Programme d’examens de génie aéorspatial/aéronautique

Examens du groupe A (sept sur huit requis)

20-Aero-A1 Aérodynamique [Aero I]

Forces et moments aérodynamiques, centre de poussée et centre aérodynamique, similitude des écoulements, lois de conservation, concepts des écoulements, équation de Bernoulli et ses applications, équation de Laplace et écoulements élémentaires, écoulements descendants et ascendants autour d’un cylindre de section circulaire, théorème de Kutta-Joukowski, méthode des panneaux sources, nomenclature et caractéristiques des profils, condition de Kutta, théorème de la circulation de Kelvin, théorie classique des profils minces s’appliquant aux profils symétriques et cambrés, méthode des panneaux tourbillons, estimation du frottement pariétal pour les profils, déflexion vers le bas et traînée induite, concept de filet tourbillon, loi de Biot-Savart, théorèmes de Helmholtz, théorie de la ligne portante de Prandtl pour les ailes elliptiques et non elliptiques. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Anderson, J. D., Jr., Fundamentals of Aerodynamics. Sixth edition, New York, NY: McGraw-Hill Education, 2017.

20-Aero-A2 Mécanique et performance du vol [Aero II]

Concepts de base de l’aérodynamique des aéronefs (portance et traînée, propriétés géométriques et d’inertie), propulsion (puissance et poussée). Équations du mouvement liées au vol stabilisé et en accélération. Méthodes d’estimation de la performance des aéronefs en lien avec le décollage, la montée, la croisière, le virage et la descente. Compromis entre distance franchissable et autonomie dans la conception des aéronefs. Modèles mathématiques liés à l’analyse de la performance des aéronefs. Méthodes de calcul des facteurs de charge, diagrammes V-n et enveloppes de vol. Modélisation et évaluation du mouvement longitudinal, latéral et directionnel et manœuvrabilité. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Anderson, John D., Aircraft Performance and Design, McGraw-Hill, 1999.
- Roskam, J. and Lan, C.-T., Airplane Aerodynamics and Performance, DARcorporation, 1997.
- Sadraey, Mohammad H., Aircraft Performance, An Engineering Approach, CRC Press, 2017.
- Shevell, R.D., Fundamentals of Flight, Prentice Hall, 1989.

20-Aero-A3 Structure et conception d’aéronefs

Analyse et conception des structures aéronautiques comprenant les critères de conception, conception des composants structurels, charges aéronautiques et chemins de charge, matériaux aéronautiques incluant les matériaux métalliques et composites, conception sous charge statique – flambage et déformation, joints mécaniques, durabilité et détérioration non dangereuse, analyse pratique des contraintes aéronautiques et considérations de conception, certification de la structure – vieillissement et réparations. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Megson, T.H.G. Aircraft Structures for Engineering Students, Butterworth-Heinemann.
- [Exemples complémentaires] Bruhn, E.F., Analysis and Design of Flight Vehicle Structures, Jacobs Publishing.
- { Exemples complémentaires] Peery, D.J. & J.J. Azar, Aircraft Structures, McGraw Hill.

20-Aero-A4 Propulsion

Thermodynamique et dynamique des fluides : conservation de masse, de quantité de mouvement et d'énergie, écoulement compressible, écoulement isentropique, transfert de chaleur. Hélices : théorie de la quantité de mouvement appliquée aux hélices, théorie de l'élément de pale, triangle des vitesses, paramètres de performance. Moteurs à combustion interne : allumage par étincelle, allumage par compression, suralimentation. Moteurs à réaction : analyse du cycle des turboréacteurs, conception de la buse d'entrée, conception des compresseurs, compresseurs centrifuges; turbines axiales, chambres de combustion, turbines, chambres de postcombustion, tuyères, analyse du cycle des réacteurs à double flux, analyse du cycle des turbopropulseurs, statoréacteurs, superstatoréacteurs. Moteurs-fusées : poussée et impulsion spécifique, théorie et configuration de la tuyère, appareils de vol, fusées à propulsion chimique, principes fondamentaux des propergols liquides, circuits réacteurs, fusées à poudre et propergols solides, fusées hybrides, conception des moteurs-fusées, propulsion électrique, jets des moteurs-fusées. Circuits de carburant des aéronefs. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Farokhi, Saeed, Aircraft Propulsion, Wiley.
- Hill, Philip G. & Carl Peterson, Mechanics and Thermodynamics of Propulsion, Prentice-Hall.
- Sutton, G. Rocket Propulsion Elements, Wiley.

