



Collège Édouard-Montpetit
ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

PLAN DE COURS

No du cours
241-178

Session
AUTOMNE 2003

Nom du cours : *Mécanique des fluides* (3-1-2)

Nom du (des) professeur (s) : René Phaneuf
Gilbert Bureau

Département : **Préenvol**

Périodes de consultation :

Pratique Professeur _____ Local _____

	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi
HEURE					

Nom de l'étudiant : _____

Groupe (théorie) _____ (pratique) _____

Unique en
TON
genre!

PRÉSENTATION DU COURS

Situation du cours dans le programme :

Le cours de Mécanique des fluides du programme de Techniques d'entretien d'aéronefs est la suite logique du cours d'Introduction à l'aérotechnique. Ce cours est offert aux élèves de deuxième année lors de leur troisième session.

Utilité du cours dans le programme :

D'une part, les connaissances fondamentales acquises durant ce cours serviront de base aux cours :

- Commandes et gouvernes d'aéronefs.
- Théorie de vol des voilures tournantes.
- Servitudes hydrauliques et pneumatiques d'aéronefs.
- Construction et performances des moteurs à réaction.
- Construction, fonctionnement et entretien des hélices.
- Systèmes d'aéronefs.

D'autre part, en raison des tâches à caractère technique variées et complexes qu'ils devront accomplir, les futurs techniciens devront maîtriser les connaissances fondamentales de la mécanique des fluides pour résoudre efficacement certains problèmes d'aérodynamique, de pneumatique et d'hydraulique rencontrés sur les aéronefs.

OBJECTIF GÉNÉRAL

Reconnaître les éléments de la mécanique des fluides et de la mécanique du vol qui influencent le design aérodynamique des composants d'un aéronef.

OBJECTIFS TERMINAUX

1. Analyser les propriétés statique et dynamique des fluides.
2. Reconnaître les facteurs qui influencent les traînées, la portance et les moyens de propulsion d'un aéronef.
3. Comparer différents profils aérodynamiques, formes en plan d'aile et moyens de propulsion utilisés sur les aéronefs.

I. PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE I PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES FLUIDES

Objectifs spécifiques

- Reconnaître les propriétés physiques des fluides.
- Calculer localement le débit massique ainsi que la pression totale, statique et dynamique provoquée par l'écoulement d'un fluide dans un tube de Venturi.
- Évaluer localement les pressions statiques et dynamiques autour d'un profil aérodynamique en mouvement relatif avec l'air.

Contenu

- Force et poids.
- Masse et inertie.
- Densité et masse volumique.
- Pression atmosphérique et pression d'une colonne de liquide.
- Principe d'Archimède.
- Équation de continuité.
- Principe de Bernoulli.
- Circuits Pitot et statique.
- Le tube de Venturi.

→ EXAMEN (10%) ←

CHAPITRE II PROFILS AÉRODYNAMIQUES

A) LA TRAÎNÉE

Objectifs spécifiques

- Distinguer les différents types de traînées et les moyens utilisés pour réduire ces traînées.
- Évaluer le comportement de la couche limite autour d'un profil sous diverses conditions.

Contenu

- Traînée de forme.
- Traînée de frottement :
 - . viscosité
 - . écoulement des fluides (laminaire, turbulent)
 - . couche limite
 - . nombre de Reynolds
- Traînée de profil et coefficient de traînée C_x .
- Traînée induite.
- Traînée de refroidissement.
- Traînée de compensation.
- Traînée d'interférence.
- Traînée parasite.
- Traînée d'onde.
- Traînée totale d'un aéronef.

B) LA PORTANCE

Objectifs spécifiques

- Reconnaître les facteurs qui influencent la portance.
- Évaluer, à l'aide de la classification NACA, un profil aérodynamique.
- Interpréter les informations contenues dans un graphique représentant les courbes de performances d'un profil d'aile.
- Comparer les différentes caractéristiques des profils d'ailes.
- Comparer les différentes caractéristiques des formes en plan d'aile.

