



Collège Édouard-Montpetit
ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

PLAN DE COURS
PLAN DE COURS

No du cours
280-152

Session
AUTOMNE 99

Nom du cours	:	<i>Construction et performance des moteurs à réaction</i>
Nom du (des) rédacteur(s)	:	Guy Désautels – Marc Girard – Marc Lalonde – Jacques Payant
Nom du (des) professeur(s)	:	Tous les professeurs du département de propulseur
Département	:	Propulseur



Nom de l'étudiant : _____ Groupe (TH) _____ (PR) _____

Prérequis :	Préalable relatif collégial P.R. (aucun)
Périodes session :	45-60-30
Disponibilité :	sur rendez-vous
Locaux :	B-121 et D-113
Postes téléphoniques :	205, 210, 357, 359

OBJECTIFS

OBJECTIFS GÉNÉRAUX (Cahier collégial 89-92)

Décrire les fonctions des divers composants d'un réacteur, expliquer le fonctionnement des réacteurs, diagnostiquer des anomalies et effectuer les réglages nécessaires au bon fonctionnement des réacteurs.

OBJECTIFS THÉORIQUES

Énoncer les principes de base du fonctionnement des moteurs à réaction. Comparer les différents types de réacteurs. Comparer les différents types de composants et systèmes des moteurs à réaction. Expliquer les paramètres affectant les performances des moteurs à réaction. Distinguer les méthodes de "surveillance de performance" pour déterminer l'état ponctuel de fonctionnement des moteurs à réaction.

OBJECTIFS PRATIQUES

Consulter la documentation technique et appliquer les méthodes d'usage. Analyser le fonctionnement de systèmes des réacteurs (allumage, carburation, graissage, refroidissement, etc.). Expliquer la construction et l'assemblage des réacteurs. Diagnostiquer des anomalies d'un réacteur d'aéronefs en marche. Effectuer tous les réglages nécessaires au bon fonctionnement des réacteurs. Utiliser des méthodes de travail respectant la santé et la sécurité. Expliquer le fonctionnement des turboréacteurs.

RAISON D'ÊTRE DU COURS

Le cours "Construction et performance des moteurs à réaction" est unique au programme d'entretien d'aéronef. La propulsion, qu'elle soit par hélice, soufflante, turbine simple ou autre est l'élément moteur, la puissance moderne d'aujourd'hui. L'étude de la propulsion par réaction et des sciences qui s'y rattachent est prioritaire au domaine de l'aéronautique.

ÉVALUATION DE L'APPRENTISSAGE DE L'ÉTUDIANT(E)

Pour atteindre ces objectifs généraux, le cours est divisé en trois parties distinctes.

EN AUCUN CAS ELLES NE PEUVENT ÊTRE DISSOCIÉES L'UNE DE L'AUTRE.

Une partie théorique	50% du cours	(3 périodes)
Une partie pratique	50% du cours	(4 périodes)
Une partie de travaux d'apprentissage		(2 périodes)

Note minimum de passage du cours : **60%**

NOTE FINALE DU COURS : /100

(Cumul des notes de théorie/100 et laboratoire/100 divisé par deux)

Les cinquante (50) points de **théorie** seront attribués sur :

15% _____

15% _____

20% _____

Les cinquante (50) points de **laboratoire** seront attribués sur :

15%	Mi-session
15%	Rapports, travaux, autres.
20%	Final

CONTENU THÉORIQUE

OBJECTIF TERMINAL

L'étudiant sera capable d'expliquer les principes de fonctionnement et le rôle de chaque partie et composante des moteurs à réaction.

Objectif d'apprentissage : PHASE 1

- L'étudiant pourra expliquer le fonctionnement de base des différents moteurs à réaction.
 - À la suite d'essai, l'étudiant sera capable d'évaluer la performance des moteurs.
- 1.1 L'étudiant reconnaîtra les configurations des moteurs.
- 1.2 L'étudiant pourra faire des calculs lui permettant d'évaluer la puissance des moteurs.
- 1.3 L'étudiant pourra faire des calculs lui permettant d'évaluer les rendements.