20-Aero-A5 Matériaux aérospatiaux

Propriétés, comportement et méthodes de fabrication des matériaux aérospatiaux utilisés dans les structures aérospatiales, les structures tridimensionnelles et les composants de propulsion, notamment les métaux, les polymères, les composites et les céramiques. Intégrité, sélection et contrôle des matériaux en conditions extrêmes et rentrée atmosphérique.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Kalpakjian, S. & S. Schmid, Manufacturing Engineering Technology, Pearson.
- Callister Jr., W. & D.G. Rethwisch, Materials Science and Engineering, Wiley.

20-Aero-A6 Stabilité et contrôle

Rappel des forces et des moments liés à l'aérodynamique des aéronefs (portance et traînée, propriétés géométriques et d'inertie), propulsion (puissance et poussée), vitesse aérodynamique et attitude de vol. États d'équilibre; effets physiques de l'aile, du fuselage et de la queue sur le mouvement de l'aéronef. Dérivées de stabilité; stabilité longitudinale statique, notamment la rigidité du tangage, le point neutre et le compensateur de profondeur. Stabilité latérale statique, notamment le couple de lacet et de roulis, l'alimentation direction et le lacet inverse. Exigences de certification en matière de stabilité latérale statique. Analyse de la réponse à court terme aux perturbations de l'équilibre dynamique (stabilité), notamment les équations linéarisées s'appliquant à l'analyse des perturbations faibles. Caractéristiques dynamiques des réponses libre et forcée, dynamique latérale et longitudinale. Fréquences naturelles et amortissement, mouvement longitudinal en mode phugoïde, instabilité latérale et du roulis. Configurations des aéronefs et leurs liens avec les dérivées de stabilité et les mouvements longitudinal, latéral et directionnel. Réponse à moyen terme aux commandes, états d'équilibre, compensation longitudinale, latérale et directionnelle. Qualités de manœuvrabilité (de vol) dans toutes les conditions de vol. Méthodes et systèmes de contrôle mettant l'accent sur la stabilisation des appareils de vol par l'utilisation de techniques de contrôle conventionnelles et modernes; techniques de contrôle pour la stabilisation des aéronefs initiées ou non par le pilote. Capteurs, actionneurs, systèmes d'augmentation de la stabilité et de contrôle dynamique. Stabilité, dynamique et contrôle des ADACV pendant la transition du vol stationnaire au vol vers l'avant; sensibilité des paramètres; et analyse de qualité de vol d'un aéronef dans différentes conditions de vol. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Etkin, Bernard & Lloyd Duff Reid, Dynamics of Flight, Stability and Control, McGraw-Hill.
- Nelson, Robert C., Aircraft Stability and Automatic Control, McGraw-Hill.

20-Aero-A7 Mécanique des fluides

Mécanique des fluides dans un contexte de performance et de contrôle en aérospatiale. Cinématique : mouvement des fluides, accélération, équations d'Euler, écoulements irrotationnels et potentiels. Équation de Bernoulli. Approche du volume de contrôle et conservation de la masse, équation de continuité. Conservation de la quantité de mouvement et ses applications, équations de Navier-Stokes. Conservation de l'énergie : énergie, travail, puissance; lignes piézométrique et d'énergie. Analyse dimensionnelle et similitude : théorème π de Buckingham, analyse dimensionnelle, modélisation. Écoulements laminaires : description de la couche limite, couches limites laminaire et turbulente, effets du gradient de pression sur la couche limite. Écoulements en conduites; écoulements laminaire et turbulent en conduites; diagramme de Moody, pertes en conduites. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction. Analyse différentielle des écoulements de fluides, vorticité, fonction de courant, efforts et contraintes. Écoulement autour de corps immergés, couches limites, décollement et épaisseur. Traînée, portance et applications. Introduction aux écoulements compressibles, à la vitesse du son, au cône de Mach et à certaines caractéristiques des écoulements supersoniques.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Munson, Brucet R., Theodore H. Okiishi, Wade W. Huebsh, & Alric P. Rothmayer, Fundamentals of Fluid Mechanics, Wiley.
- White, F., Fluid Mechanics, McGraw-Hill.

