Programme d'examens de génie mécanique

Programme d’examens de génie mécanique

Groupe A — Examens obligatoires (six exigés, A1 à A5 et A6 ou A7)

22-Méc-A1 Thermodynamique appliquée et transfert de chaleur

Thermodynamique : révision des lois fondamentales de la thermodynamique, notions fondamentales de psychométrie et analyse du cycle idéal des compresseurs de gaz, du cycle de Rankine, du cycle d’Otto, du cycle de Diesel, du cycle de Brayton et du cycle de réfrigération par compression de vapeur.

Transfert de chaleur : application des principes du transfert de chaleur par conduction continue et transitoire, du transfert de chaleur par convection naturelle et forcée et du transfert de chaleur par rayonnement. Analyse thermique des échangeurs de chaleur.

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

- Moran, M.J., H.N. Shapiro, B.R. Munson and D.P. DeWitt, Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer, John Wiley and Sons.
- Sami Ammar, Jean-Yves Trépanier, Massimo Cimmino, Transmission de chaleur : Recueil de formules, Presses internationales Polytechnique.
- Yunus A. Çengel, Mehmet Kanoğlu, Michael A. Boles, Marcel Lacroix, Thermodynamique : une approche pragmatique, Chenelière Éducation.

22-Méc-A2 Cinématique et dynamique des machines

Analyse cinématique et dynamique : méthodes analytiques et graphiques d’analyse cinématique des mécanismes dans l’espace et du mouvement élémentaire des corps dans l’espace; analyse statique et dynamique des forces dans les mécanismes; forces gyroscopiques; dynamique des machines alternatives; conception et calcul des mécanismes à cames et à engrenages.

Analyse des vibrations : vibration libre et forcée des systèmes non amortis et sous-amortis à masses concentrées à plusieurs degrés de liberté, techniques de solution analytiques et numériques, amortissement visqueux, isolation des vibrations, mesure et contrôle des vibrations.

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

- Inman, D.J., Engineering Vibrations, Prentice-Hall.
- Waldron, K.J., and Kinzel, G.L., Kinematics, Dynamics and Design of Machinery, John Wiley & Sons.

Partie « Analyse cinématique et dynamique », en français :

- J.L. Meriam, L.G. Kraige, J.N. Bolton, Mécanique de l’ingénieur : dynamique, Éditions Raynald Goulet.

22-Méc-A3 Analyse des systèmes et régulation

Contrôles à boucle ouverte et à rétroaction. Règles régissant les éléments de contrôle mécaniques, électriques, hydrauliques et thermiques. Modèles mathématiques des dispositifs de régulation mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques et électroniques. Schémas de principe, fonctions de transfert, réponse des servomécanismes aux signaux d’entrée typiques (échelon-unité, impulsion, harmonique), réponse en fréquence, diagramme de Bode, analyse et critères de stabilité.

Amélioration de la réponse d’un système par insertion d’éléments simples dans le circuit de commande. Régulation d’un procédé physique : commande proportionnelle, par intégration et par action différentielle. Théorie du calcul d’un contrôleur linéaire.

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

- Bissell, C.C., Control Engineering, Taylor & Francis.
- Franklin, G.F., Feedback Control of Dynamic Systems, Pearson.

22-Méc-A4 Conception et fabrication d'éléments de machines

Théorie et méthodologie de définition conceptuelle; examen des méthodes utilisées en analyse des contraintes; approche du coefficient de sécurité simple; charges variables; concentrations de contraintes; boulons et assemblages boulonnés; joints soudés; ressorts; conception des arbres et paliers; embrayages; freins et systèmes de freinage.

Le rôle, la détermination et les limites des procédés et des technologies de fabrication : moulage, profilage, usinage, soudage et assemblage; fabrication d'éléments composites, technologies de nano- et de micro-fabrication, traitement du caoutchouc, travail du verre, procédés de revêtement; sélection de procédés.

