

# Programmes de formations dans le domaine des transports

Site : [www.HKW-aero.fr](http://www.HKW-aero.fr)

La société HKW-aero assure des cours dans le domaine des transports dans différentes universités et écoles d'ingénieurs.

De nombreux cours ci-après sont issus du programme de recherche réalisé dans le cadre du statut « Jeune Entreprise Innovante » de la société HKW-aero.

Thèmes proposés :

- aéronautique ;
- vol suborbital ;
- automobile ;
- résistance des matériaux.

## Objectifs de ces formations

De manière générale, ces thèmes ont pour objectifs la réduction des consommations d'énergies et la diminution des émissions de gaz à effet de serre, enjeux majeurs aujourd'hui.

Ces thèmes sont traités de manière à permettre aux étudiants de mener un avant-projet d'engin de transport aérien, routier ou ferroviaire. Ces cours donnent les clés pour déterminer les traînées aérodynamiques, les puissances nécessaires, les consommations, les émissions de gaz à effet de serre... Ceci quelle que soit la motorisation retenue (thermique, électrique, hybride...). Ainsi les étudiants peuvent agir sur les différentes composantes d'un véhicule terrestre ou aérien - type de motorisation, charge utile, autonomie, vitesse, cycle d'usage ou profil de vol, dimensions,

nature des matériaux utilisés... - afin d'en évaluer l'impact sur la consommation d'énergie et sur les pollutions associées.

L'énergie grise, liée à la production des matériaux et à la production de l'énergie, est développée. Ce cours propose aussi aux étudiants d'analyser :

- les dérives de la "communication verte" ou "éco-marketing" des constructeurs et exploitants de moyens de transports ;
- les trop nombreuses solutions novatrices, de premier abord, mais qui ne résistent pas à l'épreuve des chiffres.

# Thème aéronautique

## Cours 1

- 1 Introduction
- 2a Critères de qualité
- 2b Ensemble critères de qualité des moyens de transport
- 3 Historique du vol
- 4a Réglementation, certification aéronautique
- 4b Diagramme Vn
- 5 L'atmosphère
- 6 Vol horizontal
- 7 Couche limite, traînée parasite
- 8 Biomimétisme
- 9 Historique de la traînée parasite

## Cours 2

- 1a Nature physique de la portance, fonctionnement aile, polaire avion
- 1b Profils
- 1c Forme aile et  $C_z$  locaux
- 1d Coefficients de moments
- 1e Bugatti 100P
- 2a Coefficient spirale par l'auto-similitude
- 2b Coefficient spirale par analyse d'avions existants
- 2c Coefficient spirale par pré-dimensionnement d'avions fictifs
- 3a Propulsion
- 3b Propulsion, détermination rendement hélice (NACA 640)
- 4 Motorisations
- 5 Solutions pour les avions de transport régional
- 6 Modélisation géométrie des composants avions

## Cours 3

- 1 Équations fondamentales
- 2 Diagnostics visuels d'avions existants
- 3a Pré-dimensionnement avion (modèle 1)
- 3b Pré-dim. avion intégrant la variation de masse de carburant au fil du vol (m 2)
- 3c Consommation, masse à vide... en fonction de l'autonomie
- 3d Pré-dimensionnement intégrant la variation de vitesse et d'altitude au fil du vol
- 4 Analyses critiques
- 5 A chaque usage son matériau
- 6 Qualité massique variable
- 7 Qualité massique limite ( $Q_{ml}$ ) et objectif de réduction des masses ( $O_{rm}$ )
- 8 Influence de l'allongement sur la masse d'une aile

## Cours 4

- 1 Surfaces de commandes (ailerons, profondeur, direction, TAB et ANTITAB)
- 2 Équilibre et stabilité (introduction, rapport  $Sh/Sa$ )
- 3 Le cas particulier du centrage des avions de transport
- 4a Résistance des matériaux, essais au sol (cf. « calculs\_essais\_et\_regl. »)
- 4b Combinaison optimale entre approches numériques, analytiques et expérimentales lors de la conception d'un avion
- 5 Dimensionnement global avion : présentation modèle et simulations sur tableur (les multiples inter-actions sont mises en évidence)
- 6 Détermination des performances (vitesse max,  $V_z$ ...)



## Cours 5

- 1 Dimensionnement d'un porteur multi-mission (défi aérospatial étudiant)
- 2 Avions électriques
- 3 Avions électro-solaires et modes d'exploitations à privilégier
- 4 Avions hybrides électriques / thermiques (limites du concept)
- 5 Analyse détaillée du projet d'avion électro-solaire stratosphérique Solar Stratos
- 6 La formule biplan revisitée
- 7 Couplages et divergences aéroélastiques, moyens de s'en prémunir
- 8 Impact des déformations non linéaires (instabilité des matériaux) sur la divergence aéroélastique

## Cours 6

- 1 Dimensionnement global avion en sous groupe, chaque sous-groupe définit un cahier des charge et réalise un pré-dimensionnement
- 2 Perspectives pour les avions de transport du futur (ou comment les lois de la physique façonnent designs et caractéristiques de ces avions...)

