

PRÉSENTATION DU COURS

SITUATION DU COURS DANS LE PROGRAMME

Le cours **d'Aérodynamique** fait suite au cours d'**Introduction à l'aéronautique** et est offert aux étudiants de troisième année. De plus, ce cours fait partie du programme de Techniques de construction aéronautique qui préparent les étudiants à:

- produire les pièces relatives à la cellule, au moteur et aux accessoires des avions;
- collaborer à la planification des méthodes de production (fabrication et assemblage) des pièces relatives à la cellule, au moteur et aux accessoires des avions;
- assurer le contrôle de la qualité;
- faire de la conception et de la fabrication assistées par ordinateur (CAO/FAO)
- participer à l'expérimentation de nouveaux prototypes sur bancs d'essais.

Les cours que l'on retrouve au programme visent à transmettre une connaissance et une compréhension de l'ensemble des étapes de fabrication et de construction des moteurs et des avions.

UTILITÉ DU COURS DANS LE PROGRAMME

En raison des tâches à caractère technique variées et complexes demandées aux technicien(ne)s de construction d'avions ces dernier(ère)s doivent maîtriser les principes fondamentaux et les concepts régissant l'aérodynamique des avions.

L'acquisition de connaissances fondamentales, donnera à l'étudiant des assises scientifiques qui lui permettront d'identifier, de reconnaître, de classer, de comparer, de distinguer, de détecter, de comparer et de déduire le comportement de l'air autour des avions.

De par ces acquis, l'étudiant aura en sa possession les outils de base nécessaires à l'analyse des systèmes et des composantes d'avions ainsi que des concepts régissant la conception au point de vue aérodynamique de ces derniers.

OBJECTIFS GÉNÉRAUX

- L'étudiant sera capable d'expliquer les phénomènes aérodynamiques et les raisons d'être des différents designs de conception, rencontrés sur les avions et hélicoptères.
- L'étudiant sera capable de distinguer les facteurs qui influencent les performances d'un avion de façon à pouvoir apporter des solutions.

OBJECTIFS TERMINAUX

1. Analyser les propriétés statiques et dynamiques des fluides.
2. Reconnaître les facteurs qui influencent, les traînées, la portance, les moments, les stabilités, la vitesse limite, les performances et le moyen de propulsion d'un avion.
3. Comparer différents profils aérodynamiques, forme en plan d'aile et moyens de propulsion utilisés sur les avions.
4. Effectuer des calculs de façon à pouvoir faire des comparaisons et des constatations.
5. Acquérir une expertise en essais aérodynamiques de façon à pouvoir participer à l'expérimentation de nouveaux prototypes lors d'essais.
6. Présenter des travaux dans un français correct, en utilisant une structure de phrase de qualité, permettant la mise en valeur de la terminologie scientifique et technique en rapport avec le cours.

PONDÉRATION GLOBALE

Théorie : 60 points sur 100
Laboratoire : 40 points sur 100

Dix pour cent (10%) de la note sera attribuée pour la qualité du français.

I. PARTIE THÉORIQUE

CHAPITRE I : STATIQUE ET DYNAMIQUE

Objectifs spécifiques

- Reconnaître les propriétés physiques des fluides.
- Effectuer des calculs de : masse volumique, pression, force, pression totale, pression statique, pression dynamique.
- Déterminer les réactions produites sur les propriétés faces à des variations externes.

Contenu

- Masse, volume, masse volumique, densité, viscosité, tension de surface, capillarité, vitesse, accélération, poids, poids spécifique, forces, surface, pression (absolue, relative, atmosphérique, statique, dynamique, totale), travail, puissance, énergie.
- Principe de Pascal.
- Principe d'Archimède.
- Facteur de compressibilité.
- Capillarité.
- Pression et force hydrostatique.
- Équation générale des gaz.
- Équation de continuité.
- Principe de Bernoulli.
- Tube de Venturi.
- Tube de Pitot.
- Analyse dimensionnelle.
- Nombre de Mach.
- Nombre de Reynolds.
- Son et vitesse du son.

CHAPITRE II : PROFILS AÉRODYNAMIQUES

A) LA TRAÎNÉE

Objectifs spécifiques

- Distinguer les facteurs qui influencent la traînée.
- Distinguer les différents types de traînée et les moyens utilisés pour réduire ces traînées.
- Évaluer le comportement de la couche limite autour d'une aile sous diverses conditions.
- Effectuer des calculs de traînée.