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

- Juvinall, Robert C., and Kurt M. Mershek, Fundamentals of Machine Component Design, Wiley.
- Groover, Mikell P., Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems, Wiley.

22-Méc-A5 Génie électrique et électronique

Circuits à courant continu, circuits monophasés et polyphasés. Circuits magnétiques et transformateurs (idéaux et pratiques), machines à courant continu : moteurs et génératrices. Machines à courant alternatif : moteurs à induction, moteurs synchrones et alternateurs. Correction du facteur de puissance. Dispositifs analogiques et numériques à semi-conducteurs. Amplificateurs et commutateurs à transistors. Dispositifs de puissance à semi-conducteurs, redresseurs, alimentations à courant continu et régulateurs de tension. Amplificateurs opérationnels et circuits d'application. Circuits logiques numériques combinatoires et séquentiels. Utilisation de l'instrumentation électronique, des systèmes de mesure et des transducteurs.

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

- Edminister, J. A., and M. Nahvi, Electric Circuits, Schaum's Outlines.
- Nasar, S., Electric Machines and Electromechanics, Schaum's Outlines.
- Rizzoni, G., Principles and Applications of Electrical Engineering, McGraw Hill.

22-Méc-A6 Machines hydrauliques

Analyse dimensionnelle et lois de similitude. Caractéristiques de rendement. Vitesse spécifique et choix de machines. Diagramme théorique des vitesses applicable aux turbines, aux compresseurs, aux pompes et aux ventilateurs. Caractéristiques et point de fonctionnement des systèmes et appariement d'une pompe à un réseau de tuyaux. Régulations des systèmes, énergie et transfert énergétique, analyse thermodynamique et définitions de l'efficacité. Analyse et rendement des systèmes bidimensionnels en cascade. Applications aux pompes, ventilateurs, compresseurs et turbines. Limites de rendement dues à l'instabilité de l'écoulement, au blocage et à la cavitation.

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

- Finnemore, E.J. & J.B. Franzini, Fluid Mechanics with Engineering Applications, McGraw-Hill.
- Dixon, S.L., Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery, Butterworth-Heineman.

22-Méc-A7 Résistance des matériaux avancée

Analyse des contraintes et des déformations : contraintes et déformations, transformations, contraintes principales, représentation graphique des cas à deux et à trois dimensions par les cercles de Mohr, loi de Hooke généralisée, y compris les contraintes thermiques, équations d'équilibre et de compatibilité, problèmes de déformations et de contraintes planes. Théories de rupture et analyse limite, charges critiques d'Euler pour les colonnes, poutres courbes, cylindres à parois épaisses et disques en rotation, contraintes de

contact, jauges de déformation et applications, concentrations de contraintes, introduction à la mécanique de la rupture.

Méthodes énergétiques : méthodes basées sur l'énergie de déformation, travail virtuel, théorème de Castigliano. Application aux pièces à charge axiale et aux pièces chargées en traction et en compression. Application aux problèmes hyperstatiques.

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

- Ugural, Ansel, & Saul Fenster, Advanced Strength & Applied Elasticity, Prentice Hall.
- Boresi, A.P., and R.J. Schmidt, Advanced Mechanics of Materials, John Wiley & Sons.

Groupe B — Examens facultatifs (trois exigés)

22-Méc-B1 Conception de machines avancée

Conception et analyse des contraintes pour les pièces mécaniques en présence de chocs, d'impacts, de forces d'inertie, de contraintes initiales et résiduelles, de milieux corrosifs, d'usure, de haute température (fluage) et de basse température (rupture fragile). Lubrification en régime hydrodynamique. Applications à la conception des paliers lisses, des vis à serrage assisté, des embrayages, des freins, des accouplements et des organes de liaison. Introduction aux méthodes probabilistiques en conception mécanique.

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

- Shigley and Mischke, Mechanical Engineering Design, McGraw Hill.

