

JNRR 2005 - Session « Robots volants »

Ballons dirigeables autonomes

Simon Lacroix
LAAS/CNRS, Toulouse



Un (petit) peu d'histoire

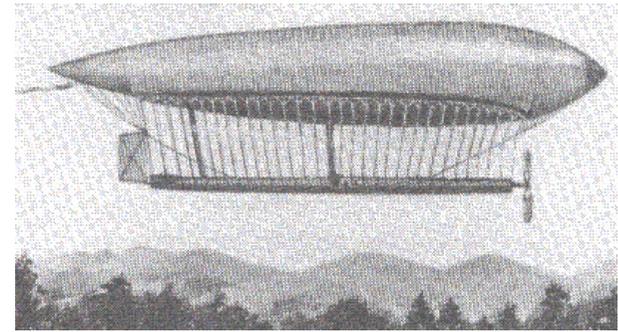
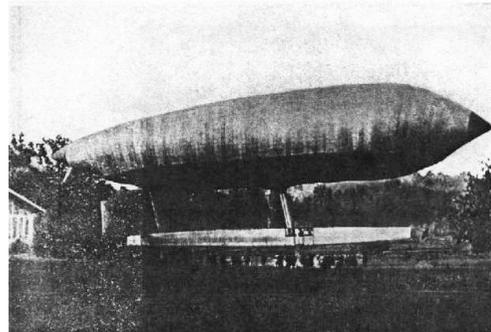
- fin XVIII^{ème} : la Préhistoire



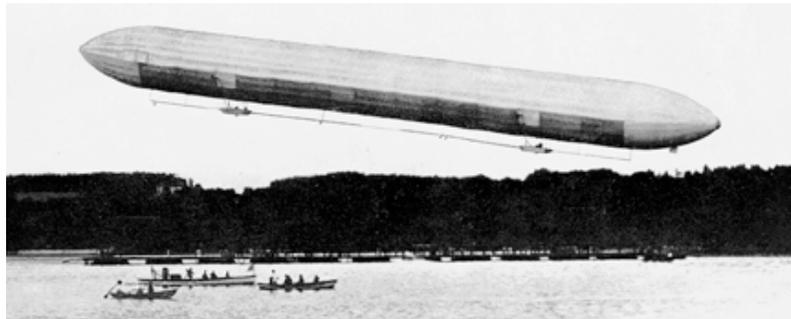
- 1850-1900 : l'Antiquité

1852 : H. Gifféard

1884 : « vrai » dirigeable
(Santos-Dumont, Zodiac,
Lebaudy, Clement Bayard)



- Naissance des monstres



LZ1 : 128m, 11.000 m³



Zodiac : 140m, 16.000 m³

Un (petit) peu d'histoire

- 1900-1918: premières applications

1910-1914 : 1600 Vols, 40.000 passagers transportés par Zeppelins

En France, Grande Bretagne, Italie, Russie, Autriche, Japon, Russie...



- 1918 - 1939 : l'Age d'or

+ catastrophes retentissantes



Un (petit) peu d'histoire

- 1945 - 1970 : la traversée du désert

- 1970 : la renaissance



Situation actuelle

- Seulement une trentaine d'engins immatriculés dans le monde



- Quelques centaines (?) de petits engins radio-commandés



Applications actuelles

- Supports publicitaires
- Vols de croisière (cf Zeppelin NT)
- Missions de surveillance / observation

