

Programmes de formations dans le domaine des transports

Site : www.HKW-aero.fr

Indice N1 à N5 :

- rajouts de cours ;
- rajout des chapitres :
 - 3- Histoire et évolution des technologies aéronautiques ;
 - 6- lanceurs spatiaux.

Indice N6 :

- rajout du cours 10 (chapitre 2) : la simplification des systèmes dans la conception aéronautique ;
- rajout de sujets de cours.

Ces cours, dans le domaine des transports, sont assurés dans différentes universités et écoles d'ingénieurs.

Une partie des cours ci-après est issue du programme de recherche réalisé dans le cadre du statut « Jeune Entreprise Innovante » de la société HKW-aero.

Sommaire

- 1 Objectifs de ces formations
- 2 Aérotechnique
- 3 Histoire et évolution des technologies aéronautiques
- 4 Automobile
- 5 Vol suborbital
- 6 Lanceurs spatiaux
- 7 Résistance des matériaux appliquée aux avions

1 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.

2 Aérotechnique

Cours 1

- 1 Introduction, définitions
- 2a Critères de qualité
- 2b Ensemble critères de qualité des moyens de transport
- 3 Historique du vol
- 4a Réglementation, certification aéronautique
- 4b Diagramme V_n
- 5 L'atmosphère
- 6 Vol horizontal
- 7a Couche limite, traînée parasite
- 7b Impact de la laminarité sur les performances des avions
- 7c Détermination du C_{xo} ou C_{fe} d'un avion

- 7d Influence d'un rétreint de fuselage sur le Cx
- 7e Traînée de refroidissement
- 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 Cz locaux
- 1d Coefficients de moments
- 1e Bugatti 100P
- 1f La formule biplan revisitée
- 1g Influence des défauts de forme sur la polaire
- 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)
- 3c Impact du nombre de pales sur le rendement de propulsion
- 4a Motorisations
- 4b Détermination de la consommation spécifique (Csp) d'un avion de transport
- 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 (md2)
- 3c Consommation, masse à vide... en fonction de l'autonomie et autres caractéristiques
- 3d Pré-dimensionnement intégrant la variation de vitesse et d'altitude au fil du vol
- 4 Analyses critiques de différents concepts
- 5 A chaque usage son matériau
- 6 Qualité massique variable

- 7 Qualité massique limite (Qml) et objectif de réduction des masses (Orm)
- 8a Influence de l'allongement sur la masse d'une aile
- 8b Influence de l'allongement sur la Vz

Cours 4

- 1 Surfaces de commandes (ailerons, profondeur, direction, TAB et ANTITAB)
- 2 Équilibre et stabilité (introduction, rapport Sh/Sa)
- 3 impact du CdG sur la consommation d'un avion 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, Vz...)

Cours 5

- 1 Dimensionnement d'un porteur multi-mission (défi aérospatial étudiant)
- 2a Avions légers électriques (potentiel et limites de la formule)
- 2b Avions de transport électriques (potentiel et limites de la formule)
- 3 Avions électro-solaires et modes d'exploitations à privilégier
- 4 Avions hybrides électriques thermiques
- 5 Avions à piles à combustible H2 (potentiel et limites de la formule)
- 6 Analyse détaillée du projet d'avion électro-solaire stratosphérique Solar Stratos
- 7 Couplages et divergences aéro élastiques, moyens de s'en prémunir
- 8 Impact des déformations non linéaires (instabilité des matériaux) sur la divergence aéro élastique

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, décollage vertical ou et STOL

- 1 Hélicoptères
- 2 Autogires
- 3 Convertibles
- 4 Avions STOL (short take-off and landing)

Cours 8

Avionique, instruments, électronique et logiciels embarqués (Claude Guth)

- 1 Contrôle aérien
- 2 Réglementation
- 3 Instruments de pilotage (anémomètre, altimètre, variomètre, Pitot, radio-altimètre, GPWS, bille, coordinateur de virage, horizon artificiel)
- 4 Instruments moteur
- 5 Navigation autonome (compas, gyrocompas, montre, centrale inertielle, navigation astronomique)
- 6 Radio navigation (NDB, ADF, VOR, DME, ILS, GPS)

- 7 Instruments de navigation (RMI, HSI...)
- 8 Communication (radio, transpondeur, ADS-B)
- 9 Electronique et logiciels embarqués : langages, programmation, réseaux, certification, redondances, mise en œuvre d'un PFD (Primary Flight Display) et des calculs associés.