22-Méc-B2 Contrôle environnemental des bâtiments

Chauffage, ventilation et climatisation : psychrométrie, calcul des charges de chauffage et de refroidissement, confort, ventilation et distribution de l'air dans les pièces. Humidification et déshumidification, calcul des conduites et des ventilateurs, calcul de la tuyauterie et des pompes. Systèmes de chauffage, de ventilation et de refroidissement ainsi que leurs composants. Réfrigération.

Contrôle du bruit : caractéristiques des ondes sonores, instruments de mesure. Sources de bruit, absorption et transmission. Conditions en champ libre et réverbération. Techniques de contrôle du bruit dans les bâtiments.

Technologie de la gestion de l'énergie : utilisation de l'énergie dans les bâtiments, systèmes de contrôle et instrumentation, fonctionnement des systèmes d'éclairage, principes des analyses économiques et techniques, procédures de vérification énergétique.

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

- F.C. McQuinston & G.D. Parker, Heating, Ventilating, & Air Conditioning – Analysis & Design, John Wiley & Sons.
- Jennings, Environmental Engineering, International Test Book Co.

22-Méc-B3 Génération et conversion d'énergie

Sources de carburant et leurs caractéristiques : hydrocarbures, fission nucléaire. Réserves de combustibles. Application des cycles de la vapeur et du gaz à la génération d'énergie commerciale à grande échelle. Étude théorique et pratique des chaudières à combustibles fossiles, des réacteurs nucléaires, des turbines à gaz et à vapeur et des turbines hydrauliques. Méthodes pour améliorer l'efficacité de la conversion d'énergie dans les systèmes de production d'énergie. Méthodes de stockage d'énergie et leurs limites. Sources d'énergie renouvelables : éolienne, solaire, hydroélectrique, géothermique, chaleur des océans. Environnement et questions économiques.

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

- Weston, K.C., Energy Conversion, West Publishing Co. (accessible en ligne à http://onlinebooks.library.upenn.edu/webbin/book/lookupid?key=olbp33597).
- Khartchenko, Nikolai, Advanced Energy Systems, CRC Press Llc.

22-Méc-B4 Systèmes de fabrication intégrés

Automatisation de la production et rôle de l'informatique dans les systèmes modernes de fabrication grâce à un aperçu complet des applications des technologies avancées dans la fabrication et leur impact commercial sur les dimensions concurrentielles du coût, de la souplesse, de la qualité et de livrabilité. Parmi les matières abordées, mentionnons : les systèmes de fabrication cellulaire et flexible, les éléments fondamentaux de l'automatisation, la programmation de commandes numériques, la manutention et l'entreposage des matériaux, les véhicules à guidage automatique, les systèmes d'information sur la fabrication, la planification et le contrôle de la production, le repérage et la collecte de données automatiques, la production allégée et agile, la planification de procédé assistée par ordinateur et le contrôle de la qualité.

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

- Groover, Mikell P., Automation, Production Systems, and Computer-integrated Manufacturing, Prentice Hall.
- James Cao, William J. Stevenson, Marie-Claude Bolduc, Mehran Hojati, La gestion des opérations, Chenelière.

22-Méc-B5 Conception et développement de produits

Outils et méthodes modernes de conception et de développement créatifs de produits, notamment la recherche sur les produits, l'établissement de paramètres de conception, l'expérimentation et la mise au point d'options de conception, la visualisation, l'évaluation, la révision, l'optimisation et la présentation. Les matières abordées comprennent : le processus de conception technique, les processus et types d'organisation du développement, la planification des produits, la détermination des besoins des clients, les spécifications des produits, la génération de concepts, le choix des concepts, les prototypes, la conception robuste, la mise à l'épreuve des concepts, l'architecture des produits, la conception industrielle, la conception en vue de la fabrication, les brevets et la propriété intellectuelle, l'économie du développement des produits et la gestion des projets.