Contenu

- Caractéristiques des profils aérodynamiques.
- Classification NACA des profils.
- Influence de l'épaisseur relative sur le C_z et C_x .
- Influence de la cambrure relative sur le C_z et C_x .
- Moyens utilisés pour varier la cambrure relative d'un profil.
- Formes en plan d'aile.
- Caractéristiques de l'aile rectangulaire.
- Caractéristique de l'aile effilée.
- Caractéristique de l'aile elliptique.
- Caractéristique de l'aile en flèche.

→ **EXAMEN (30%)** ←

CHAPITRE III MOYENS DE PROPULSION

A) HÉLICES

Objectifs spécifiques

- Décrire l'hélice de manière géométrique et cinématique.
- Décrire vectoriellement la cinématique de l'hélice sous différents modes.
- Distinguer les facteurs qui influent sur la traction, la puissance et le rendement d'une hélice.

Contenu

- Description géométrique et cinématique de l'hélice :
 - . pas géométrique
 - . pas moyen expérimental
 - . avance par tour
 - . recul
 - . etc...
- Description cinématique de l'hélice sous différents modes :
 - . propulseur, drapeau, moulinet, frein, inversion de pas
- Facteurs qui influent sur le rendement, la traction et la puissance d'une hélice :
 - . angle d'attaque
 - . angle d'hélice
 - . R.P.M. de l'hélice
 - . couple de l'hélice
 - . diamètre de l'hélice
 - . forme en plan des pales
 - . nombre de pales
 - . coefficient de plénitude, etc...

B) AUTRES MOYENS

Objectifs spécifiques

- Expliquer l'origine de la propulsion.
- Comparer les moyens de propulsion.

Contenu

- Origine de la propulsion :
 - . impulsion
 - . quantité de mouvement
 - . force
 - . travail, puissance, énergie
- Comparaison des moyens de propulsion :
 - . l'hélice
 - . le turboréacteur
 - . le turbomoteur
 - . le turbopropulseur
 - . le "ramjet"
 - . le "scramjet"
 - . le "pulsejet"
 - . le "propfan"

→ **EXAMEN (30%)** ←

II. PARTIE LABORATOIRE

LABORATOIRE 1 *PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES FLUIDES*

Objectif spécifique

- Calculer la masse volumique d'un fluide.
- Calculer la poussée d'Archimède sur un objet.
- Observer les phénomènes physiques associés à l'augmentation de l'altitude.

Contenu

- Force.
- Masse.
- Pression.
- Masse volumique.
- Principe d'Archimède

LABORATOIRE 2 *ÉQUATION DE CONTINUITÉ ET PRINCIPE DE BERNOULLI*

Objectifs spécifiques

- Effectuer des calculs en rapport avec un tube de Venturi.
- Concevoir un montage utilisant un tube Pitot-statique.

Contenu

- Soufflerie.
- Manomètres.
- Circuit Pitot-statique.
- Tube de Venturi.

LABORATOIRE 3 *COURBES CARACTÉRISTIQUES DE TROIS AILES D'ENVERGURES DIFFÉRENTES; DÉTERMINATION DU COEFFICIENT DE TRAÎNÉE ET DE PORTANCE D'UNE AILE*

Objectifs spécifiques

- Déterminer l'angle de décrochage d'une aile.
- Identifier les variations apportées aux courbes caractéristiques (C_z , C_x , C_z/C_x VS α) d'une aile suite à des modifications.

Contenu

- Allongement.
- Ailettes de bout d'aile.

→ EXAMEN ←

LABORATOIRE 4 DISTRIBUTION DES PRESSIONS AUTOUR D'UNE AILE

Objectifs spécifiques

- Décrire et comparer les distributions des pressions autour d'un profil à différents angles d'attaque.
- Expliquer le comportement des pressions autour d'un profil lors du décrochage.
- Expliquer les variations apportées à la distribution des pressions suite au déplacement d'une gouverne.
- Expliquer les variations apportées à la distribution des pressions suite aux perturbations créées au bord d'attaque.