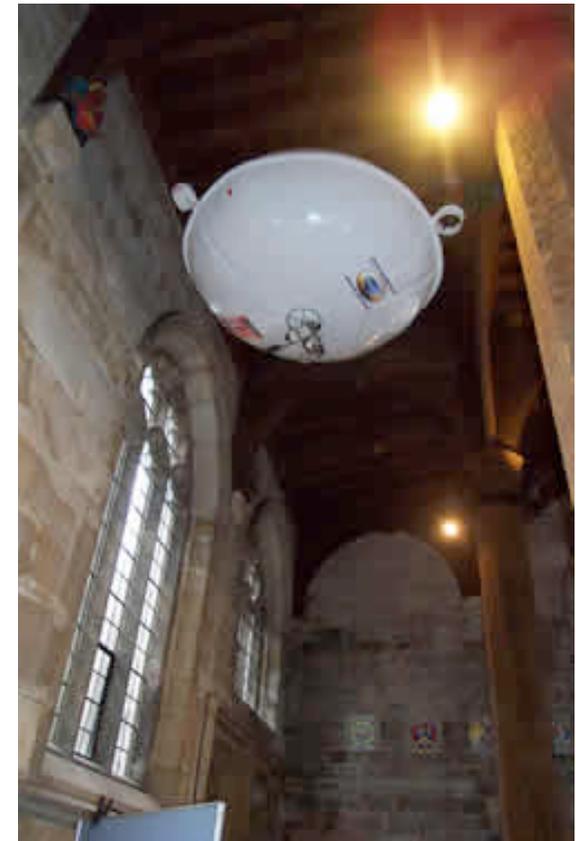


Sté SkyCruise



MineSeeker

- Applications indoor

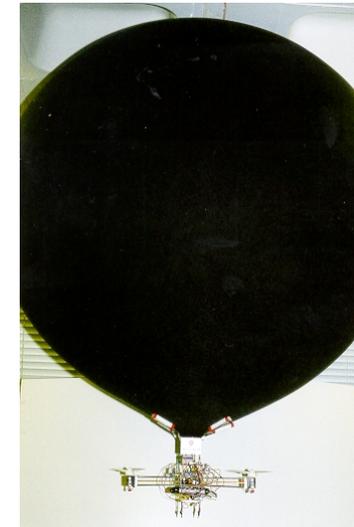


Quelques notions élémentaires

- Types de structures :
 - (Ballons captifs, ballons sondes et montgolfières)
 - Ballons rigides (« airships »)
 - Ballons semi-rigides (« keel-airships »)
 - Ballons souples (« blimps »)
- Types de formes
 - « Classique »



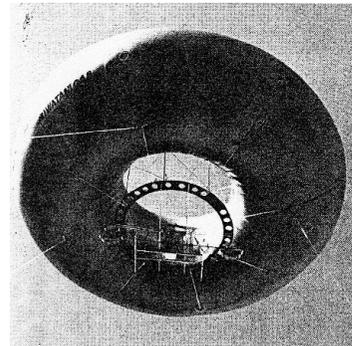
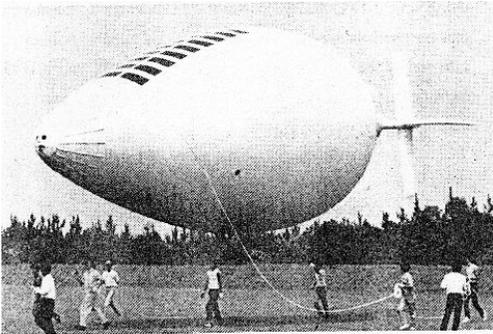
Lenticulaires



Sphériques

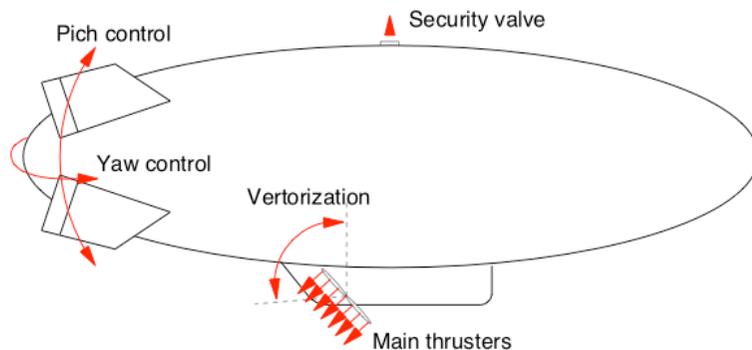
Quelques notions élémentaires

- Types de structures :
 - (Ballons captifs, ballons sondes et montgolfières)
 - Ballons rigides (« airships »)
 - Ballons semi-rigides (« keel-airships »)
 - Ballons souples (« blimps »)
- Types de formes
 - Variées...



Quelques notions élémentaires

- Poussée d'archimède
 - Hélium : 1 m³ soulève env. 1 kg
 - Dépendance / pression et température
 - Ballonnets
 - Loi dite des « carrés-cubes »
 - Charge utile / volume
 - Sensibilité au vent
- Actionneurs :
 - Ailerons
 - Hélices, souvent orientables



American Blimp Corporation

Quelques notions élémentaires

- Poussée d'archimède
 - Hélium : 1 m³ soulève env. 1 kg
 - Dépendance / pression et température
 - Ballonnets
 - Loi dite des « carrés-cubes »
 - Charge utile / volume
 - Sensibilité au vent
- Actionneurs :
 - Ailerons
 - Hélices, souvent orientables



Voliris

Quelques notions élémentaires

- Poussée d'archimède
 - Hélium : 1 m³ soulève env. 1 kg
 - Dépendance / pression et température
 - Ballonnets
 - Loi dite des « carrés-cubes »
 - Charge utile / volume
 - Sensibilité au vent
- Actionneurs :
 - Ailerons
 - Hélices, souvent orientables



Zeppelin NT



Quelques notions élémentaires

- Poussée d'archimède
 - Hélium : 1 m³ soulève env. 1 kg
 - Dépendance / pression et température
 - Ballonnets
 - Loi dite des « carrés-cubes »
 - Charge utile / volume
 - Sensibilité au vent
- Actionneurs :
 - Ailerons
 - Hélices, souvent orientables



« Ovo » (PYdesign)