GÉNÉRALITÉS

Introduction :

- plan de cours
- calendrier
- évaluation
- règle des locaux

Fonctionnement :

- historique du développement des moteurs à réaction
- classification et fonctionnement des moteurs à réaction :
 - . sans composantes rotatives
 - . avec composantes rotatives
- calculs théoriques
- révision sommaire de physique
- description des différentes variantes
- familiarisation et calculs des facteurs affectant :
 - . puissance : poussée brute
 - poussée nette
 - hp
 - shp
 - thp
 - eshp
 - standard
 - . rendement : thermique
 - propulsif
 - . consommation : spécifique

Objectif d'apprentissage : PHASE 2

L'étudiant sera capable d'expliquer la construction et le fonctionnement des composantes principales d'un moteur à réaction.

- 2.1 L'étudiant sera capable d'analyser la construction des différentes composantes moteur.
- 2.2 L'étudiant sera capable de reconnaître les différents types de composantes et les caractéristiques qui leur sont propres.
- 2.3 L'étudiant connaîtra les facteurs à considérer dans la conception des composantes.

Composantes :

- manche d'entrée d'air
- bâti avant
- compresseur :
 - . axial
 - . centrifuge
- diffuseur
- chambre de combustion :
 - . séparée, tubulaire
 - . tubo-annulaire
 - . annulaire
- turbine :
 - . écoulement radial
 - . écoulement axial
- tuyère d'échappement ou canal d'éjection

Objectif d'apprentissage : PHASE 3

L'étudiant sera capable de décrire et d'expliquer le fonctionnement des différents systèmes et accessoires de moteur.

- 3.1 L'étudiant connaîtra la fonction des différents systèmes.
- 3.2 L'étudiant connaîtra les différentes composantes des différents systèmes.
- 3.3 L'étudiant connaîtra l'interrelation entre le système et le moteur lui-même.

Circuit : (systèmes)

- circuit de lubrification
- circuit d'allumage
- circuit de démarrage
- circuit d'anti-givrage
- circuit d'alimentation de carburant :
 - . alimentation
 - . type de pompe
 - . mélange
 - . régulateur de carburant
- augmentation de poussée :
 - . injection d'eau
 - . post-combustion
- renversement de la poussée
- atténuation du bruit

CONTENU PRATIQUE

OBJECTIF TERMINAL

L'étudiant sera capable d'effectuer des vérifications et la remise en état de différents moteurs selon les normes du manufacturier.

Objectif d'apprentissage : PHASE 1

L'étudiant sera capable d'analyser différents circuits de moteur.

- 1.1 L'étudiant sera capable d'interpréter différents manuels de manufacturier.
- 1.2 L'étudiant sera capable d'analyser différents circuits de lubrification.
- 1.3 L'étudiant sera capable d'analyser un circuit d'air.

Introduction :

- plan de cours :
 - . évaluation
 - . visite et sécurité
- utilisation du système ATA 100
- explication d'un livre de manufacturier
- circuit de lubrification :
 - . schéma
 - . recherche de données
- circuit d'air :
 - . pressurisation
 - . anti-givrage
 - . chauffage
 - . schéma
 - . recherche de données

Objectif d'apprentissage : PHASE 2

L'étudiant sera capable d'effectuer différentes inspections moteur selon les normes du manufacturier.

- 2.1 L'étudiant sera capable d'identifier les différentes pièces moteur.
- 2.2 L'étudiant devra être capable d'utiliser différents outils spéciaux.
- 2.3 L'étudiant devra être capable de réaliser différents types d'inspection par la suite, pose un diagnostic et effectuer les réparations ou ajustements nécessaires.
- 2.4 L'étudiant devra comprendre le fonctionnement des différentes composantes.

POSTES : La phase 2 consiste à faire une série de postes par groupe de 3 ou 4 étudiants-es.

Généralités :

- vérification des composantes moteur :
 - . manuels
 - . les outils spéciaux
 - . couple de serrage
 - . fil-frein
 - . nomenclature des pièces moteur
- procédure de démontage/remontage :
 - . section de compresseur
 - . section de combustion
 - . section des turbines
 - . section d'échappement
 - . circuit d'allumage
 - . circuit de carburation
 - . système d'engrenage planétaire
 - . système d'engrenage d'accessoires
 - . gréage de commande moteur
- familiarisation :
 - . atténuateur de bruit
 - . inverseur de poussée
 - . tachymètre
 - . pompes (huile, carburant)
 - . équilibrage

Objectif d'apprentissage : PHASE 3

- L'étudiant devra pouvoir identifier et utiliser correctement l'instrumentation et les contrôles d'un banc d'essai.
 - L'étudiant sera capable d'analyser la performance des moteurs à réaction.
- 3.1 L'étudiant devra être capable d'identifier, de définir et d'utiliser correctement les différentes parties constituant d'un banc d'essai ainsi que d'opérer le moteur lui-même.
- 3.2 L'étudiant devra être capable de récolter et d'utiliser les données recueillies sur le banc d'essai pour fin de calculs de performances et de traçage des courbes de puissance, de couple en fonction du régime moteur, etc.
- 3.3 L'étudiant devra être capable d'analyser les données d'un essai moteur et de tirer des conclusions.