Contenu

- Théorie de la traînée.
- Traînée de forme.
- Traînée de frottement : viscosité, écoulement des fluides, couche limite, nombre de Reynolds.
- Traînée de profil et coefficient de traînée C_X (C_D).
- Traînée induite.
- Traînée de refroidissement.
- Traînée de compensation.
- Traînée d'interférence.
- Traînée parasite.
- Traînée d'onde.
- Traînée totale d'un aéronef.
- Formes pour le vol subsonique.
- Formes pour le vol supersonique.

B) LA PORTANCE

Objectifs spécifiques

- Distinguer les facteurs qui influencent le C_L et la portance.
- Distinguer les moyens utilisés pour augmenter le C_L et la portance.
- Interpréter les informations contenues dans un graphique représentant les courbes caractéristiques d'une aile.
- Évaluer un profil aérodynamique à l'aide de la classification NACA.
- Comparer les différentes caractéristiques des profils d'ailes.
- Comparer les différentes caractéristiques des formes en plan d'aile.
- Effectuer des calculs de portance sur un avion.
- Effectuer des calculs de moment sur un avion.
- Effectuer la comparaison des caractéristiques d'aéronefs.

Contenu

- Théorie de la portance.
- Caractéristiques des profils aérodynamiques.
- Classification des profils NACA.
- Courbes caractéristiques des profils aérodynamiques.
- Influence de l'épaisseur relative sur le C_L et C_D .
- Influence de la cambrure relative sur le C_L et C_D .
- Moyens utilisés pour augmenter le C_L d'une aile.
- Moyens utilisés pour varier la cambrure relative et l'épaisseur relative d'une aile.
- Effets des formes en plan d'aile (C_L , zone de décrochage).
- Allongement.
- Charge alaire.
- Rapports S/W_{TO} , T/W_{TO} , W_E/W_{TO} et W_U/W_{TO} .
- Rapports S_A/S_W , S_F/S_W , S_{HT}/S_W , S_E/S_{HT} et S_V/S_W .
- Caractéristiques de l'aile (rectangulaire, trapézoïdale, effilement, elliptique, flèche).
- Centre de pression, foyer, coefficient de moment et moment.
- Influence de l'épaisseur relative sur le c_p , a_c et C_m .
- Influence de la cambrure relative sur le c_p , a_c et C_m .
- Polaire de l'aile
- Profils transsonique et supersonique
- Ailes pour le vol supersonique

CHAPITRE III : PROPULSION

A) HÉLICES

Objectifs spécifiques

- Décrire l'hélice géométriquement.
- Expliquer la cinématique de l'hélice.
- Expliquer l'hélice idéale.
- Expliquer la théorie simplifiée de l'élément de pale.
- Décrire vectoriellement la cinématique de l'hélice sous différents modes.
- Distinguer les facteurs qui influencent la traction, le couple, la puissance et le rendement d'une hélice.
- Effectuer des calculs de force propulsive.
- Effectuer des calculs de puissance.
- Faire le choix d'une hélice.

Contenu

- Théorie de la propulsion par hélice.
- Description géométrique de l'hélice : moyeu, pale, axe de l'hélice, axe de la pale, pas géométrique, pas moyen expérimental.
- Description cinématique de l'hélice : avance par tour, recul.
- Description aérodynamique de l'hélice sous différents modes : tractive/propulsive, moulinet, transparence, drapeau, frein, inversion de pas.
- Théorie de l'élément de pale : rapport d'augmentation de vitesse, rapport d'avance, coefficient de traction, coefficient de puissance.
- Facteurs qui influencent la traction, la puissance utile et le rendement d'une hélice : angle d'attaque, angle d'hélice, RPM de l'hélice, couple de l'hélice, diamètre de l'hélice, forme en plan de pales, nombre de pales, coefficient de plénitude.

B) AUTRES MOYENS DE PROPULSION

Objectifs spécifiques

- Expliquer l'origine de la propulsion.
- Comparer les moyens de propulsion.
- Distinguer les facteurs qui influencent la poussée et le rendement.
- Effectuer des calculs de poussée.
- Effectuer des calculs de puissance.
- Faire le choix du moyen de propulsion.

Contenu

- Origine de la propulsion : impulsion, quantité de mouvement, force, travail, puissance, énergie.
- Comparaison des moyens de propulsion : hélice, turbomoteur (turboshaft), turbopropulseur (turboprop), turbosoufflante (turbofan), turboréacteur (turbojet), turbostato (turboramjet), statoréacteur (ramjet), statoréacteur ACS (scramjet), pulsoréacteur (pulsejet), hélisouf (propfan), photoréacteur (photonjet).

