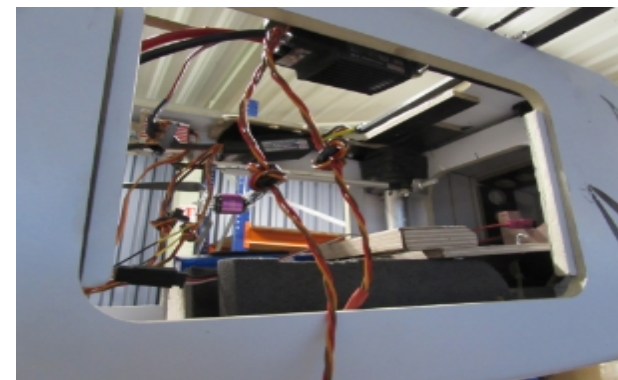
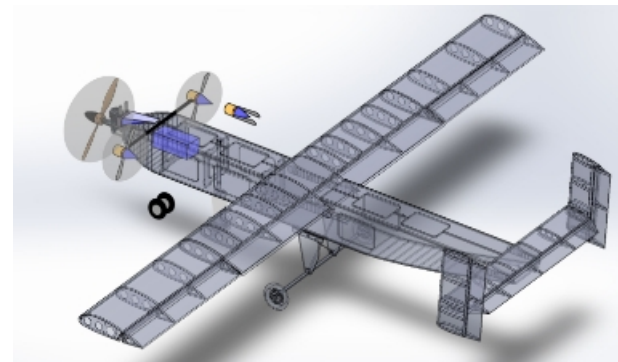


Recherche de la puissance à la vitesse de finesse max



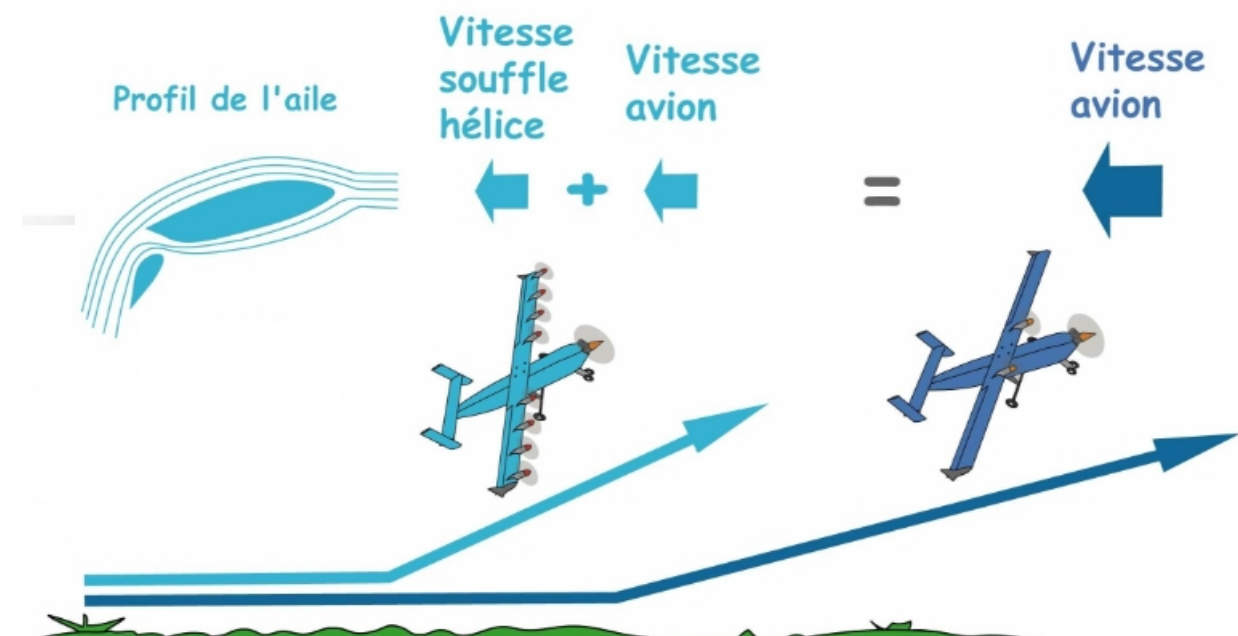
Autres projets aéronautiques, extraits

Ces avions évoluent en différentes versions dont un avion hybride à moteurs non liés (avion 4, 2022). L'hybridation à moteurs non liés est une solution originale et économique en énergie qui permet d'envisager des vols de longues durées tout en ayant des distances de décollage réduites. Cette solution est applicable aux avions légers et aux avions de transport régional. D'autres concepts ont été imaginés et réalisés. Notamment un avion équipé d'une aile composite hyper sustentée à grand allongement (photos page suivante). L'objectif est de réduire la traînée induite par la portance avec pour effet une augmentation conséquente de la distance franchissable. Un autre dérivé permet de « souffler l'aile » afin de réduire les distances de décollage et d'atterrissage. Comparé à un aéronef à décollage vertical, ces concepts ouvrent la porte à des autonomies, des vitesses et des charges utiles sensiblement plus élevées.