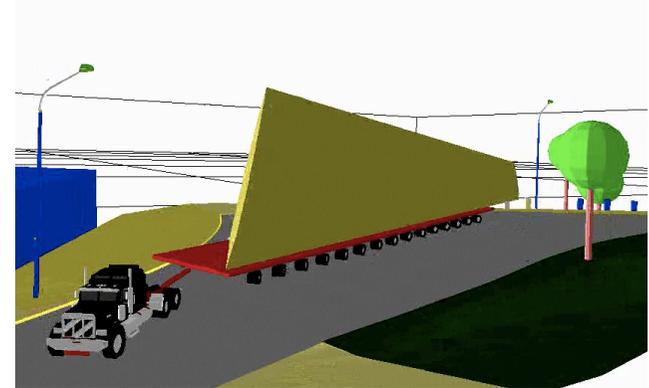
Avantages et inconvénients

- Ils sont gros
 - Ils sont lents
 - Grande autonomie énergétique (sustentation « naturelle »)
 - Ils sont sûrs
 - Pas de piste nécessaire
- Ils sont gros
 - Ils sont lents
 - Grande sensibilité au vent
 - Peu aisés à contrôler
 - Déploiement / stockage

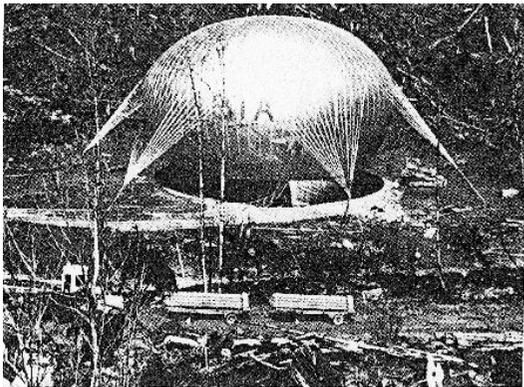
Vers un renouveau des dirigeables ?

Applications futures ?

1. Transport de charges



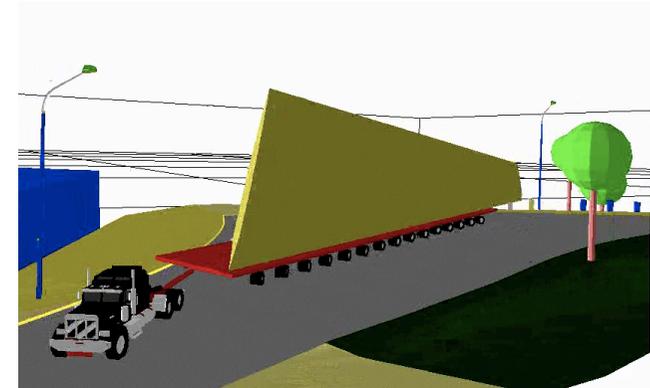
Plusieurs projets dans les années 70



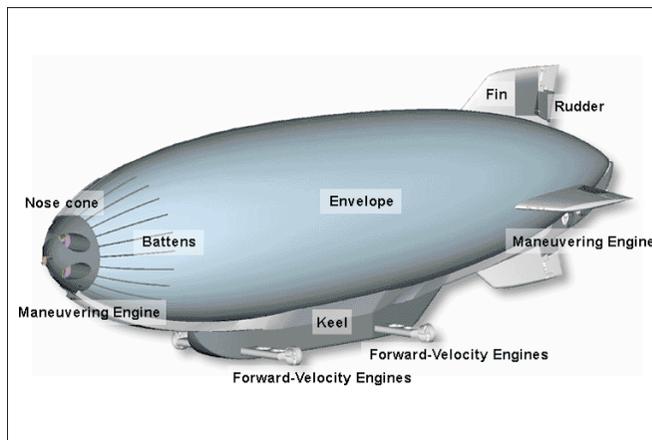
Vers un renouveau des dirigeables ?

Applications futures ?

1. Transport de charges



1997-2002 : Le projet CargoLifter (Siemens, ABB...)



CL 160
(160 t de CU, 260 m de long)



Hangar inauguré le 25/11/2000
(360 x 210 x 110 m)

Vers un renouveau des dirigeables ?