CHAPITRE IV : PERFORMANCES

Objectifs spécifiques

- Expliquer le décollage, le vol en palier, en montée, en descente, en plané, le virage et l'atterrissage.
- Distinguer les facteurs qui influencent chacune des configurations de vol.
- Distinguer les facteurs de performance des avions à hélices et des avions à moteurs à réaction.
- Effectuer des calculs de vitesse, de pression et de masse volumique pour un vol d'essais.
- Effectuer des calculs de vitesses, d'angles d'attaque et de montée, de rayon d'action et d'endurance pour avions à hélices et à réaction.
- Distinguer les facteurs de performance des avions transsoniques et supersoniques.
- Comparer les performances des aéronefs.

Contenu

- Représentation des forces en présence.
- Décollage.
- Vol de montée.
- Vol horizontal uniforme (vol en palier).
- Virage.
- Vol de descente.
- Atterrissage.
- Facteur de charge (nombre de "g").
- Équations de vol.
- Équations de traction.
- Équations de puissance.
- Équations de rayon d'action (hélices/réactions).
- Équations d'endurance (hélices/réactions).
- Courbes P_{vs} , T_{vs} , CL/CD_{vs} , $CL_{3/2}/CD_{vs}$, $CL_{1/2}/CD_{vs}$.
- Vitesse maximum et minimum.
- Taux de montée maximum.
- Le plafond.
- Vol transsonique et supersonique.
- Équilibre de l'avion autour du centre de gravité.

MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES

Cours magistraux, livres de références, explications, discussions, maquettes d'avions et d'hélicoptères, acétates, vidéos, photographies.

ÉVALUATION

Les interrogations de la partie théorique seront de type écrit à développement.

Critères d'évaluation :

- L'exactitude des réponses et du raisonnement sera évalué.
- La cohérence, la clarté des idées et le choix judicieux du vocabulaire spécialisé seront évalués.

Pondération de la théorie

Théorie (examen)	Examens (points)	Examens (sujets)
#1	/15	Chapitre I
#2	/15	Chapitre II
#3	/15	Chapitre III
#4	/15	Chapitre IV
Total	/60	

II - PARTIE LABORATOIRE

LABORATOIRE 1 : ÉTALONNAGE DE LA BALANCE À MOUVEMENT PARALLÈLE

Objectifs spécifiques

- L'élève sera capable d'utiliser la balance à mouvement parallèle pour saisir des données de portance (lift) de traînée (drag) et de moment (pitch)
- L'élève sera capable de convertir des données recueillies sur la balance à mouvement parallèle en unités standards du système MKSA ou FSS
- L'élève sera capable de fournir des résultats en unités standards du système MKSA ou FSS à partir de données recueillies sur la balance à mouvement parallèle

Contenu

- Masse
- Balance à mouvements parallèle
- Force
- Poids d'étalonnage
- Bras de levier
- Tableau de saisie de données
- Graphiques pour l'étalonnage

LABORATOIRE 2 : ÉQUATION DE CONTINUITÉ ET PRINCIPE DE BERNOULLI

Objectifs spécifiques

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

Contenu

- Soufflerie
- Manomètres
- Circuit Pitot-statique
- Tube de Venturi
- Anémomètre
- Tableau de saisie de données

LABORATOIRE 3 : ÉTALONNAGE DE LA SOUFFLERIE SUBSONIQUE

Objectifs spécifiques

- Concevoir un montage utilisant un tube Pitot-statique.
- Déterminer la pression dynamique présente dans la chambre d'essais.
- Déterminer les vitesses réelles et théoriques dans la chambre d'essais.
- Présenter des arguments valables pouvant justifier les écarts entre les vitesses et les pressions.

Contenu

- Soufflerie NPL
- Manomètres
- Circuit Pitot-statique
- Anémomètre
- Ordinateur

LABORATOIRE 4 : COEFFICIENT DE TRAINÉE DE FORMES

Objectifs spécifiques

- Concevoir un protocole permettant de déterminer le CD d'un objet.
- Effectuer des mesures de traînée avec une balance à mouvement parallèle.
- Utiliser le graphique d'étalonnage de la soufflerie pour déterminer la pression dynamique présente dans la chambre d'essais.
- Déterminer, avec les équations, la traînée et le CD d'un objet.
- Présenter des arguments valables pouvant justifier les écarts entre le CD Livres et le CD Laboratoire.

