

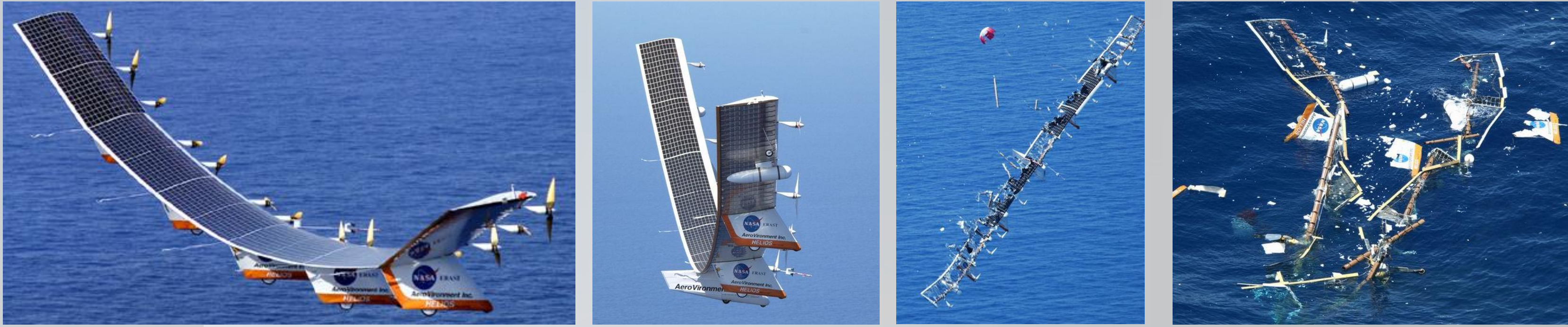
Projet de thèse groupe ISAE

APPORT DE L'ANISOTROPIE DES MATÉRIAUX COMPOSITES AUX PERFORMANCES AÉROÉLASTIQUES DES AILES À GRAND ALLONGEMENT DE DRONES HALE*

Doctorant : CNE Bertrand KIRSCH ➔
Encadrants : Emmanuel BENARD⁺ — Olivier MONTAGNIER ➔ — Joseph MORLIER (Dir. Thèse)*
➔ **Centre de Recherche de l'Armée de l'Air – Ecole de l'air I Salon I** e-mail : **b.kirsch@free.fr & olivier.montagnier@defense.gouv.fr**
***DAEP – Supaero I Toulouse I** e-mail : **emmanuel.benard@isae.fr**
***DMSM – Supaero I Toulouse I** e-mail : **joseph.morlier@isae.fr**
Ecole doctorale Aéronautique Astronautique - ED 467 / ISAE - Toulouse

Contexte

[1] Bisplinghoff, R.L., Ashley, H. & Halfman, R.L., Aeroelasticity, Addison Wesley Publishing Company, 1955.
[2] Olivier Montagnier & Laurent Boyet, « Optimisation of a solar-powered high altitude long endurance uav », 27th Congress of the International Council of the Aeronautical Sciences, Nice, France, 2010.
[3] Thomas E. Noll, John M. Brown, Marla E. Perez-Davis, Stephen D. Ishmael, Geary C. Tiffany & Matthew Gaier, « Investigation of the Helios Prototype Aircraft Mishap - Volume I - Mishap Report », NASA, 2004.