20-Aéro-A8 Thermodynamique

Thermodynamique dans un contexte de systèmes aérospatiaux. Systèmes, états et propriétés thermodynamiques; volume spécifique, pression et température, procédés et équilibre. Premier principe de la thermodynamique; énergie d'un système; transfert d'énergie thermique, bilan énergétique des systèmes fermés, analyse énergétique des cycles. Deuxième principe de la thermodynamique; procédés irréversibles et réversibles; application aux cycles thermodynamiques; échelle de température Kelvin; mesures du rendement maximal pour des cycles fonctionnant entre deux réservoirs; cycle de Carnot. Entropie : inégalité de Clausius, définition du changement d'entropie, bilan entropique des systèmes fermés, processus entropiques; transfert de chaleur et travail au cours de processus en régime d'écoulement permanent réversibles en interne. Systèmes à essence : moteurs à combustion interne; cycle Otto standard de l'air; cycle Diesel standard de l'air; centrales électriques équipées de turbines à gaz; cycle de Brayton standard de l'air. Mélanges de gaz, gaz et vapeurs, procédés de conditionnement de l'air. Combustion et équilibre de combustion. Applications de la thermodynamique aux systèmes de production et d'utilisation d'énergie : étude des cycles de base et avancés de compression des gaz, des moteurs à combustion interne, de la production d'énergie à partir de vapeur, des turbines à gaz et de la réfrigération. Gaz réels.

Thermodynamique de la haute atmosphère et des véhicules de rentrée; rayonnement dans le cadre du contrôle thermique des engins spatiaux; rayonnement des corps noir, gris et réel; émissivité et absorptivité; coefficients géométriques; émittance et radiosité; rayonnement en espace clos; loi de Stefan-Boltzmann, loi de Planck et loi du déplacement de Wien s'appliquant au rayonnement thermique produit par un corps noir. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Cengel , Y.A. & M.A. Boles, Thermodynamics: An Engineering Approach, McGraw-Hill.
- Noran, M. & H. Shapiro, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, Wiley.

Examens du groupe B (trois requis)

20-Aero-B1 Aéroélasticité

Triangle des forces de Collar, notion de stabilité, vibrations libres et forcées d'un système à un degré de liberté, divergence et inversion des gouvernes d'ailes rigides sur appuis élastiques, théorie BEM, divergence et inversion des gouvernes d'ailes uniformes flexibles, efficacité du roulis, répartition des charges aérodynamiques sur des ailes uniformes flexibles, modèle d'une section typique, théories aérodynamiques stationnaire, quasi stationnaire et instationnaire de Theodorsen appliquées à un modèle de section typique

de tangage-pilonnement, méthodes d'analyse du flottement (méthode *p*, analyse du flottement classique, méthode *k*, méthode *p-k*), caractéristiques des limites de flottement. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Hodges, D. H., Pierce, G. A., Introduction to Structural Dynamics and Aeroelasticity, Second edition, NY: Cambridge University Press, 2011.

20-Aero-B2 Certification, normes et réglementation

Vue d'ensemble de la réglementation et des normes de Transport Canada et d'autres agences internationales (p. ex., la FAA et l'AESA). Conception des systèmes d'aéronef comprenant les exigences relatives à la définition de type de l'aéronef (Canada), à la certification de type (FAA), à la réglementation, aux critères de conformité et à leur respect. Approches d'élaboration de règlements fondée sur le risque et d'évaluation des dangers. Certification et vérification de logiciels critiques pour la sécurité. Catégories d'aéronefs et réglementation connexe. Réglementation de navigabilité en vigueur, notamment l'entretien et la réparation. Délégation de pouvoir; approbation de la conception, fabrication, organisations d'exploitation et d'entretien comprenant la délégation de pouvoir. Délivrance de permis et formation des personnes, notamment l'équipage de conduite et le personnel d'entretien. Sécurité des opérations aériennes et réglementation relative au contrôle de la circulation aérienne et à l'espace aérien canadien. Considérations environnementales, systèmes télépilotés et processus d'élaboration d'une nouvelle réglementation.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- De Florio, Filippo, Airworthiness: An Introduction to Aircraft Certification and Operations, Butterworth-Heinemann.