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

- Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger, Product Design and Development, McGraw Hill.

22-Méc-B6 Mécanique des fluides avancée

Révision des concepts de base; écoulement élémentaire bidimensionnel à potentiel, tourbillons et circulation, écoulement compressible à une dimension pour un gaz parfait, écoulement isentropique dans les tuyères, ondes de choc, écoulement compressible dans les conduites en présence de friction, équations des écoulements visqueux, couches limites laminaires et turbulentes. Équations de Bernouilli et de Navier-Stokes. Analyse dimensionnelle et lois de similitude.

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

- White, F.M., Fluid Mechanics, McGraw-Hill.
- Munson, Mécanique des fluides, Éditions Reynald Goulet.

22-Méc-B7 Aéronautique et vols spatiaux

Caractéristiques aérodynamiques du vol; mesure de la vitesse de l'air. Détermination des forces de portance et de traînée, en deux dimensions, à partir de l'énergie et de la pression; couches limites et forces de friction; analyse dimensionnelle, mesure des forces de portance et de traînée en soufflerie; forces de traînée induites et force de traînée totale de l'avion. Systèmes de propulsion : moteurs, turbopropulseurs, hélices; rendement des systèmes de propulsion; caractéristiques de puissance et de poussée. Performances des

avions; taux de montée, temps de montée, plafond, courbe de puissance requise, caractéristiques de charge utile et d'autonomie, virages, décollage et atterrissage; performances en vol, décrochage, comportement des structures, effet des rafales de vent. Stabilité et contrôle. Questions de lancement et de rentrée dans l'atmosphère pour les vols spatiaux.

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

- Anderson, J.D., Introduction to Flight, McGraw Hill.
- Barnes W. McCormick Aerodynamics, Aeronautics & Flight Mechanics, Wiley.

22-Méc-B8 Matériaux d'ingénierie

Propriétés mécaniques et applications des matériaux métalliques, non métalliques, polymères et composites. Matériaux résistant à des températures élevées, mécanismes à micro-échelle et à nano-échelle auxquels leurs propriétés uniques sont attribuables (p. ex. mobilité moléculaire et changements de phase).

Choix et mise à l'essai des matériaux. Mise à l'essai des matériaux d'ingénierie. Attention particulière aux matériaux utilisés en aéronautique, dans les véhicules de transport terrestre à vitesse élevée et aux applications sous-marines et spatiales.

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

- Ashby, Michael and D.R.H. Jones, Engineering Materials 1: An Introduction to Properties, Applications and Design, Butterworth-Heinemann.
- Ashby, Michael and D.R.H. Jones, Engineering Materials 2: An Introduction to Microstructures, Processing and Design, Butterworth-Heinemann.

22-Méc-B9 Structures industrielles avancées

Matériaux et mécanique. Modèles constitutifs de la représentation à macro-échelle de la réponse des matériaux aux charges mécaniques, aux variations de température, au champ électrique, etc. Effets des hautes températures et des basses températures. Théories de résistance pour les charges triaxiales, concentration de contraintes, résistance à la fatigue et limite d'endurance, comportement plastique, contraintes résiduelles, fluage et relaxation des contraintes. Propagation des fissures et rupture par fatigue. Conception et analyse des structures : torsion des coques et des poutres-caissons. Flexion des poutres à parois minces, à sections ouvertes ou fermées. Axe de flexion, retard de cisaillement (shear lag), effets des membrures et des éléments raidisseurs. Problèmes des cabines pressurisées, introduction au chargement dynamique, modes normaux, réponse aux charges dues à la turbulence et à l'atterrissage. Effets aéroélastiques, battement et oscillations.

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

- Dowling, Norman E., Mechanical Behavior of Materials, Prentice Hall.
- Megson, T.H.G., Aircraft Structures for Engineering Students, Butterworth-Heinemann.