Aile soufflée

Aile non soufflée



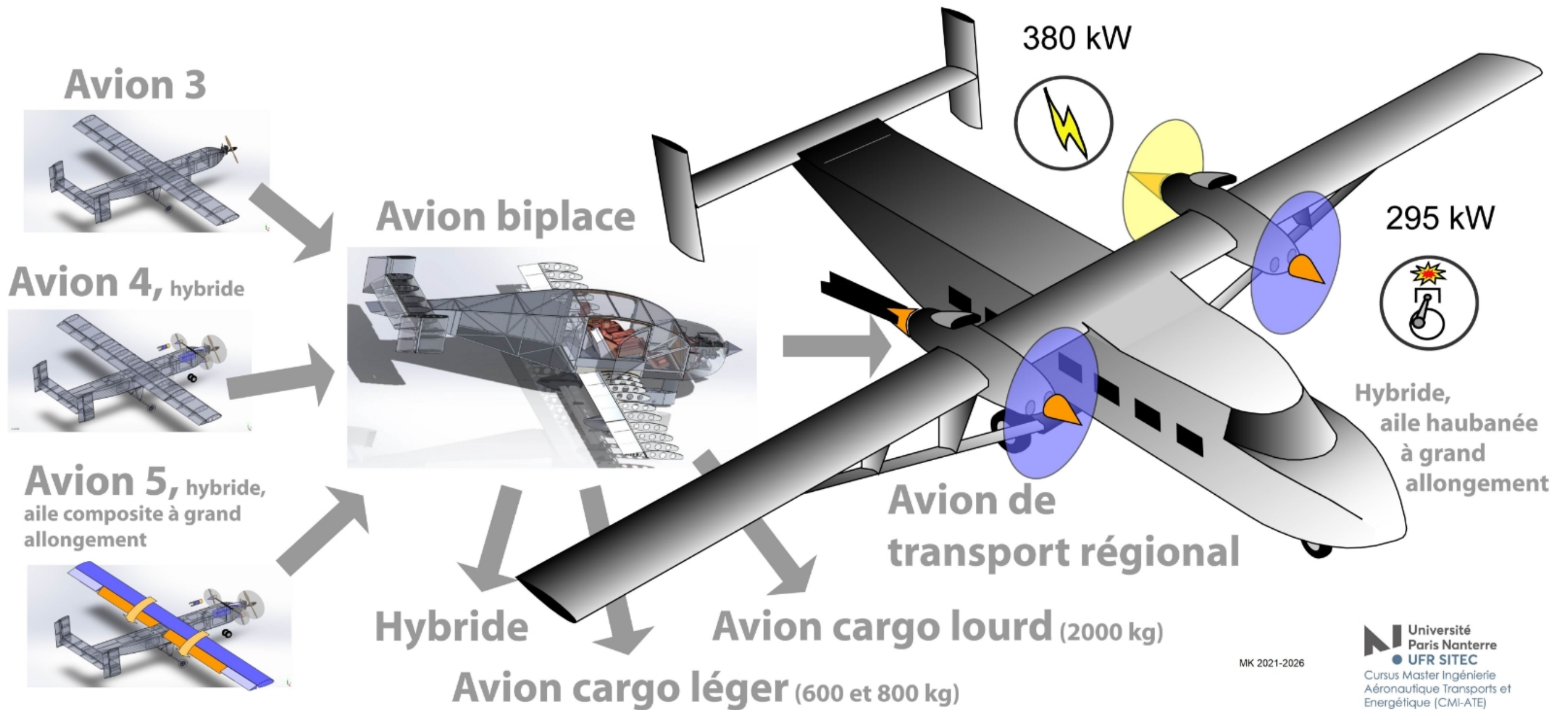
Ces projets mobilisent des compétences pluridisciplinaires. Quels que soient les aéronefs, il reste à poursuivre les sujets suivants : missions embarquées, autopilote, insertion dans l'espace aérien, communication...