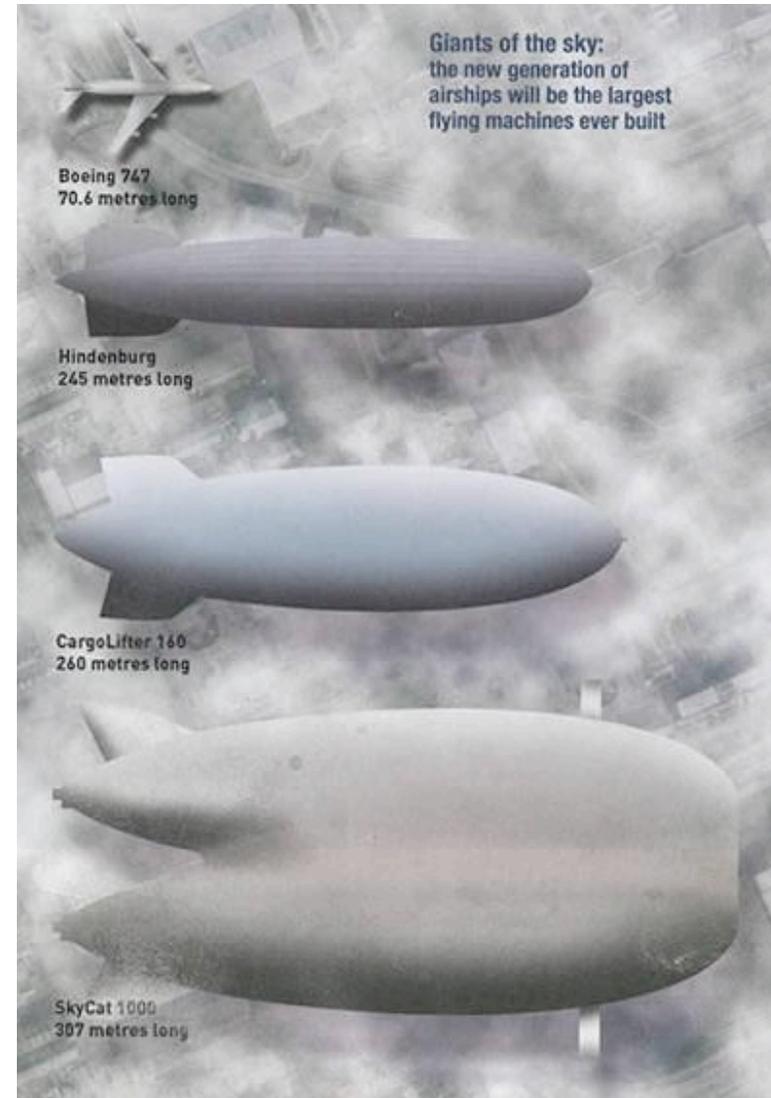
Applications futures ?

1. Transport de charges

Le projet « SkyCat » (ATG)



SkyKitten

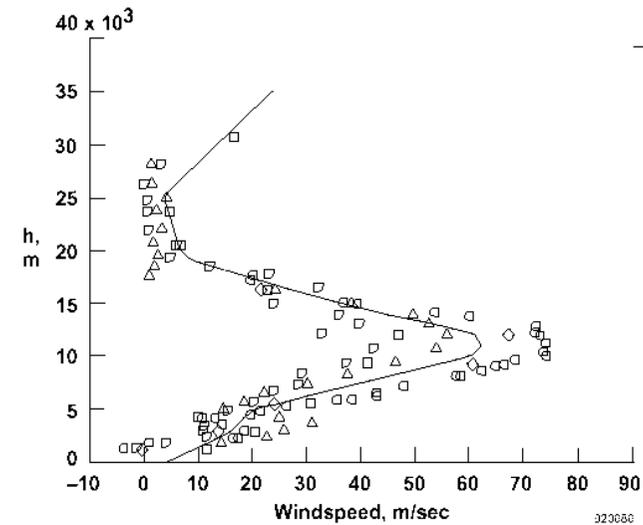


Vers un renouveau des dirigeables ?

Applications futures ?

2. Plateformes stratosphériques (« HALEs »)

Maintenir un engin dans 1km^3
à des altitudes entre 20 et 30 km



Nombreux projets (USA - Boeing, Japon, Corée, Inde, (France)...)



Vers un renouveau des dirigeables ?

Applications futures ?

3. Exploration planétaire

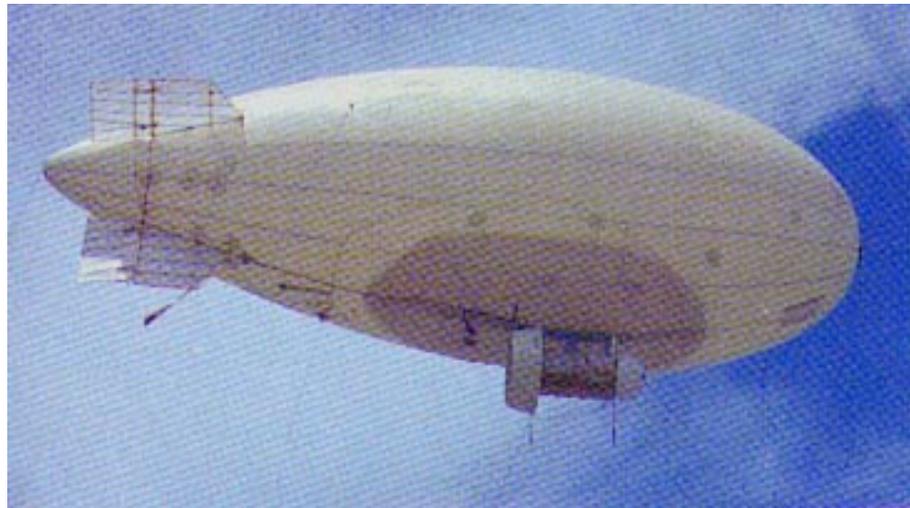
Études prospectives pour l'exploration de Vénus, Mars, Titan...