Contenu

- C_z max.
- Aile.
- Volet.

LABORATOIRE 5 TRACTION ET PROPULSION

Objectif spécifique

Reconnaître les facteurs qui influent sur la traction, la puissance et le rendement d'une hélice.

Contenu

- Hélices, R.P.M.
- Mode moulinet.
- Nombre de pales.
- Pas géométrique.
- Vitesse d'avance.
- Rendement.
- Traction.
- Puissance.

→ **EXAMEN** ←

MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES

Cours magistraux, lectures, exposés, explications, discussions, maquettes d'avion et d'hélicoptère, acétates, vidéo, photographies, pièces d'aéronefs, balances, manomètres, expériences et manipulations sur des souffleries subsonique et supersonique.

Avant toute évaluation sommative, l'élève aura été évalué de manière formative dans le but de lui donner le maximum de chance de réussir ce cours.

ÉVALUATION SOMMATIVE

THÉORIE :

Valeur relative

1^{er} examen : CHAPITRE I : Propriétés physiques des fluides

Reconnaissance des propriétés physiques des fluides	5%
Évaluation locale des pressions statiques et dynamiques autour d'un profil aérodynamique en mouvement relatif avec l'aile	5%

TOTAL : 10%

2^{ème} examen : CHAPITRE II : Profils aérodynamiques

Distinction des différents types de traînée et des moyens utilisés pour réduire ces traînées	4%
Évaluation du comportement de la couche limite autour d'un profil sous diverses conditions	4%
Reconnaissance des facteurs qui influencent la portance	4%
Évaluation d'un profil aérodynamique selon la classification NACA	4%
Interprétation des informations contenues dans un graphique représentant les courbes caractéristiques d'un profil d'aile	6%
Comparaison des différentes caractéristiques des profils d'ailerons	4%
Comparaison des différentes caractéristiques des formes en plan d'aile	4%

TOTAL : 30%

3^{ème} examen : CHAPITRE III : Moyens de propulsion

Description cinématique et géométrique de l'hélice	10%
Description vectorielle de la cinématique de l'hélice sous différents modes	10%
Explication de l'origine de la propulsion	5%
Distinction et comparaison des différents moyens de propulsion	5%

TOTAL : 30%

LABORATOIRE :

1^{er} examen :

Calculs de : pression totale, pression statique, pression dynamique et débit massique dans un tube de Venturi	5%
Calculs de la masse volumique et de la poussée d'Archimède	5%
Distinction des réactions apportées aux courbes caractéristiques d'une aile à la variation de son allongement	5%

TOTAL : 15%

2^{ème} examen :

Estimation des variations apportées à la distribution des pressions autour de l'aile	5%
Reconnaissance des facteurs qui influent sur la traction, la puissance et le rendement d'une hélice	10%

TOTAL : 15%

GRAND TOTAL : 100%

Mécanique des fluides (241-178) - OBJECTIFS ET MODALITÉS D'ÉVALUATION

BUT DU COURS : Utiliser la théorie de la mécanique des fluides appliquée à la mécanique du vol et au design d'un aéronef pour en faire l'entretien.