20-Aero-B3 Méthodes numériques

Racines d'équations algébriques et transcendantes; approximation de fonctions; différentiation numérique; intégration numérique; résolution de systèmes d'équations linéaires, ajustement de courbe, interpolation polynomiale et splines. Techniques de calcul et algorithmes de pointe pour la résolution d'équations différentielles ordinaires et partielles, de systèmes non linéaires et de problèmes d'optimisation avec ou sans contraintes; analyse d'erreurs et exécution rapide de ces algorithmes utilisés pour des applications aérospatiales comme les aérostructures, l'aérodynamique, la dynamique et le contrôle, et les systèmes aérospatiaux.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Chapra, S.C. & R. P. Canale, Numerical Methods for Engineers, McGraw-Hill.
- Rao, S.S., Applied Numerical Methods for Engineers and Scientists, Pearson.
- Subramaniam Gilat & V. Subramaniam, Numerical Methods for Engineers and Scientists, Wiley.

20-Aero-B4 Aérodynamique avancée

Écoulement compressible : propagation des ondes en milieu compressible, écoulement isentropique d'un gaz parfait, écoulement en tuyère convergente-divergente, tuyères de Laval, diffuseurs. Ondes de choc : ondes de choc normales, ondes de choc obliques, ondes de choc réfléchies, ondes de détente, entrées supersoniques, écoulement de Prandtl-Meyer. Écoulement linéarisé : écoulement transsonique, correction de compressibilité, nombre de Mach critique. Aérodynamique : loi des aires, profils d'aile supercritiques, surfaces portantes, corps fuselés. Écoulement hypersonique : écoulement réactif, couches d'arrêt minces, lois de Newton. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Anderson, J.D., Modern Compressible Flow, McGraw-Hill.
- Anderson, J.D. Fundamentals of Aerodynamics, McGraw-Hill.

20-Aero-B5 Conception d’interfaces personne-machine

Introduction à l’ingénierie des systèmes personne-machine dans le domaine aérospatial. Perceptions sensorielles humaines et modèles de traitement de l’information. Psychologie du traitement de l’information et de la perception. Mise en œuvre du contrôle des aéronefs : gouvernes et fonctionnement, développement de la poussée et son contrôle; concepts de base et avancés en équipements électroniques de bord et en systèmes d’aéronefs, notamment le cadre et la conception des équipements électroniques de bord; pilotes automatiques, leurs algorithmes, problèmes dynamiques et interactifs; instruments de vol, principes de fonctionnement et dynamiques; interface équipage-avion, écrans et interaction personne-machine; plans du poste de pilotage – configuration de base, conception ergonomique, forces du champ de commande; VTH; systèmes de gestion de vol et dispositifs de communication; introduction à la simulation de vol : vue d’ensemble des simulateurs visuel, audio et de mouvement; concepts avancés en simulation de vol; Matlab/Simulink; caractéristiques et performance des systèmes asservis linéaires; systèmes adaptatifs. Intégration des logiciels à la formation de l’équipage et transparence au niveau des systèmes de contrôle automatisés.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Martinussen, M. & D. R. Hunter, Aviation Psychology and Human Factors, CRC Press.
- Salas, Eduardo & Dan Maurino, Human Factors in Aviation, Academic Press.

20-Aero-B6 Instrumentation et mesure

Connaissance de la conception des nombreuses chaînes de traitement du signal requises par les applications aérospatiales, depuis le capteur, la transmission, le traitement et le conditionnement jusqu’à leur utilisation dans les équipements électroniques de bord et les écrans. Caractérisation de chaque étape du processus du point de vue de la performance, de la production d’erreurs et du conditionnement requis d’un signal (p. ex., la mesure de grandeurs physiques); caractéristiques statiques et dynamiques des instruments – étalonnage, linéarité, précision, exactitude, et biais et dérive en sensibilité; sources d’erreurs; planification expérimentale; techniques d’analyse de données; génération de signaux, acquisition et traitement; principes et conception de systèmes de mesure de la position, de la vitesse, de l’accélération, de la pression, de la force, de la contrainte, de la température, du débit et de la détection de proximité.

Traitement à temps discret de signaux continus dans le temps. Systèmes linéaires invariants dans le temps (LIT). Réponse impulsionnelle et convolution. Représentation des signaux et des systèmes par transformée de Fourier. Structures de base des filtres à réponses impulsionnelles finie et infinie. Simulation assistée par ordinateur avec MATLAB.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- Mandal, Mrinal & Amir Asif, Continuous and Discrete Time Signals and Systems, Cambridge University Press
- Oppenheim, V. & R. W. Schafer, Discrete-Time Signal Processing, Prentice Hall.