Pour les machines en cours de développement, les étudiant(e)s exploitent l'effet de gamme afin de réduire les temps et les moyens de développement de manière conséquente. Par exemple, l'avion 5 ci-contre a été conçu pour s'assembler en deux semaines par deux étudiant(e)s. Cet avion, développé en 2023-24, peut doubler sa masse au décollage au prix de modifications mineures. Les étudiant(e)s conçoivent tout aussi facilement d'autres avions nettement plus grands en reprenant les mêmes technologies ultra simples comparées aux standards actuels.

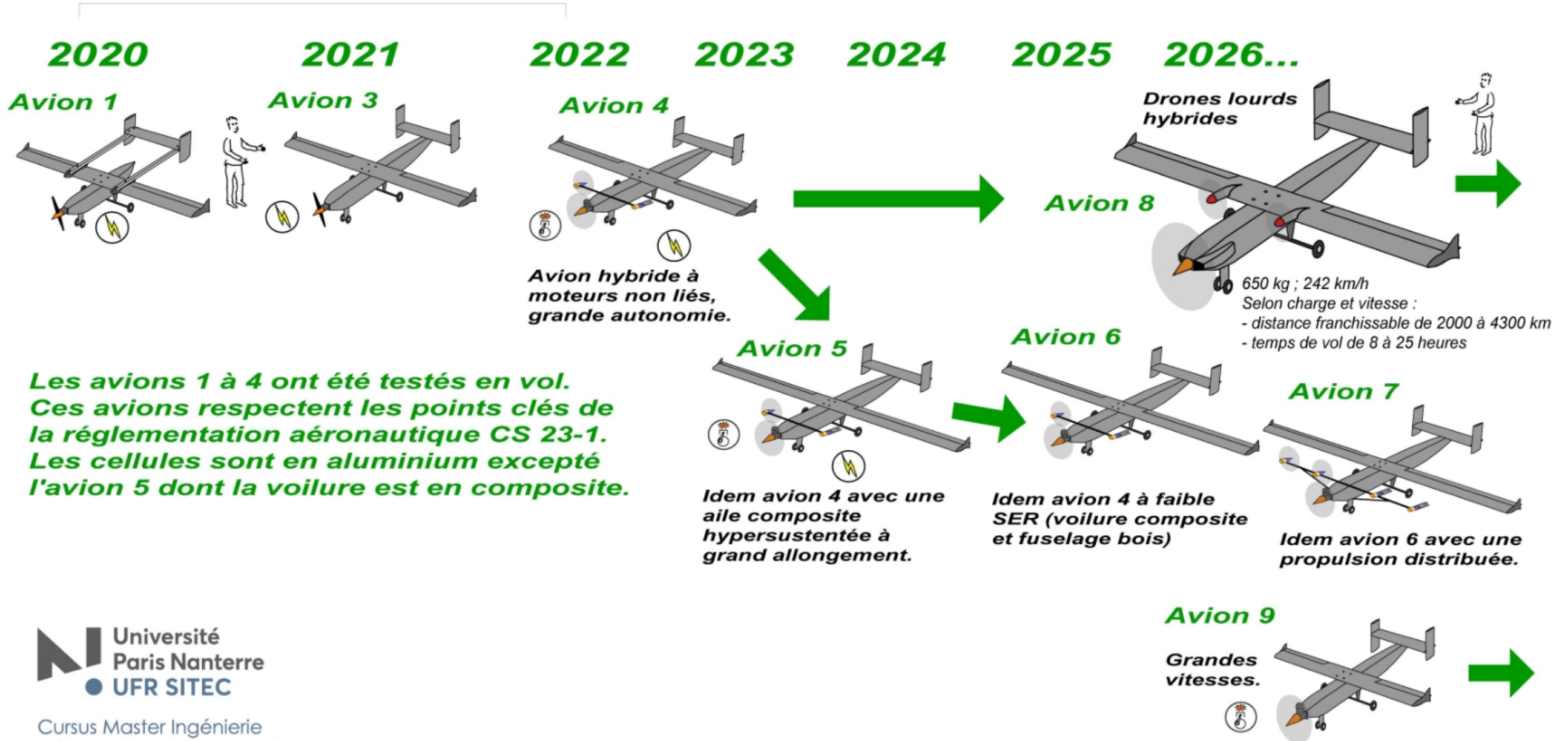
Avion 5



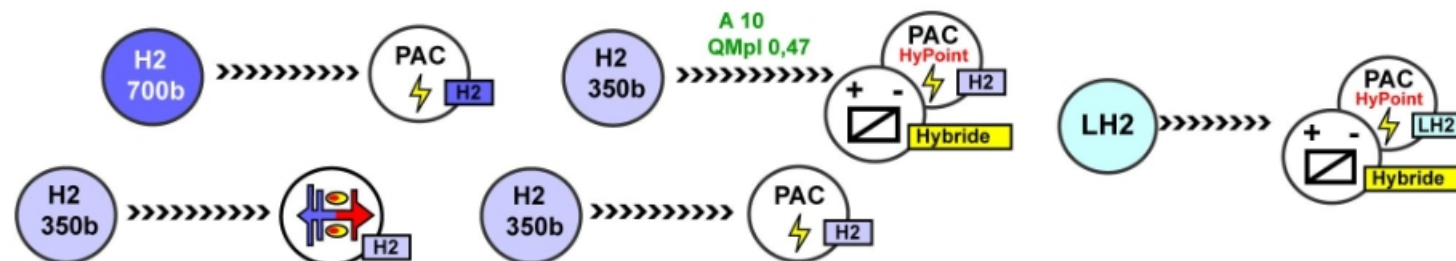
L'effet de gamme est systématiquement recherché :



Synoptiques des principaux projets en cours :



2021-2025 Avions H2.



2020

2021

2022

2023

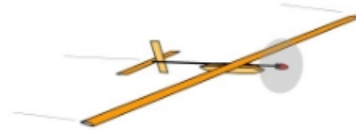
2024