Contenu

- Soufflerie NPL
- Protocole pour déterminer la traînée d'un disque
- Balance à mouvement parallèle
- Manomètres
- Anémomètre
- Ordinateur

LABORATOIRE 5 : DISTRIBUTION DES PRESSIONS AUTOUR D'UN DISQUE

Objectifs spécifiques

- Tracer, décrire et comparer les distributions de pressions présentes autour d'un disque à différents angles d'attaque.
- Déterminer la position et le déplacement du point de stagnation en fonction de l'angle d'attaque.
- Déterminer la portance et la traînée produite par le disque.
- Analyser l'influence produite sur les distributions de pression suite à des modifications de l'angle d'attaque.
- Analyser l'influence produite sur la portance et la traînée suite à des modifications d'angle d'attaque.

Contenu

- Soufflerie NPL
- Disque avec 9 prises de pression radiale
- Positionnement du disque
- Pressions statiques
- Manomètres
- Anémomètre
- Ordinateur

LABORATOIRE 6 : DISTRIBUTION DES PRESSIONS AUTOUR D'UNE AILE

Objectifs spécifiques

- Positionner l'aile dans la chambre d'essais sous un angle d'attaque.
- Tracer, décrire et comparer les distributions de pressions présentes autour d'un profil à différents angles d'attaque.
- Déterminer la position du point de stagnation en fonction de l'angle d'attaque.
- Analyser le déplacement du point de stagnation en fonction de l'angle d'attaque.
- Analyser le comportement des pressions autour d'un profil lors du décrochage.
- Analyser les variations apportées à la distribution des pressions suite à des modifications d'angle d'attaque.
- Analyser les variations apportées à la distribution des pressions suite au déplacement d'une gouverne.
- Analyser les variations apportées à la distribution des pressions suite à des perturbations créées au bord d'attaque.

Contenu

- Soufflerie NPL
- Profil NACA
- Intrados et extrados de l'aile
- Pressions statiques
- Angle de décrochage (α_{MAX})
- Manomètres / Anémomètre
- Ordinateur

EXAMEN (7^{ÈME} SEMAINE) SUR LES LABORATOIRES 1 À 6 (15POINTS)

LABORATOIRE 7 : ÉTUDE DES COURBES CARACTÉRISTIQUES DE PROFILS D'ENVERGURE DIFFÉRENTS

Objectifs spécifiques

- Positionner l'aile dans la chambre d'essai.
- Effectuer des mesures de portance de traînée et de moment sur la balance à mouvement parallèle.
- Utiliser le graphique d'étalonnage de la soufflerie pour déterminer la pression dynamique à l'intérieur de la chambre d'essai.
- Déterminer à l'aide des équations, le C_L le C_D le C_{Mn} et le C_{Mac} de l'aile.
- Tracer décrire et comparer les courbes de C_L , C_D , C_L/C_D , $C_{L3/2}/C_D$, C_{Mn} et de C_{Mac} .
- Déterminer l'angle de décrochage pour les différents profils.
- Expliquer le rapport entre le A_R et les Courbes caractéristiques de C_L , C_D , C_L/C_D , $C_{L3/2}/C_D$, C_{Mn} et de C_{Mac} .

Contenu :

- Soufflerie NPL
- Manomètres /anémomètre
- Ordinateur
- Règle
- Profils de différents allongement
- Vernier
- Équerre
- Balance à mouvement parallèle

LABORATOIRE 8 : ÉTUDE DE LA CAMBRURE RELATIVE ET DE L'ÉPAISSEUR RELATIVE

Objectifs spécifiques

- Positionner l'aile dans la chambre d'essai.
- Effectuer des mesures de portance de traînée et de moment sur la balance à mouvement parallèle.
- Utiliser le graphique d'étalonnage de la soufflerie pour déterminer la pression dynamique à l'intérieur de la chambre d'essai.
- Déterminer à l'aide des équations, le C_L le C_D le C_{Mn} et le C_{Mac} de l'aile.
- Tracer décrire et comparer les courbes de C_L , C_D , C_L/C_D , $C_{L3/2}/C_D$, C_{Mn} et de C_{Mac} .
- Déterminer l'angle de décrochage pour les différents profils.
- Expliquer le rapport entre le C_R , le E_R , le A_R , le C_m et les Courbes caractéristiques de C_L , C_D , C_L/C_D , $C_{L3/2}/C_D$, C_{Mn} et de C_{Mac} .