20-Aero-B7 Mécanique orbitale/Dynamique d’attitude

Problème à deux corps de Kepler : lois de Kepler, éléments orbitaux, orbitographie. Perturbations orbitales : aplatissement de la Terre, freinage atmosphérique. Manœuvres orbitales et vols interplanétaires, vol en formation d’engins spatiaux. Applications des méthodes de Newton et de Lagrange au mouvement orbital et à l’évolution d’attitude; éléments orbitaux, perturbations orbitales, procédure de conception de la trajectoire interplanétaire, manœuvres orbitales; transformation de la coordination; conception de la dynamique d’attitude (dynamique et stabilité d’attitude des engins spatiaux) et des régulateurs des engins spatiaux. Utilisation de la modélisation numérique comme outil de conception et de prédiction.

Manuels de référence (l’édition la plus récente est recommandée) :

- J.E. Prussing and B.A. Conway: Orbital Mechanics – Oxford University Press
- V.A. Chobotov: Orbital Mechanics - AIAA Education Series
- M.J. Sidi: spacecraft Dynamics and Control – Cambridge University Press

20-Aero-B8 Conception des engins et des systèmes spatiaux

Analyse des missions spatiales; implications pour les systèmes et les missions; missions d'exploration; environnement spatial et ses impacts sur la conception des engins spatiaux; structures et mécanismes des engins spatiaux; propulsion et lancement des engins spatiaux; charges utiles des engins spatiaux (télédétection, systèmes d'imagerie, instruments d'astronomie, etc.); thermorégulation des engins spatiaux; systèmes d'alimentation électrique des engins spatiaux; communications.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Aguirre, M.A., Introduction to Space System Design and Synthesis, Springer.
- Fortescue, P. Spacecraft Systems Engineering, Wiley.
- Wertz, J.R., Space Mission Analysis and design, Microcosm Press.

20-Aero-B9 Environnement spatial

Haute atmosphère et ionosphère, oxygène de l'air et UV, système solaire, vent solaire, champs gravitationnels, freinage atmosphérique, champs électriques et magnétiques, milieu terrestre et ses impacts sur la conception des engins spatiaux, effet du rayonnement, actions thermiques, interactions avec le plasma, contamination et charge de surface, débris spatiaux.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Pisacane, A., The Space Environment and Its Effects on Space Systems, AIAA.

20-Aero-B10 Systèmes de communications aérospatiales

Systèmes de communications aérospatiales analogiques et numériques, notamment les radios de l'équipage, les systèmes de données de maintenance, les liaisons de données par satellite. Radiocommunications; bilan des liaisons et performances, communications terrestres et par satellites.

Principes fondamentaux; décibel, intermodulation, compression à 1 dB, plage dynamique, S/B, facteur de bruit, température de bruit, gain d'antenne, PIRE, G/T. Liaisons à vue; récepteur, diversité, marge d'évanouissement. Liaisons par satellite; calculs de bilan de liaison, accès multiple, stations terriennes. Liaisons par fibre optique, types de fibres, sources, détecteurs, systèmes.

Rappel des signaux, des systèmes linéaires et de la théorie de Fourier; largeur de bande et spectres des signaux; codage numérique des formes d'ondes; introduction aux systèmes de modulation analogiques et numériques; synchronisation; caractérisation et effets du bruit; bilans de liaison; supports et circuits de communication; applications aux systèmes de communication actuels.

Communications analogiques et multiplexage fréquentiel; modulation par impulsions et codage et multiplexage temporel; bruit blanc gaussien additif; récepteurs à filtre adapté et à corrélation; récepteur à vraisemblance maximale et probabilité d'erreur; brouillage entre symboles, filtre de mise en forme des impulsions; analyse des signaux dans l'espace; borne union sur la probabilité d'erreur; systèmes de communication à bande passante; systèmes de communication cohérent et non cohérent. Introduction à la synchronisation.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Black, B. A. et al, Introduction to Wireless Systems, Prentice Hall.
- Sklar, Bernard, Digital Communications: Fundamentals and Applications, Prentice Hall.
- Haykin, Simon & Michael Moher, Introduction to Analog and Digital Communications, Wiley.
- Haykin, Simon Communication Systems, Wiley
- Lathi, B.P., Signal Processing and Linear Systems, Oxford University Press.
- Haykin, Simon & Barry Van Veen, Signals and Systems, Interactive Solutions, Wiley.
- Couch, Leon W., Digital and Analog Communication Systems, Prentice Hall.
- Lathi, B. P., Modern Digital and Analog Communication Systems, Oxford University Press.
- Tooley, Mike & David Wyatt, Aircraft Communications and Navigation Systems, Routledge.