22-Méc-B10 Analyse par éléments finis

Analyse statique linéaire : concepts fondamentaux, fonctions des formes, barres et poutres, formulations directe et fondée sur l'énergie, transformations de coordonnées simples, assemblage d'éléments, conditions limites, résolution d'équations. Formulations de modèles plans, charges équivalentes de travail. Formulation d'éléments isoparamétriques : matrice jacobienne, intégration numérique, calcul des contraintes moyennes. Modélisation, erreurs courantes, convergence, précision. Introduction aux solides en trois dimensions, solides de révolution, tôles et coques. Analyse thermique : formulation matricielle, réponse continue et transitoire. Introduction à la modélisation non linéaire et à ses procédures : non-linéarité des matériaux simples, raidissage sous contrainte, interfaces de contact.

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

- Cook, R.D., Finite Element Modeling for Stress Analysis, John Wiley & Sons.
- Logan, A First Course in Finite Element Method, P.W.S. Engineering.

22-Méc-B11 Acoustique et contrôle du bruit

Fonctionnement de l'appareil auditif, surdité acquise, normes et recommandations en acoustique. Principes fondamentaux et calcul du phénomène de l'acoustique. Instruments de mesure du bruit, sonomètre analytique de la fréquence du son. Réflectance et transmission acoustiques, caractérisation et choix des matériaux acoustiques. Acoustique des pièces, calcul préventif du niveau sonore dans les pièces. Propagation du son dans les conduits, conception de silencieux. Analyse du bruit et application de techniques de réduction.

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

- Barron, Randall F., Industrial Noise Control and Acoustics, Marcel Dekker.

22-Méc-B12 Robotique

Composants des robots (capteurs, actionneurs et effecteurs et leurs critères de sélection); grandes catégories de robots (manipulateurs série et parallèles, robots mobiles); analyse de mobilité/contrainte; analyse de l'espace de travail; cinématique des corps rigides (transformation homogène, angle et axe de rotation, angles d'Euler, coordonnées cylindriques et sphériques); cinématique et trajectoire des mouvements des manipulateurs (analyses des déplacements et des vitesses, relations différentielles, matrice jacobienne); détection/activation non redondantes et redondantes des manipulateurs; statique (force et rigidité) des manipulateurs; particularités; dynamique des manipulateurs.

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

- Craig, J.J., Introduction to Robotics: Mechanism and Control, Addison-Wesley Publishing Co.

22-Méc-B13 Biomécanique (04-Bio-A4)

Appareil locomoteur; caractéristiques générales et classification des tissus et des articulations. Détermination des propriétés mécaniques élastiques et viscoélastiques des tissus biologiques, dont celles des os, des cartilages, des ligaments et des tendons. Principes de viscoélasticité et de réponse viscoélastique des substances biologiques. Temps contrainte-déformation ou équations constitutives pour les éléments des tissus conjonctifs mous. Biomécanique et problèmes cliniques en orthopédie. Modélisation et analyse de la force des parties de l'appareil locomoteur. Cinématique active et passive. Propriétés mécaniques de substances biologiques et de matériaux issus du génie biomédical d'usage courant.

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

- Berger, S.A., W. Goldsmith and E.R. Lewis, Introduction to Bioengineering, Oxford University Press.
- Nordin, Margareta and Victor H. Frankel, Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System, Lippincott Williams & Wilkins.

22-Méc-B14 Dynamique computationnelle des fluides

Méthodes numériques de modélisation de l'écoulement des fluides : méthodes des volumes finis, des différences finies et des éléments finis, génération et indépendance du réseau, équations du ruissellement et leur discrétisation, techniques de solution et modélisation de la turbulence. Techniques de vérification et de validation. Post-traitement et méthodes de visualisation du ruissellement. Caractéristiques des codes commerciaux de dynamique computationnelle des fluides.

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

- Versteeg H. K., Malalasekera W., An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Pearson Education Limited.