Contenu :

- Soufflerie NPL
- Manomètres /anémomètre
- Ordinateur
- Règle
- Profils D'épaisseur relative différente
- Vernier
- Profils de cambrure relative différente
- Balance à mouvement parallèle
- Équerre

LABORATOIRE 9 : ÉTUDE SUR LES HÉLICES

Objectifs spécifiques :

- Prendre des lectures de poussée de différentes hélices sur une balance à mouvement parallèle.
- Prendre des lectures de vitesse de rotation de différentes hélices à l'aide d'une lampe stroboscopique.
- Trouver un point de transparence d'une hélice et calculer à partir de celui-ci la vitesse d'avance optimale pour cette hélice à un RPM donné.
- Calculer le rendement, la vitesse d'avance, l'angle de pas géométrique, l'angle de pas expérimental, et la vitesse tangentielle.
- Tracer des graphiques de rendement Vs vitesse d'avance pour différentes hélices.

Contenu :

- Soufflerie NPL
- Balance à mouvement parallèle
- Ordinateur
- Profils de différents allongement
- Manomètres /anémomètre
- Règle
- Vernier
- Équerre

MÉTHODES PÉDAGOGIQUES UTILISÉES

Cours magistraux, exposés, explications, discussions, maquettes d'avions et d'hélicoptères, acétates, vidéos, photographies, pièces d'aéronefs, balances, manomètres, expériences et manipulations sur des souffleries subsoniques et supersonique.

ÉVALUATION

Les interrogations de la partie laboratoire seront de type pratique et écrit à développement et/ou à choix multiples, sur chacune des expériences.

Critères d'évaluation :

- L'exactitude des réponses et du raisonnement sera évalué.
- La cohérence, la clarté des idées et le choix judicieux du vocabulaire spécialisé seront évalués.

Pondération du laboratoire :

RAPPORTS	EXAMENS	
Examens	Points	Sujets
#1	/15	Lab 1, 2, 3, 4, 5, 6
#2	/15	Lab 7, 8, 9, 10
Intérêt/participation/dynamisme	/10	
Total	/40	

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ROSKAM, Jan Dr., **Airplane Aérodynamique**, Roskam Aviation and Engineering Corporation, Lawrence, Kansas, University of Kansas, 1990, 550 p..
- 2) HURT, H. H., **Aerodynamics for naval aviators**, USA, University of Southern California, 1965, 416 pages.
- 3) KERMORE, A.C., **Mécanique du vol**, Traduction par Didier Feminier, Outremont, Modulo, C 1972, 515 pages.
- 4) CAUVIN, D., **Aérodynamique mécanique du vol**, Paris, Institut aéronautique Jean Mermoz, 1979, 281 pages.
- 5) GILES, R.V., **Low-Speed Wind Tunnel Testing**, USA, John Wiley & Sons, Mcgraw-Hill, 1984, 535 pages.
- 6) GILES, R.V., **Mécanique des fluides et hydrauliques**, cours et problèmes, Série Schaum, Toronto, Mcgraw-Hill, 1975, 272 pages.
- 7) Rice, . **Handbook of airfoil sections for light aircraft**.
- 8) Flying magazine.

RÈGLES ET MESURES DE SÉCURITÉ POUR LE LABORATOIRE

- 1) Ne pas toucher à la balance de la soufflerie Eiffel.
- 2) Ne pas fumer dans le laboratoire.
- 3) Ne pas apporter des aliments dans le laboratoire.
- 4) Ne pas se servir d'une machine (soufflerie) qu'avec autorisation et entente préalables avec le groupe de travail.
- 5) Ne se servir des machines (soufflerie) qu'avec connaissance de leurs modes de fonctionnement.
- 6) Ne pas se tenir ou passer derrière le jet d'air d'une soufflerie car il peut y avoir éjection d'objet.
- 7) Si vous portez des lentilles cornéennes, évitez de vous placer dans le courant d'air généré par la soufflerie car cela peut favoriser l'assèchement de votre oeil.
- 8) Tout accident doit être rapporté au personnel autorisé.

P.S. : Aviser immédiatement votre professeur de toute blessure, même légère, indiquer la gravité de la blessure et les circonstances qui y sont impliquées. Si les mesures de premiers soins ne peuvent suffire sur place, le gardien doit être avisé immédiatement afin de suivre les procédures du Collège à cet effet.

- 9) F.O.D. (Foreing Object Damaged) (Dommage par Objets Étrangers): Les objets oubliés volontairement ou non à l'intérieur d'une soufflerie peuvent causer des dommages importants.
- 10) Nettoyer et ranger le laboratoire après chaque cours.