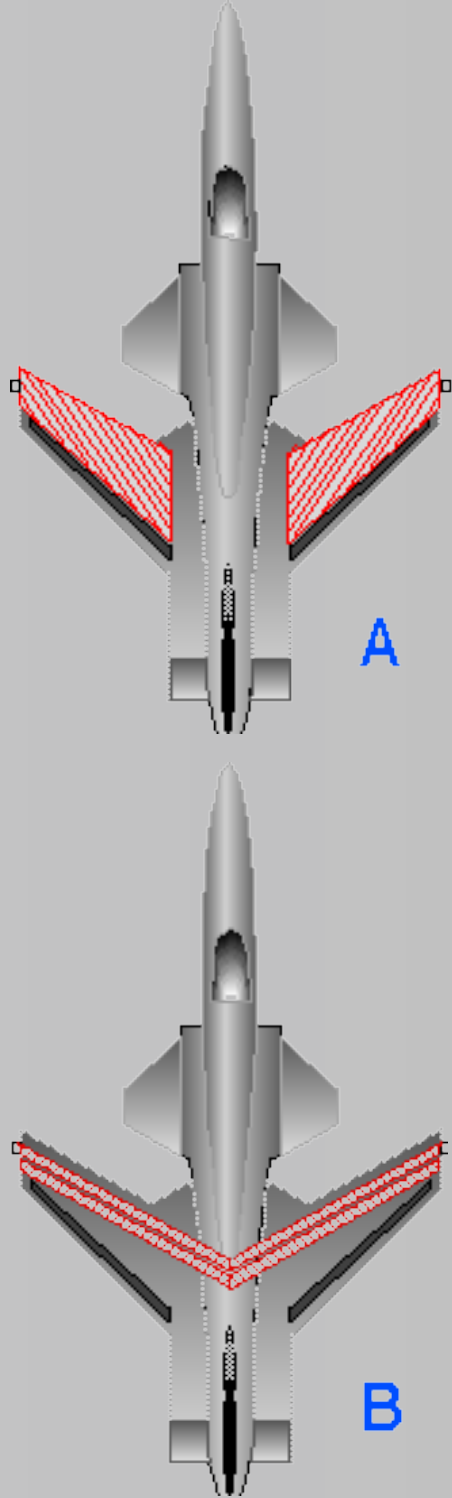


Contexte – « crash » de Helios le 26 juin 2003 suite à une **interaction fluide/structure/mécanique du vol** (photos prises par l'hélicoptère suiveur - source NASA) [3].

Tissage aéroélastique

[4] Patil, M.J., Aeroelastic tailoring of composite box beams, Proceedings of the 35th Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 1996.
[5] Frulla, G., Cestino, E. & Marzocca, P., Critical behaviour of slender wing configurations, Journal of Aerospace Engineering, 224(5), pp. 587-600, 2010.
[6] Bao, J., Nagara, V., Chopra, I. & Bernhard, A., Wind Tunnel Testing of Low Vibration Mach Scale Rotor with Composite Tailored Blades, 60th Annual Forum of the American Helicopter Society International, Baltimore, 2004.
[7] Murugan, S. & Ganguli, R., Aeroelastic Stability Enhancement and Vibration Suppression in a Composite Helicopter Rotor, Journal of Aircraft, vol.42 (4), pp. 1013-1024, 2005.
[8] P. Lv, S. Prothin, F. Mohd-Zawawi, E. Benard, J. Morlier & J-M. Moschetta, Performance improvement of small-scale rotors by passive blade twist control, Journal of Fluids and Structures, In Press, 2015.

L'idée de « tissage aéroélastique » (aerolastic tailoring) est née dans les années 70 avec l'avion expérimental X-29 à ailes à flèche inverse. Elle consiste à **exploiter l'anisotropie des matériaux composites** qui permet de créer des couplages élastiques du type flexion-torsion qui bien maîtrisés, peuvent être **bénéfiques pour la réponse aéroélastique de la structure**. Appliqué au cas des ailes de grand allongement, ce concept peut permettre de repousser la vitesse de flottement. Généralement les travaux dans ce domaine proposent d'étudier une seule orientation de fibre pour tout le caisson de voilure [4-5]. **L'idée proposée ici est de faire varier les orientations du composite le long du caisson de voilure** comme dans certains travaux sur les pales d'hélicoptère [6-8]. L'objet de la thèse est de développer les outils permettant de **quantifier ces effets** sur une aile de grand allongement et de déterminer les gains potentiels issus de ce concept par un **processus d'optimisation**.



Modélisation

[9] Patil, M.J. & Hodges, D.H., On the importance of aerodynamic and structural geometrical nonlinearities in aeroelastic behavior of high-aspect-ratio wings, Journal of Fluids and Structures, 19(7), pp. 905-915, 2004.
[10] Patil, M.J., Hodges, D.H. & Cesnik, C.E.S., Limit-cycle oscillations in high-aspect-ratio wings, Journal of Fluids and Structures, 15(1), pp. 107-132, 2001.
[11] Patil, M.J. & Hodges, D.H., Flight dynamics of highly flexible flying wings, Journal of Aircraft, 43(6), pp. 1790-1798, 2006.

La prévision du flottement des ailes à grand allongement ne peut se faire par les modèles classiques car elle nécessite la prise en compte d'effets non linéaires en fluide et en structure [9-10] voire des couplages avec la dynamique du vol [11]. Une **approche « analytique » sera privilégiée pour l'aérodynamique**: modélisation incompressible instationnaire de Theodorsen et Wagner par tranche associée à une ligne portante ou une surface portante, avec un modèle de décrochage si nécessaire. La modélisation du caisson de voilure en matériaux composites pourra se faire par une approche de type **poutre anisotrope en grand déplacement** éléments finis ou non et devra intégrer les paramètres à optimiser. Les instabilités de la structure seront alors obtenues par **couplage des deux méthodes**. Cette partie sera terminée par la phase d'optimisation par exemple à l'aide d'un algorithme génétique.

Expérimentation

[12] Tang, D. & Dowell, E.H., Flutter/LCO suppression for high-aspect ratio wings, The Aeronautical Journal, 113(1144), pp. 409-416, 2009.