Performances au banc d'essai :

- interprétation des chartes du manufacturier
- inspection du moteur
- démarrage
- essai de performances
- calcul de performances
- diagnostiquer des troubles de fonctionnement
- appliquer les mesures de sécurité
- analyse de performances avec ordinateur

Chronologie et synchronisation de l'enseignement de la théorie et du laboratoire

Semaine	Théorie	Laboratoire
1	Introduction Classification	Introduction / lubrification
2	Classification Cycle Brayton Piston/turbine	Circuit d'huile (suite)
3	Calculs théoriques Force, travail Poussée	Circuit d'huile / circuit d'air / JT-15
4	Puissance Consommation spécifique Correction	Boîte de réduction / couplemètre
5	Rendement	Boîte d'accessoires
6	Évaluation	Schéma d'air
7	Manches d'entrée d'air Compresseur	Compresseur
8	Instabilité du compresseur	Évaluation / introduction à l'analyse par paramètre
9	Diffuseur Chambre à combustion	HSI (inspection section chaude) Gicleurs, chambres à combustion, turbines, etc...
10	Turbine Tuyère	Introduction au banc d'essai (Analyse d'état et traçage de courbe de rendement/puissance)
11	Évaluation	Banc d'essai et inspections
12	Réducteur de bruit Inverseur de poussée Système de démarrage Système d'allumage	
13	Système de carburation	HSI (inspection section chaude) Gicleurs, chambres à combustion, turbines, etc...
14	Système de protection anti-givrage Systèmes d'augmentation de la poussée	Réusinage des segments de la turbine du compresseur
15	Évaluation sommative	Évaluation sommative

MÉTHODOLOGIE

La méthode, le style d'enseignement et d'apprentissage utilisent des moyens didactiques standards, comme :

En théorie : Cours magistraux ; utilisation de maquettes de moteurs ; acétates ; films ; pièces.

En laboratoire : Cahier de cours ; pièces et moteurs en coupe ; moteur "PT6", "ST6" et "JT15" de Pratt & Whitney, "DART" de Rolls Royce pour fin de pratique d'inspection, démontage et remontage ; banc d'essai.

ÉVALUATION

Formes d'épreuves d'évaluation

Les évaluations sommatives sont de type traditionnel (à développement) et/ou à choix multiples.

Les évaluations formatives sont sous forme de questionnaires écrits et/ou oraux, de rapports écrits et de travaux pratiques.

Le professeur est responsable de son enseignement, de ses modes d'évaluations et des critères qu'il utilise et *doit rencontrer les normes de la P.E.A.*

MÉDIAGRAPHIE

Bent, Ralph D. et Mckinley, James L., Aircraft Powerplants for Aerospace Vehicules, McGraw-Hill, Montréal, 1985, 596 p.

Casamassa, Jack V. et Bent, Ralph D., Jet Aircraft Power Systems, 3e éd., McGraw-Hill, Toronto, 1965, 408 p.

Otis, Charles E., Aircraft Gas Turbine Powerplants, Aviation Maintenance, Basin, WY, 1979, 202 p.

Pratt and Whitney Canada, Le moteur à turbine à gaz d'aéronef et son fonctionnement, éd. bilingue canadienne rév. et corr. conjointement par Air Canada et Pratt and Whitney Canada, Pratt and Whitney Canada, Longueuil, 1984, 552 p.

Rolls-Royce, The Jet Engine, Derby, England, 1973, 229 p.

Treager, Irwin E., Aircraft Gas Turbine Engine Technology, 2e éd., McGraw-Hill, Montréal, 1979, 586 p.

Treager, Irwin E., Les réacteurs : principes de fonctionnement, Trad. : Didier Féminier, Éditions du Richelieu, Saint-Jean-sur-Richelieu, 1983, 96 p.

Airframe and Powerplant Mechanics : Powerplant Handbook, AC65-12A, Federal Aviation Administration, Department of Transportation, Aviation Maintenance, Basin, WY, 1976, 500 p.