ÉVALUATION SOMMATIVE

Théorie :

1^{er} examen : CHAPITRE I : STATIQUE ET DYNAMIQUE

→ Reconnaître les propriétés physiques des fluides	5%
→ Déterminer les réactions produites sur les propriétés	5%
→ Calculs	5%
TOTAL :	15%

2^{ème} examen : CHAPITRE II : PROFILS AÉRODYNAMIQUES

→ Distinction des facteurs qui influencent la traînée	1%
→ Distinction des différents types de traînée et moyens utilisés pour les réduire	2%
→ Évaluation du comportement de la couche limite sous diverses conditions	1%
→ Calculs de traînée	1%
→ Distinction des moyens utilisés pour augmenter le CL et la portance	1%
→ Interprétation des courbes caractéristiques d'une aile	1%
→ Évaluation d'un profil aérodynamique selon la classification NACA	1%
→ Comparaison des différentes caractéristiques des profils d'ailes	1%
→ Comparaison des différentes caractéristiques des formes en plan d'ailes	1%
→ Calculs de portance sur un aéronef	1%
→ Calculs de moment sur un avion	1%
→ Comparaison des caractéristiques des aéronefs	2%
TOTAL :	15%

3^{ème} examen : CHAPITRE III : PROPULSION

→ Description géométrique de l'hélice	2%
→ Explication de la cinématique de l'hélice	2%
→ Explication de l'origine de la propulsion	2%
→ Description vectorielle de la cinématique de l'hélice sous différents modes	2%
→ Distinction des facteurs qui influencent le T, C, P et η d'une hélice	2%
→ Calculs de force tractive ou propulsive	2%
→ Calculs de puissance	2%
→ Choisir une hélice	1%
TOTAL :	15%

4^{ème} examen : CHAPITRE IV : PERFORMANCES

→ Description vectorielle des configurations de vol	2%
→ Distinction des facteurs qui influencent chacune des configurations de vol	2%
→ Distinction des facteurs de performances des avions à hélices et à réactions	2%
→ Calculs de vitesse, de pression et de masse volumique pour un vol d'essais	2%
→ Calculs de vitesse, d'angles, de rayon d'action et d'endurance	2%
→ Distinction des facteurs de performances des avions transsonique et supersonique	2%
→ Comparaison des performances d'aéronefs	3%
TOTAL :	15%

Laboratoire :

1^{ier} examen : LABORATOIRE 1-2-3-4-5-6

→ Utilisation de la balance L1	1%
→ Conception d'un montage Pitot-statique L2	1%
→ Calculs de pression, de vitesse et de débit L2.....	1%
→ Détermination et calcul de la pression dynamique L2	1%
→ Calculs de vitesse réelle et théorique L3	1%
→ Détermination de la portance et de la traînée L4	1%
→ Calcul de la traînée de forme d'un disqueL4	1%
→ Calcul du CD d'une forme L4.....	1%
→ Représentation, description et comparaison des pressionsL6.....	1%
→ Calcul du CD d'un disque à partir de la distribution des pressionsL5	1%
→ Détermination de la position du point de stagnation L6	1%
→ Conception d'un montage permettant de mesurer la traînée d'un objet L4	1%
→ Analyse de l'influence produite par l'angle d'attaque sur les pressions L6.....	1%
→ Utilisation du graphique d'étalonnage de la soufflerie L3.....	1%
→ Analyse des pressions et de l'écoulement lors du décrochage L6.....	1%
TOTAL	15%

2^{ième} examen : LABORATOIRE 8-9-10

→ Détermination de l'angle de décrochage L8 à 10.....	1%
→ Calculs de la traînée, portance, moment, CD ,CL et CM L8 à 10.....	1%
→ Calculs de C_m et de C_{mac} L8 à 10.....	1%
→ Analyse des variations apportées par l'allongement et les Winglets.....	1%
→ Représentation, description et comparaison des courbes caractéristiques L8 à 10.....	1%
→ Analyse des variations apportées par AR L8	1%
→ Analyse des variations apportées par ER et CR L9.....	1%
→ Détermination de la poussée ou de la traction.....	1%
→ Détermination du RPM, de la puissance active.....	1%
→ Calculs de la force propulsive, du rendement et de la vitesse d'avance d'avance.....	3%
→ Calcul de vitesse tangentielle, pas expérimental,	2%
→ Vitesse d'avance optimale à partir de la transparence	1%
TOTAL :	15%