En parallèle, une **campagne expérimentale** sera menée sur des **modèles réduits de voilure** de manière à valider l'approche théorique [5,12]. L'expérience pourra se faire sur des plaques effilées avec différentes orientations de carbone/époxy représentant le caisson de voilure et recouvertes par exemple par du balsa pour donner la forme aérodynamique. L'objectif étant de **valider les orientations issues de l'optimisation**.

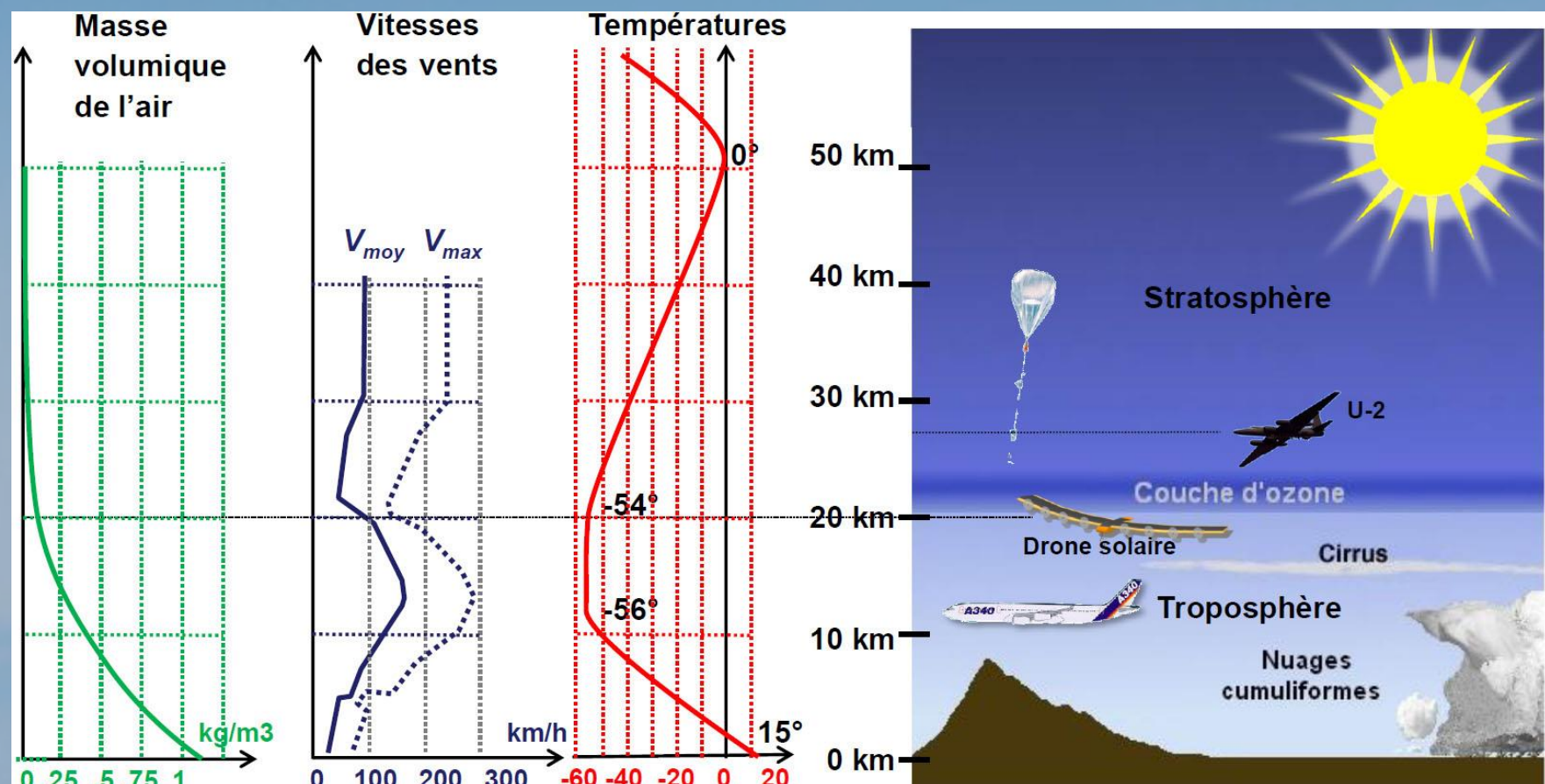
Soufflerie subsonique SABRE du département DAEP de Supaero



Mots clés

Aéroélasticité ; matériaux composites ; tissage aéroélastique ; drone HALE ; aile à grand allongement ; optimisation.

Drones HALE solaires



Positionnement d'un drone solaire dans l'atmosphère : au-dessus des nuages, du trafic aérien et des forts vents .



À 20 km d'altitude, 5 à 6 drones solaires pourraient couvrir l'ensemble de la France .

« conventionnels »



RQ-4 Global Hawk : drone de surveillance construit par Northrop Grumman pour l'US Air Force

* HALE = Haute Altitude et Longue Endurance