Commande de vol

- Détermination du modèle dynamique
- Simplification du modèle (découplage latéral / longitudinal, choix de point de fonctionnement)
-  • Identification des paramètres du modèle
- Estimation d'état
-  • Définition de lois de commandes

SassLite

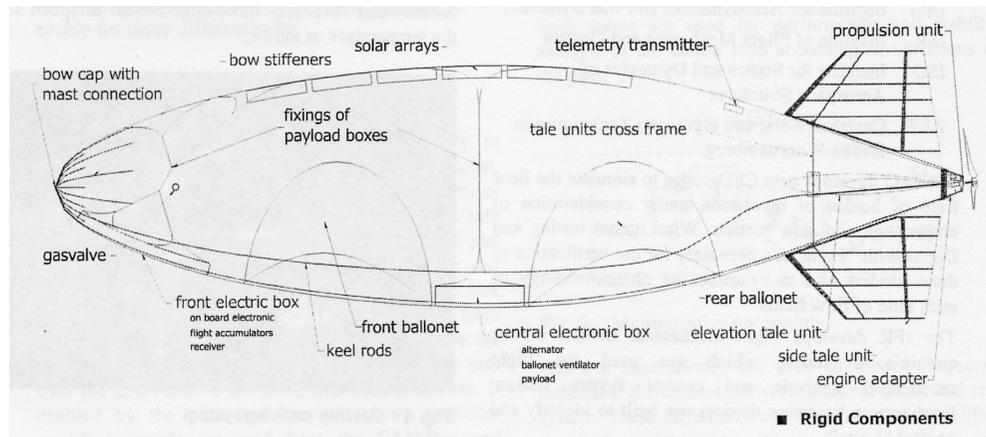
- Développements par une entreprise privée dès la fin des années 80 (Boshaerospace, USA - financements Darpa)
 - Ballons de 300 à 600 m³
 - Motorisations de 35 CV
 - Instruments ? (GPS et gyros)



- « Several tens of kilometers autonomously achieved »

Lotte

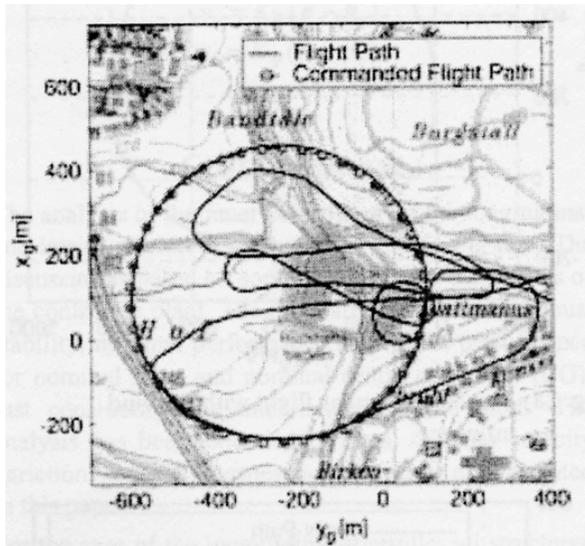
- Projet initié vers 1992 à l'Université de Stuttgart
 - Enveloppe (semi-rigide ?) de 16x4 m, 110 m³
 - Moteur électrique, 5 m² de cellules photovoltaïques (700 W)



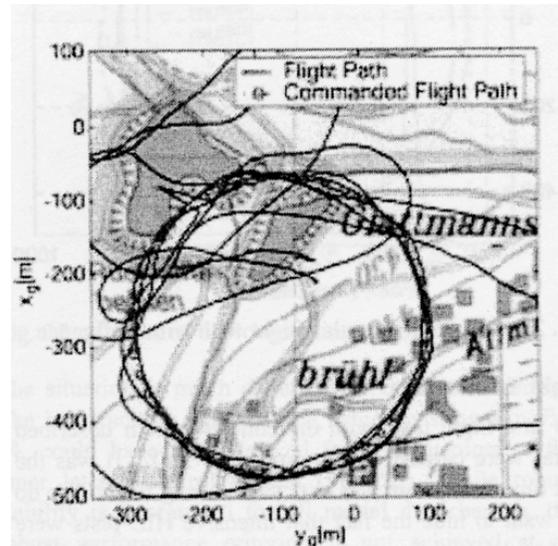
- Développements en :
 - Aérodynamique
 - Modélisation et commande de vol
 - Intégration hardware
 - Energie solaire