2025

2026...

2020-2025
Drone électro-solaire stratosphérique.

Avion 2.1



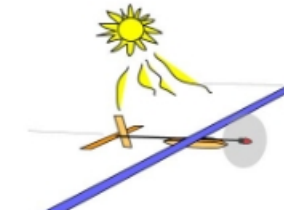
Démonstrateur.



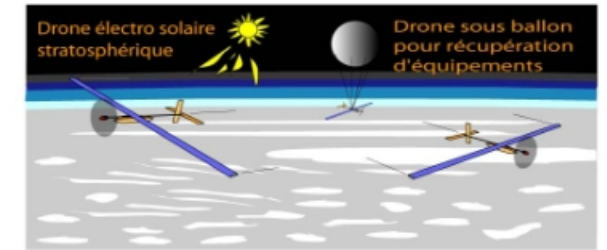
Avion 2.2



Equipement en cellules photovoltaïques.



Objectif 25000 m



2021-2024
Autopilote
Communications.



Autopilote,
communication.



2021-2025
Missions embarquées.



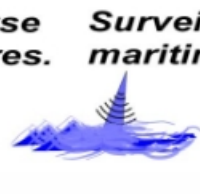
Détection
feux de forêt.



Analyse
gaz.



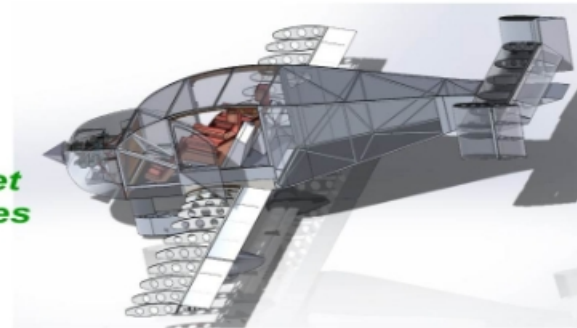
Analyse
cultures.



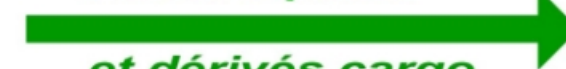
Surveillance
maritime.



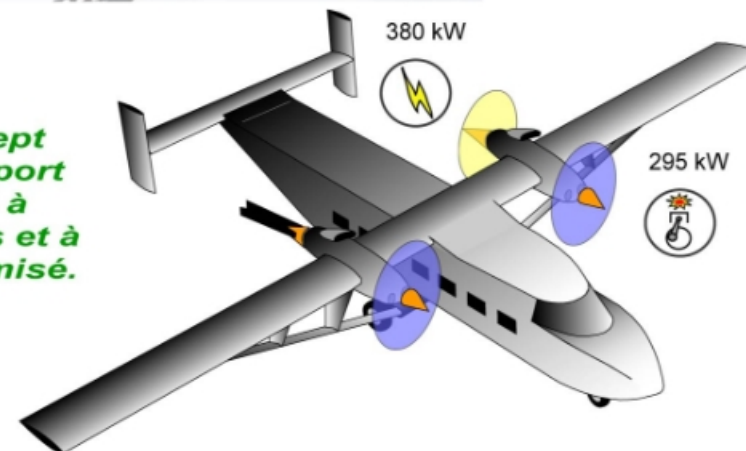
2022-2026
Avion biplace
et dérivés hybrides
et cargos.



Avion biplace
et dérivés cargo



2023-2026 Concept
d'avion de transport
régional hybride à
moteurs non liés et à
haubanage optimisé.



Avion transport
régional hybride