## Cours 7

- 1 Méthode de détermination en vol de la polaire réelle d'une aile (non pas de l'avion complet)
- 2 Détermination de l'incidence de l'empennage en fonction de l'incidence de l'aile et des caractéristiques de l'avion en conditions de vol
- 3 Méthodes de détermination expérimentale de la puissance d'un moteur installé
- 4 Méthodes de détermination expérimentale de la distance de décollage
- 5 Détermination du  $C_{x0}$  d'un avion en vol par recherche de la finesse max
- 6 Détermination du  $C_{x0}$  d'un avion en vol aile en régime laminaire et turbulent, mise en évidence de l'impact limité du régime sur les performances de l'avion
- 7 Méthode de décision de décollage par mesure de l'accélération
- 8 Essais en vol

# Thème vol suborbital

**Les différents sujets ci-dessous sont fractionnables sur plusieurs cours.**

VSH = Véhicule Spatial Habité

- 1 Introduction
- 2 Simplifier permet de réduire la masse, le coût et le risque de panne
- 3 Processus de calcul (Équation de Tsiolkovski et modèles plus élaborés)
- 4 Différentes stratégies pour le vol suborbital
- 5 VSH porté ou autonome ?
- 6 Augmenter le nombre d'occupants
- 7 Accélérations maximales
- 8 Moteurs fusée, ergols...
- 9 Moteurs mixtes aérobie / anaérobie

- 10 Nombre de moteurs
- 11 Gestion d'une panne moteur(s)
- 12 Technologies existantes, intérêt du « re use »
- 13 Qualité massique
- 14 Aérodynamique
- 15 Une protection thermique est-elle nécessaire ?
- 16 Structure type d'un VSH
- 17 Alimentation en O<sub>2</sub> et filtration du CO<sub>2</sub>
- 18 Problématique des combinaisons pressurisées et du risque d'accident de décompression
- 19 Autres systèmes : alimentation électrique, chauffage...
- 20 Équilibre et stabilité, centre de gravité, position des ergols
- 21 Certification, dispositif de sauvetage
- 22 Pilotage de l'attitude du VSH pendant les différentes phases du vol

- 23 Pilotage du VSH pendant le partie vol plané (fin de vol)
- 24 Contrôle de la trajectoire du VSH, instruments de contrôle
- 25 Convoyage du VSH à courte, moyenne et grande distance
- 26 Stratégies de rattrapage en cas de non atteinte des performances
- 27 Missions partielles
- 28 Préparation des passagers

# Thème automobile

## Cours 1

- 1 Carburant fossile
- 2 Critères de qualité des moyens de transport
- 3 Couche limite, traînée parasite
- 4 Synthèse voiture du futur
- 5 Eco-marketing

## Cours 2

- 1 Rappel couche limite
- 2 Données de calculs
- 3 Énergie utile au déplacement d'une voiture
- 4 Impact du cycle sur l'énergie utile
- 5 Électricité et CO<sub>2</sub>
- 6 Voitures électriques
- 7 Coefficient spirale (ou coefficient d'amplification des masses)
- 8 TGV, analyse détaillée des puissances et consommations



## Cours 3

- 1 Voitures hybrides (rendements réels, limites de la formules et alternatives)
- 2 Détermination expérimentale du Cr et du Cx (plusieurs méthodes sont abordées)
- 3 Énergie récupérable lors des ralentissements selon les technologies retenues
- 4 Le « poids » de la technologie
- 5 Éco-conception
- 6 Voitures optimisées
- 7 Analyse déplacements journaliers et taux d'occupation des véhicules
- 8 Petits véhicules électro-solaires

# Résistance des matériaux appliquée aux avions

- 1 Grands principes de la RdM (loi de Hooke...)
- 2 Hypothèses simplificatrices et imprécision intrinsèque des calculs de RdM
- 3 Importance des essais
- 4 Méthodes classiques ou éléments finis (comparaison des domaines d'application) ?
- 5 Principes de la statique (somme des forces, somme des moments...)
- 6 Traction et compression simple, contraintes et déplacements
- 7 Théorie des poutres : moments fléchissants, contraintes, déplacements...
- 8 Poutres composite (semelles en pultrudé composite, âme en biaxe composite à 45° ...)
- 9 Poutres à inerties variables
- 10 Moments de torsions, contraintes et rotations
- 11 Torsion des caissons à revêtements minces
- 12 Sollicitations combinées (critère de Von Misès...)
- 13 Flambage, instabilité des revêtements minces

- 14 Déformée des poutres dont le module d'élasticité de l'âme est faible par rapport au module des semelles (impact de l'effort tranchant sur les déplacements)
- 15 Méthode énergétique (théorème de Castigliano...)
- 16 Problèmes hyperstatiques (théorème de Ménabréa..)
- 17 Contraintes dues à des coefficients de dilatation thermique différents des matériaux
- 18 Déformations et contraintes de systèmes combinant les matériaux tels une aile d'avion en alu associée à un longeron en carbone (répartition des effort entre les différents matériaux)
- 19 Jauges de contraintes
- 20 Essais des matériaux, vérification de leurs caractéristiques
- 21 Importance de la légèreté pour les engins de transport
- 22 Répartition de la charge aérodynamique en envergure d'un avion
- 23 Efforts aux liaisons d'une aile
- 24 Efforts à l'emplanture sous facteur de charge max à incidence max
- 25 Efforts à l'emplanture lors des manœuvres au sol

- 26 Phénomène d'ondulation d'un longeron dans le canal de l'aile + contraintes associées
- 27 Définition des contraintes en fonction du jeu entre canal et longeron
- 28 Essais de sous-ensembles (aile, train d'atterrissage...)
- 29 Essais de longerons d'avions avec une charge aérodynamique répartie en envergure
- 30 Exigences réglementaires (Réglementations ULM, CS VLA, CS 23...)
- 31 Essais d'un avion complet
- 32 Divergence aéro-élastique, impact de l'instabilité du revêtement de l'aile
- 33 A chaque usage son matériau
- 34 Comportement des liaisons de type boulons, rivets... disposées en ligne