Lotte

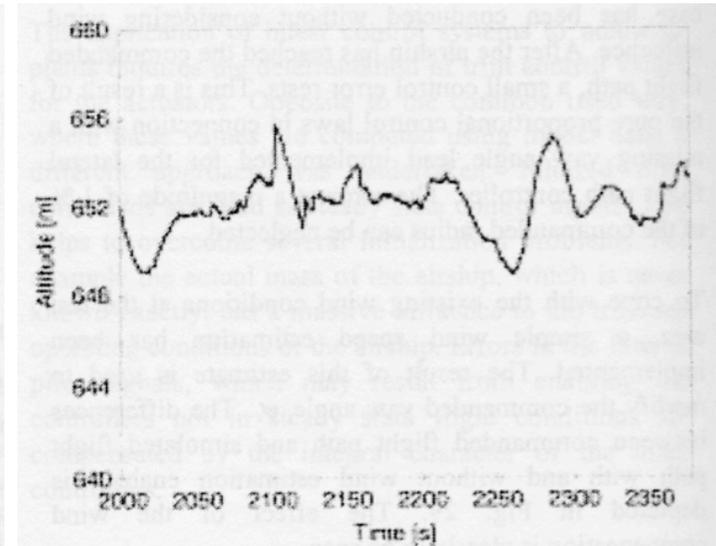
- Travaux sur la commande vers la fin des années 90 (modélisation, identification, contrôle)
- Résultats de suivi de trajectoire en 2002 (H_∞)



Sans vent



Avec vent

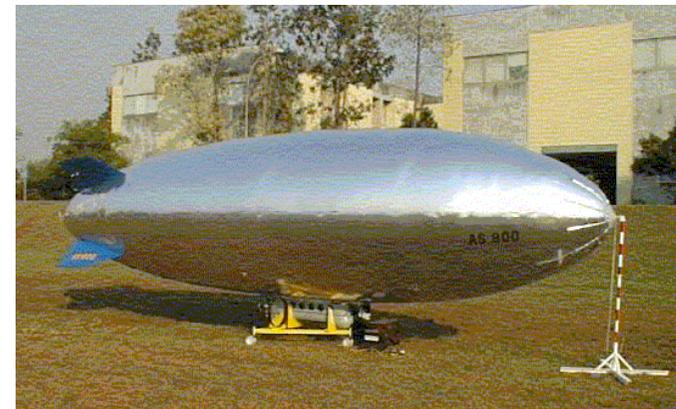


Stabilisation en altitude

Aurora

- Initié vers 1997 à l'ITC, Campinas (Brésil), collaborations avec IST Lisbonne (J-R. Azinheira) et Inria/Icare (P. Rives)
 - Enveloppe de 10x3 m, 34 m³, CU de 10 kg (modèle AS 800 d'Airspeed Airship)
 - Propulsion vectorisée classique (moteurs essence)
 - GPS, IMU, 3D wind sensor, Pentium sur PC104

- Développements en :
 - Intégration hardware
 - Interface de contrôle
 - Commande de vol :
 - asservissement visuel
 - suivi de trajectoire

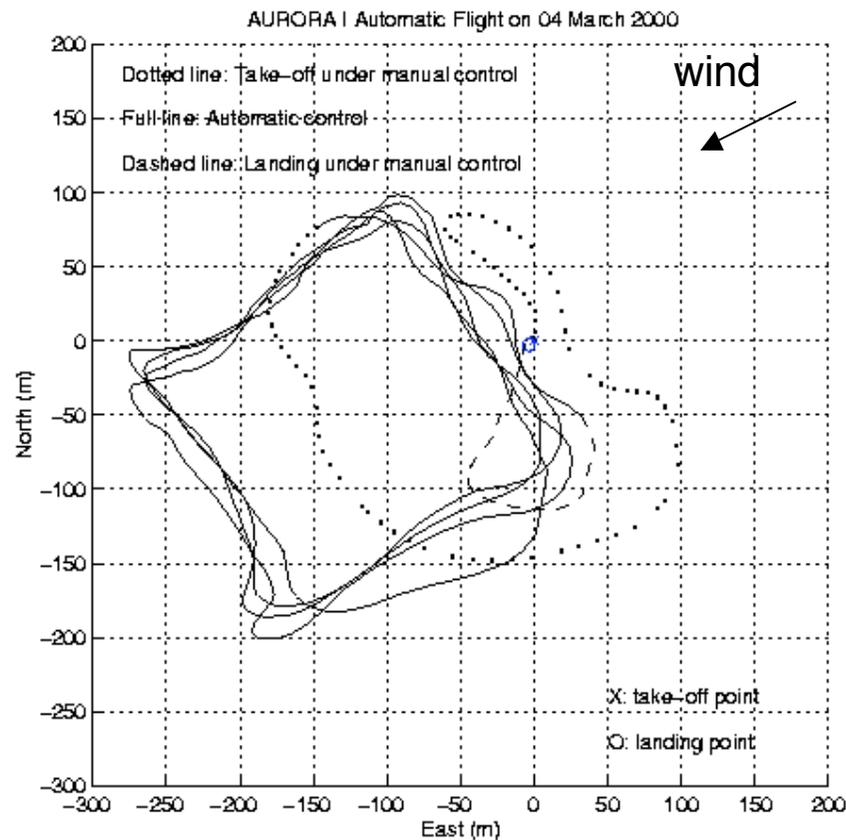


Aurora

- Résultats de suivi de trajectoire

Contrôleur latéral PI + Contrôleur de cap PD
Contrôleur longitudinal proportionnel