Cours 9

- 1 Différentes méthodes isolées ou combinées pour déterminer l'incidence d'une aile
- 2 Une autre approche pour déterminer l'efficacité d'un avion (masse à vide par siège en fonction de l'autonomie et de la vitesse de l'aéronef)
- 3 Protection contre l'incendie, un risque majeur
- 4 Initiation aux essais en vol (préparation de l'avion, briefing du pilote, déroulement d'un essai, récupération des informations...)
- 5 Responsabilités juridiques et morales du constructeur et du pilote
- 6 Diagnostics aérodynamiques en vol, moyens de correction
- 7 Méthode de détermination en vol de la polaire réelle d'une aile (non pas de l'avion complet)

- 8 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
- 9 Méthodes de détermination expérimentale de la puissance d'un moteur installé
- 10 Méthodes de détermination expérimentale de la distance de décollage
- 11 Détermination du C_{x0} d'un avion en vol par recherche de la finesse max
- 12 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
- 13 Méthode de décision de décollage par mesure de l'accélération

Cours 10

- 1 Simplification des systèmes dans la conception aéronautique (exemples et méthodologies)
- 2 Impact de la simplification des systèmes sur les coûts, la fiabilité et l'efficacité

3 Histoire et évolution des techniques aéronautiques

- 0 Définitions
- 1 Genèse
- 2 Premiers vols
- 3 Première guerre mondiale
- 4 Après la guerre, le temps des records
- 5 Le temps du transports
- 6 Digressions dans le monde du dirigeable
- 7 A la veille des hostilités
- 8 Maturité technologique
- 9 Explorations et sauts technologiques
- 10 Hélicoptères
- 11 Période post guerre, avions de combat
- 12 Période post guerre, avions de transport
- 13 La saga des prototypes français

- 14 Programme spatial
- 15 Missiles
- 16 Duopole Airbus Boeing
- 17 Design pour les avions du futur

4 Automobile

- 1 Énergies fossiles
- 2 Critères de qualité des moyens de transport
- 3 Couche limite, traînée parasite
- 4 Synthèse voiture du futur
- 5 Eco-marketing
- 6 Données de calculs
- 7 Rendement d'une voiture
- 8 Énergie utile au déplacement d'une voiture
- 9 Impact du cycle sur l'énergie utile
- 10 Électricité et CO2

- 11 Voitures électriques
- 12 Coefficient spirale (ou coefficient d'amplification des masses)
- 13 Voitures hybrides (rendements réels, limites de la formules et alternatives)
- 14 Détermination expérimentale du C_r et du C_x (plusieurs méthodes sont abordées)
- 15 Énergie récupérable lors des ralentissements selon les technologies retenues
- 16 Le « poids » de la technologie
- 17 Éco-conception
- 18 Voitures optimisées
- 19 Analyse déplacements journaliers et taux d'occupation des véhicules
- 20 Petits véhicules électro-solaires
- 21 TGV, analyse détaillée des puissances et consommations

**Cours 4, compétitions pour une consommation minimale
(Shell Eco Marathon, EducEco...)**

- 1 Énergie consommée selon le type de circuit
- 2 Détermination par calcul du C_x d'un véhicule
- 3 Détermination expérimentale du C_r et du C_x (plusieurs méthodes sont abordées)

- 4 Impact de la traînée aérodynamique sur l'énergie utile
- 5 Impact de la traînée de roulement sur l'énergie utile
- 6 Impact de la masse sur l'énergie utile
- 7 Impact de la consommation spécifique sur l'énergie utile
- 8 Potentiel de progrès des véhicules actuels
- 9 Stratégies de course optimales selon circuit, sens vent...
- 10 Impact de la direction sur la consommation et simplification des systèmes (étude de cas)
- 11 Méthode de réglage rapide du parallélisme
- 11 Recommandations pour la conception d'un véhicule
- 12 Organisation lors d'une course (préparation, check-lists, les différents rôles au sein d'une équipe...)
- 13 Diagnostics en course et recherche de solutions correctives (étude de cas EducEco2019)

5 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 O₂ et filtration du CO₂
- 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

6 Lanceurs spatiaux

- 1 Propulsion, histoire
- 2 Propulsion, principes
- 3 Équation de Tsiolkovski
- 4 Différents types d'orbites
- 5 Conditions énergétiques de l'orbite
- 6 Ergols, performances, stockage, coûts...
- 7 Propulseurs
- 8 Traînée aérodynamique des fusées
- 9 Pourquoi plusieurs étages, modélisation de la répartition idéale
- 10 Tuyère, principes et fonctionnement
- 11 Qualité massique des lanceurs
- 12 Études de cas, de Soyouz à SpaceX
- 13 Prospectives

7 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