



Collège Édouard-Montpetit  
ÉCOLE NATIONALE D'AÉROTECHNIQUE

# PLAN DE COURS

No du cours  
**280-152**

Session  
**HIVER 2002**

Nom du cours : *Construction et performance des moteurs à réaction*

Nom du (des) professeur(s) : Guy Désautels  
Marc Girard  
Mario Carpentier

Département : **Propulseur**



## Périodes de consultation :

**Théorie** Professeur \_\_\_\_\_ Local \_\_\_\_\_

|       | lundi | mardi | mercredi | jeudi | vendredi |
|-------|-------|-------|----------|-------|----------|
| HEURE |       |       |          |       |          |

**Pratique** Professeur \_\_\_\_\_ Local \_\_\_\_\_

|       | lundi | mardi | mercredi | jeudi | vendredi |
|-------|-------|-------|----------|-------|----------|
| HEURE |       |       |          |       |          |

Nom de l'étudiant : \_\_\_\_\_

Groupe (théorie) \_\_\_\_\_ (pratique) \_\_\_\_\_

Unique en  
**TON**  
genre!

|                      |                                            |
|----------------------|--------------------------------------------|
| Prérequis            | : Préalable relatif collégial P.R. (aucun) |
| Périodes session     | : 45-60-30                                 |
| Disponibilité        | : sur rendez-vous                          |
| Locaux               | : D-113                                    |
| Postes téléphoniques | : 205, 210, 357, 359, 395                  |

## 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 : la puissance (poussée brute, poussée nette, hp, shp, thp, eshp, standard), le rendement (thermique, propulsif), la 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, turbo-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 constitutives 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                                                                               |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | Introduction<br>Classification                                                           | Introduction / lubrification                                                              |
| <b>2</b>  | Classification<br>Cycle Brayton<br>Piston/turbine                                        | Circuit d'huile et circuit d'air (suite)                                                  |
| <b>3</b>  | Manches d'entrée d'air<br>Compresseur                                                    | Circuit d'huile et intro. circuit d'air / JT-15                                           |
| <b>4</b>  | Instabilité du compresseur                                                               | Système d'air<br>Compresseur-soufflante (spey LP-HP)                                      |
| <b>5</b>  | Diffuseur<br>Chambre à combustion                                                        | Boîte d'accessoires                                                                       |
| <b>6</b>  | Évaluation                                                                               | Boîte de réduction / couplemètre                                                          |
| <b>7</b>  | Turbine<br>Tuyère                                                                        | Évaluation / introduction à l'analyse par paramètre                                       |
| <b>8</b>  | Réducteur de bruit<br>Inverseur de poussée<br>Système de démarrage<br>Système d'allumage | Compresseur                                                                               |
| <b>9</b>  | Système de carburant                                                                     | HSI (inspection section chaude)<br>Gicleurs et endoscopie                                 |
| <b>10</b> | Système de protection anti-givrage<br>Systèmes d'augmentation de la poussée              | Introduction au banc d'essai (Analyse d'état et traçage de courbe de rendement/puissance) |
| <b>11</b> | Évaluation                                                                               | Banc d'essai et inspections                                                               |
| <b>12</b> | Calculs théoriques<br>Force, travail<br>Poussée                                          | Banc d'essai et inspections                                                               |
| <b>13</b> | Puissance<br>Consommation spécifique<br>Correction                                       | HSI (visuelle)<br>Gicleurs, chambres à combustion, turbines, etc..., vidéo HSI            |
| <b>14</b> | Rendement                                                                                | HSI (dimensionnelle), chambres, NGV et turbines                                           |
| <b>15</b> | 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 Vehicles, 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) | <u>Le moteur à turbine à gaz d'aéronefs et son fonctionnement,</u><br>Pratt & Whitney Canada et Air Canada | 629.134353A298  |
| 2) | <u>Les réacteurs</u> , traduit par Didier Féminier                                                         | 629.134353T784j |

### De langue anglaise :

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

## AUDIO-VISUEL

- |    |                                                       |                     |
|----|-------------------------------------------------------|---------------------|
| 1) | Vidéo 3/4, <u>Moteurs.</u>                            | 629.1345P913m       |
| 2) | Vidéo 3/4, <u>Comment fonctionne le moteur à jet.</u> | 629.134353J63c      |
| 3) | Vidéo VHS, <u>En bonne compagnie.</u>                 | 629.1343532E56      |
| 4) | Vidéo VHS, <u>Un moteur en vacances/Rolls Royce</u>   | 629.1346AM917       |
| 5) | Vidéo VHS, <u>Hot Section Inspection, PT6A-27</u>     | 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      |
| $\Theta$ | Theta                                | Température observée/Température °R ou °K  |
| $\delta$ | Delta                                | Pression observée/pression standard        |