20-Aero-B11 Électromagnétique et compatibilité électromagnétique

Contrôle des émissions et des susceptibilités rayonnées et par conduction. Mécanismes de filtrage des champs électriques et magnétiques. Circuits numériques et analogiques comme sources de bruit. Blindage et enceintes, mécanismes de filtrage des champs électriques et magnétiques, efficacité du blindage, considérations de mise à la terre, métallisation et sécurité des circuits de carburant. Installations d'essais de CEM, cages de Faraday, cellules à mode électromagnétique transverse (TEM), signaux et spectres, intermodulation, transmodulation, analyseur de spectre. Bruit et bruit pseudoaléatoire, performance sur le plan du bruit des systèmes de mesure et récepteur, bande passante équivalente de bruit, facteur de bruit, température de bruit d'antenne et S/B.

Dangers causés par le rayonnement électromagnétique pour les munitions (HERO) et les aéronefs. Lignes de transmission couplées. Modes de couplage. Impact des interférences électromagnétiques sur les systèmes de commande et de gestion de vol.

Intégration des systèmes du point de vue de la CEM. Plans de contrôle et spécifications CEM. Essais de certification CEM (461/462, CISPR, UE, FCC, FAR/RAC). Mise à la terre, métallisation, blindage. Résistance à la foudre et à la décharge électrostatique. CEM et environnement spatial. CEM et systèmes critiques de sécurité des vols. Modèles et simulation de menaces CEM.

Contrôle des menaces de foudre, champs de rayonnement à haute intensité, phénomènes atmosphériques, contrôle de la répartition des charges sur les véhicules aérospatiaux. Renforcement des systèmes aérospatiaux. Menaces de l'environnement spatial et quasi spatial. Interférences provenant des appareils électroniques utilisés par les passagers. Techniques en compatibilité électromagnétique.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Hayt, William H. & John A. Buck, Engineering Electromagnetics, McGraw Hill.
- Ott, H.W., Electromagnetic Compatibility Engineering, Wiley.
- Paul, C.R., Introduction to Electromagnetic Compatibility, Wiley.
- Perez, R.J., Handbook of Aerospace Electromagnetic Compatibility, Wiley.
- Ulaby, Farwwaz, Fundamentals of Applied Electromagnetics, Prentice Hall.

20-Aero-B12 Systèmes de navigation

Théorie et analyse des instruments de navigation électroniques modernes, systèmes de communication et radar, aides à l'atterrissage, systèmes embarqués, émetteurs et aire de rayonnement de l'antenne; bruit et pertes, détection de cibles, traitement numérique, systèmes et technologie d'affichage; démonstration des équipements électroniques de bord à l'aide d'un simulateur de vol. Systèmes de coordonnées géodésiques et cartographiques.

Intégration des équipements électroniques de bord; rappel de la géométrie de la Terre et des lois de Newton; capteurs et systèmes de navigation inertielle (INS)/gyrolaser; erreurs et incertitude en navigation; système de localisation GPS; GPS différentiel et de suivi des transporteurs; systèmes terrestres de radionavigation; filtrage de Kalman; intégration des systèmes de navigation à l'aide du filtrage de Kalman; intégration du GPS et de l'INS à l'aide du filtrage de Kalman.

Intégration des systèmes de navigation aux systèmes d'aéronef. Systèmes de navigation hors terre. Systèmes de navigation et de contrôle insensibles aux défaillances. Radars de cartographie aéroporté, Doppler et multimode. Systèmes intégrés de communication et de navigation.

Manuels de référence (l'édition la plus récente est recommandée) :

- Farrell, Jay, Aided navigation: GPS with high rate sensors, McGraw Hill.
- Kayton, Myron, Avionics Navigation Systems, Wiley.
- Moir, I., A. Seabridge, & M. Jukes, Civil Avionics Systems, Wiley.
- Moir, I. & A. Seabridge, Aircraft Systems, Wiley.
- Tooley, Mike & David Wyatt, Aircraft Communications and Navigation Systems, Routledge.