LIVRES

De langue française :

- 1) Le moteur à turbine à gaz d'aéronefs et son fonctionnement, Pratt & Whitney Canada et Air Canada 629.134353A298
- 2) Les réacteurs, traduit par Didier Féminier 629.134353T784j

De langue anglaise :

- 1) Aircraft Gas Turbine Powerplants, Charles E. Otis 629.134353P88a
- 2) Aircraft Gas Turbine and Technology, Irwin E. Treager 629.134353T784a
- 3) Aircraft Powerplants, Bent McKinley 629.13435M158a
- 4) Aircraft Propellers and Controls, F. Delp 629.13436D363A
- 5) Description and maintenance Instruction Orenda 11 and 17, C.A.F. 629.134353C212d
- 6) PT6A-21, 27 and 28 Turboprop Engines, Descriptive notes Pratt & Whitney 629.1343532P913p
- 7) The Aircraft Gas Turbine Engine and It's Operation, Pratt & Whitney and Air Canada 629.134353A298
- 8) The Jet Engine, Rolls Royce 629.134353R755j

AUDIO-VISUEL

- 1) Vidéo 3/4, Moteurs. 629.1345P913m
- 2) Vidéo 3/4, Comment fonctionne le moteur à jet. 629.134353J63c
- 3) Vidéo VHS, En bonne compagnie. 629.1343532E56
- 4) Vidéo VHS, Un moteur en vacances/Rolls Royce 629.1346AM917
- 5) Vidéo VHS, Hot Section Inspection, PT6A-27 629.13435320288P913

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

AJ	Area of jet nozzle	Aire de la buse
APU	Auxiliary power unit	Appareil de puissance auxiliaire
ASU	Air start unit	Appareil de démarrage autonome
CDP	Compressor discharge pressure	Pression à la sortie du compresseur
CIT	Compressor inlet temperature	Température à l'entrée du compresseur
CSU	Constant speed unit	Régulateur de vitesse
ESHP	Equivalent shaft horsepower	Puissance équivalente à l'arbre hp
ESFC	Equivalent specific fuel consumption	Consommation spécifique équivalente
EGT	Exhaust gas temperature	Température des gaz d'échappement
FCU	Fuel control unit	Régulateur de carburant
ff	Fuel flow, lb/hr	Débit de carburant, lb/hr
F_g	Gross thrust "static"	Poussée brute "statique"
F_n	Net thrust	Poussée nette
g	Gravity	Gravité
hp	Horsepower	Horsepower
IGV	Inlet guide vanes	Aubes directrices d'admission
ITT	Interturbine temperature	Température entre des turbines
K	Constant	Constante
MS	Mass acceleration (airflow)	Débit massique de l'air
N	Rotational speed	Vitesse de rotation
N_1	Low pressure compressor turbine	Turbine du compresseur basse pression
N_2	Inter pressure compressor turbine	Turbine du compresseur de pression moyenne
N_3	High pressure compressor turbine	Turbine du compresseur haute pression
N_F	Free turbine speed	Vitesse de la turbine libre
N_G	Gas generator turbine speed	Vitesse de la turbine du compresseur
N_P	Propeller speed	Vitesse de l'hélice
N_p	Power turbine speed	Vitesse de la turbine de puissance
N_s	Shaft speed	Vitesse de l'arbre
OAT	Outside air temperature	Température ambiante de l'air
PJ	Pressure at the jet nozzle	Pression dans la tuyère
Pam	Ambiant absolute pressure	Pression ambiante absolue
pph	Pounds per hour	Livre à l'heure
psi	Pounds per square inch	Livre par pouce carré
sfc	Specific fuel consumption	Consommation spécifique de carburant
shp	Shaft horsepower	Puissance à l'arbre hp
thp	Thrust horsepower	Poussée exprimée en hp
TIT	Turbine inlet temperature	Température à l'entrée de la turbine
TOT	Turbine outlet temperature	Température à la sortie de la turbine
TQ	Torque	Couple
TSFC	Thrust specific fuel consumption	Consommation propulsive spécifique
VF	Velocity of fuel	Débit massique du carburant
V_1	Aircraft speed	Vélocité de l'avion
V_2	Final velocity	Vélocité des gaz d'échappement
W_a	Engine airflow, lb/s	Débit massique de l'air
W_f	Fuel flow, lb/s	Débit massique du carburant du moteur
Θ	Theta	Température observée/Température °R ou °K
δ	Delta	Pression observée/pression standard