(cadencés à 10 Hz)



Karma

- Projet initié en 2000 au LAAS (Toulouse), vol inaugural en Mars 2003
 - Enveloppe Zodiac de 9x1.80 m, 18 m³, CU env. de 3.0 kg
 - Propulsion vectorisée classique (moteurs électriques)
 - GPS, compas/inclinos, vision (mono, stéréo, panoramique)

- Développements en :
 - Modélisation/commande
 - Perception modélisation de l'environnement
 - Coopération multi-UAV
 - Coopération air/sol



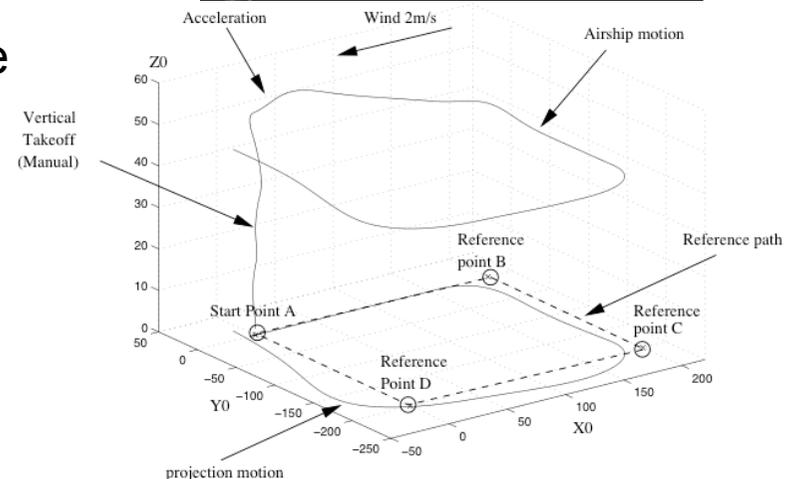
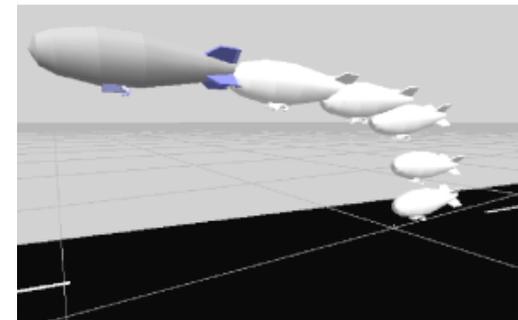
Karma

- Modélisation
 - Détermination d'un modèle dynamique complet
 - Détermination des paramètres aérodynamiques en soufflerie