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE				MODE D'ÉVALUATION		CRITÈRES DE CORRECTION
Énoncé de l'objectif	Valeur de l'objectif (%)	Thèmes de connaissance	Valeur relative accordée au thème de connaissance (%)	Examens écrits LAB	Examens écrits THÉORIE	
1-Analyser les propriétés statique et dynamique des fluides.	20	1.1 Reconnaissance des propriétés physiques des fluides.	5		X	1.1 A distingué les facteurs qui influencent les propriétés statique et dynamique des fluides.
		1.2 Calculs de la masse volumique et de la poussée d'Archimède. Calculs de la pression totale, statique et dynamique. Calcul du débit massique.	10	X		1.2 A calculé la masse volumique et la poussée d'Archimède d'un objet. A calculé la pression totale, statique et dynamique. A calculé le débit massique.
		1.3 Évaluation locale des pressions statiques et dynamiques autour d'un profil aérodynamique en mouvement relatif avec l'air.	5		X	1.3 A déterminé le comportement des hauteurs manométriques sous différentes conditions.
2- Reconnaître les facteurs qui influencent les traînées, la portance et la propulsion d'un aéronef.	50	2.1 Distinction des différents types de traînée et des moyens utilisés pour réduire ces traînées.	4		X	2.1 A reconnu les facteurs qui influencent la traînée et les moyens utilisés pour réduire les différents types de traînée.
		2.2 Évaluation du comportement de la couche limite autour d'un profil sous diverses conditions.	4		X	2.2 A déterminé le comportement de la couche limite et de l'écoulement de l'air autour d'un profil sous diverses conditions.
		2.3 Reconnaissance des facteurs qui influencent la portance.	4		X	2.3 A distingué les facteurs qui influencent la portance.
		2.4 Description cinématique et géométrique de l'hélice.	10		X	2.4 A décrit vectoriellement les modes de l'hélice sous différents modes.
		2.5 Description vectorielle de la cinématique de l'hélice sous différents modes.	10		X	2.5 A décrit de manière géométrique et cinématique l'hélice.
		2.6 Effectuer des calculs et reconnaître des facteurs qui influencent la traction, la puissance et le rendement d'une hélice.	10	X		2.6 A reconnu et expliqué les facteurs qui influencent la puissance, la traction et le rendement de l'hélice.
		2.7 Estimation des variations apportées à la distribution des pressions autour de l'aile.	5	X		2.7 A estimé les variations créées au niveau de la distribution des pressions autour d'une aile.

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE				MODE D'ÉVALUATION		CRITÈRES DE CORRECTION
Énoncé de l'objectif	Valeur de l'objectif (%)	Thèmes de connaissance	Valeur relative accordée au thème de connaissance (%)	Examens écrits LAB	Examens écrits THÉORIE	
3-Comparer différents profils aérodynamiques, formes en plan d'aile et modes de propulsion utilisés sur les aéronefs.	30	3.1 Évaluation d'un profil aérodynamique selon la classification NACA	4		X	3.1 A évalué les caractéristiques du profil selon la classification NACA.
		3.2 Utilisation d'un graphique représentant les courbes caractéristiques d'un profil d'aile.	6		X	3.2 A trouvé les valeurs numériques sous divers angles d'attaque.
		3.3 Comparaison des différentes caractéristiques des profils d'ailes.	4		X	3.3 A comparé les différentes caractéristiques des profils d'aile.
		3.4 Comparaison des différentes caractéristiques des formes en plan d'ailes.	4		X	3.4 A comparé les différentes caractéristiques en plan d'aile.
		3.5 Explication de l'origine de la propulsion.	5		X	3.5 A expliqué le phénomène de la propulsion.
		3.6 Distinction et comparaison des différents moyens de propulsion.	5		X	3.6 A distingué et comparé les différents moyens de propulsion.
		3.7 Distinction des réactions apportées aux courbes caractéristiques d'une aile suite à la variation de son allongement.	5	X		3.7 A distingué les réactions apportées aux courbes caractéristiques d'une aile suite à des modifications.

BIBLIOGRAPHIE

KERMODE, A.C., Mécanique du vol, traduction par Didier Feminier, Outremont, Modulo, © 1972, 515 p.
(629.132K39m)

CAUVIN, D., Aérodynamique mécanique du vol, Paris, Institut aéronautique Jean Mermoz, 1979, 281 p.
(629.1323, C375a)

RICE, Handbook of airfoil sections for light aircraft, (D629.13432R497h)