Karma

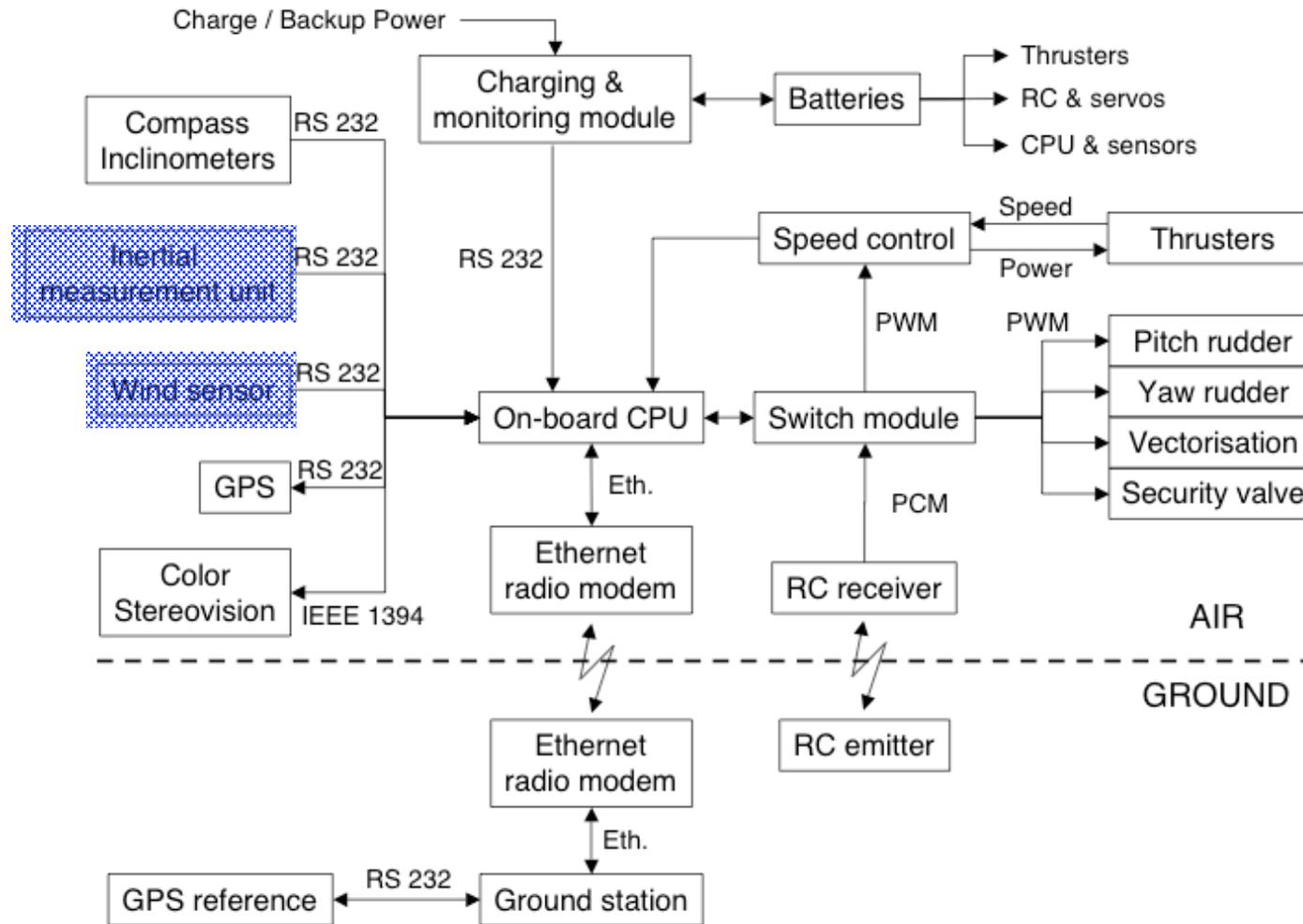
- Modélisation
 - Détermination d'un modèle dynamique complet
 - Détermination des paramètres aérodynamiques en soufflerie
- Commande de vol
 - Découplage entre vitesses et dynamiques latérales et longitudinales
 - Élaboration d'une stratégie de navigation (quatre modes de vol)
 - Développement d'un ensemble de lois de commande associées
 - Evaluations et validations en simulation



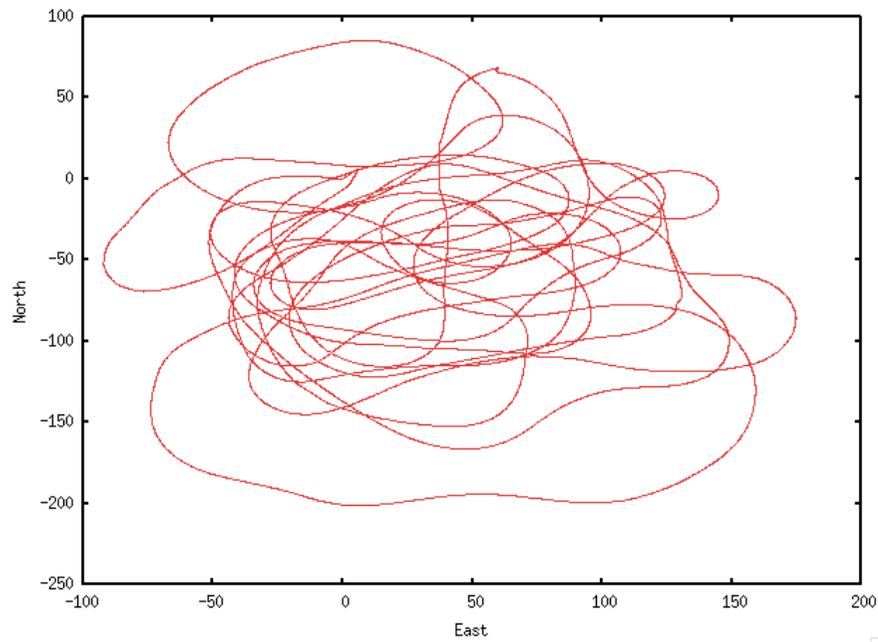
Karma



Karma



Karma



Autres projets

- LSC (Evry)
- Uni. of Virginia (« Aztec »)
- Uni. of Aberyswyth (« Altair » - financement ESA)
- GRASP (Upenn - indoor)
- Uni. Of Berkeley (indoor)
- ISR Coimbra / UT Lisbonne (J. Dias, J-R. Azinhera)
- JPL (A. Elfes, financement Nasa)
- Alpha (ENST/AnimatLab)
- IST Lisbonne (J. Santos-Victor, P. Lima)
- Uni. de las Andes (« Uran » - Bogotta)
- ...

Pour conclure

- Intérêt des ballons dirigeables ?
⇒ Support publicitaire (Transport ? explo. Planétaire ? HALEs ?)
- Intérêt de ballons dirigeables autonomes ?
- Intérêt pour un laboratoire ?