

## **INTRODUCTION**

Le programme d'examens du Bureau canadien des conditions d'admission en génie (BCCAG) d'Ingénieurs Canada englobe 19 domaines du génie.

Le programme d'examens de chaque domaine se divise en deux catégories d'examens : les examens obligatoires et les examens facultatifs. L'ensemble complet d'examens de génie biomédical/biochimique comprend neuf examens de trois heures. Les examens exigés du candidat seront déterminés en fonction d'une évaluation de ses acquis universitaires. À la discrétion de l'association/ordre constituant, le candidat pourrait être tenu de subir des examens dans un domaine autre que le sien.

Avant de subir les examens rattachés à son domaine, le candidat devra avoir réussi les examens sur les matières de base ou avoir été dispensé de les subir.

L'association/ordre constituant fournira les détails portant sur la date de l'examen, les manuels, le matériel fourni ou exigé et indiquera si les examens ont lieu à livre ouvert ou non.

## **EXAMENS DE GÉNIE BIOMÉDICAL/BIOCHIMIQUE**

### **GROUPE A**

#### **EXAMENS OBLIGATOIRES (SIX EXIGÉS –) A1, A2 ET QUATRE DES SEPT AUTRES)**

##### **04-Bio-A1    Biomatériaux et biocompatibilité**

Structure et propriétés des solides amorphes. Concepts de physique et de chimie à l'origine des propriétés des matériaux. Biomatériaux polymériques. Biomatériaux métalliques. Biomatériaux à base de céramique. Matériaux composites. Propriétés des matériaux, dont le comportement mécanique, électrique, magnétique et thermique. Applications des biomatériaux dans des systèmes tissulaires et organiques. Lien entre la structure physique et chimique des matériaux et la réponse des systèmes biologiques. Choix, fabrication et modification des matériaux en vue d'applications biomédicales particulières. Traitement des biomatériaux. Dégradation des biomatériaux. Exigences relatives aux implants. Réactions hôte-implant, dont les processus de cicatrisation des plaies et les réactions inflammatoires. Fondements de physiologie et de biomécanique applicables aux implants destinés à des tissus mous. Conception de biomatériaux modifiés. Caractérisation des propriétés et de la surface des matériaux. Aspects réglementaires et éthiques de l'implantation et de la commercialisation de biomatériaux et de dispositifs médicaux.

##### **04-Bio-A2    Dynamique et régulation des procédés**

Modèles linéaires de systèmes et de procédés physiques, concept de fonction de transfert. Réponse transitoire de systèmes linéaires à des signaux d'entrée progressifs, en dents de scie ou sinusoïdaux. Diagrammes de Bode et analyse de la réponse des systèmes en fonction de la fréquence. Actions de commande par tout ou rien, proportionnelles, intégrales, dérivées et combinées. Analyse de la stabilité de systèmes en boucle fermée par la méthode du lieu des pôles et le critère de Nyquist. Commande par rétroaction et commande prédictive. Analyse de

l'espace d'états des systèmes de commande. Modélisation de systèmes non linéaires par les méthodes du plan de phase et des fonctions descriptives, stabilité des systèmes de commande faisant intervenir des éléments non linéaires, concept de cycles limites. Connaissances de base sur des systèmes de commande à données échantillonnées dont la transformée Z. Conception d'organes de commande numériques simples. Application des concepts de dynamique et de régulation des procédés à des systèmes biologiques, une attention particulière étant accordée à la physiologie neuronale et à l'homéostasie, ainsi qu'aux bioréacteurs.

#### **04-Bio-A3 Biologie cellulaire et moléculaire et biochimie**

Structure et fonction cellulaires, dont le transport et les signaux chimiques, l'adaptation de la structure et de la fonction. Emploi de microorganismes en biotechnologie. Biologie de la cellule procaryote. Structure chimique et physique des protéines, des enzymes, des acides nucléiques, des tissus conjonctifs et des os de l'échelle moléculaire à microscopique. Lien entre la structure chimique et physique des protéines et la fonction, dont la régulation de l'activité enzymatique. Technologie de l'ADN recombinant, dont le clonage, la mutagenèse dirigée, le séquençage de l'ADN et l'expression de gènes clonés. Développement et usage de protéines recombinantes comme traitements médicamenteux. Principes fondamentaux de l'action thérapeutique des protéines. Mutation régiospécifique de protéines. Interactions protéine-protéine et protéine-ADN, interactions récepteur-ligand, adhésion cellulaire, migration cellulaire, transduction de signaux, croissance et différenciation de cellules. Processus de maturation post-traductionnelle et sécrétion de protéines. Clonage et expression de gènes dans des cellules de mammifères.

#### **04-Bio-A4 Biomécanique**

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 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 passive et active. Propriétés mécaniques de substances biologiques et de matériaux issus du génie biomédical utilisés couramment.

#### **04-Bio-A5 Cinétique enzymatique et microbienne**

Principes de base des fondements du biotraitement, dont la cinétique des réactions enzymatiques et de la prolifération microbienne, la cinétique de la croissance des cellules en discontinu et en continu, la formation de produits et l'utilisation de nutriments, les bioréacteurs. Principes fondamentaux de génie biochimique. Catalyse enzymatique appliquée, technologie des enzymes immobilisées, cinétique de l'utilisation des substrats, formation de produits et fabrication de biomasse dans la culture de cellules de même que dans la culture en discontinu et en continu. Applications de génie biochimique.

#### **04-Bio-A6 Anatomie et physiologie**

Description des appareils/systèmes du corps humain. Squelette et anatomie des membres supérieurs, des membres inférieurs et de la colonne vertébrale. Système ostéoarticulaire : physiologie des os, des tissus osseux, des cartilages articulaires, des tendons, des ligaments et des muscles. Appareil respiratoire, système circulatoire, appareil digestif, appareil urinaire,

système nerveux, et appareil reproducteur. Liens structure-fonction dans les appareils/systèmes du corps humain.

#### **04-Bio-A7 Mécanique des fluides**

Fondements du transfert de la quantité de mouvement et de l'écoulement des fluides; leur application à la solution de problèmes de génie. Sujets couverts : systèmes d'unités en génie, grandeurs sans dimension; concepts de base sur la statique des fluides; loi de la viscosité de Newton; écoulement constant et transitoire; écoulement compressible et incompressible; contraintes de cisaillement en cas de turbulence; théorème de Bernoulli, équations du transfert de la quantité de mouvement, équation de continuité; principes computationnels de la dynamique des fluides; fluides newtoniens et non newtoniens; écoulement externe et interne; écoulement de fluides dans des tuyaux; facteurs de friction; pompes, compresseurs, turbines; dispositifs de mesure du débit.

#### **04-Bio-A8 Mesures biophysiques**

Capteurs biomédicaux et leur application à la mesure de la tension artérielle, du débit cardiaque et de la fonction respiratoire. Origine des biopotentiels, dont les potentiels de membrane et d'action. Mesure de l'électrocardiogramme, de l'électroencéphalogramme et de l'électromyogramme. Applications d'électrodes de base, de capteurs biochimiques et de lasers, dont les stimulateurs cardiaques et les défibrillateurs. Concepts à la base de la tomographie de transmission et d'émission par ordinateur, de la résonance magnétique et de l'échographie. Explication des méthodes d'imagerie axée sur le mode de génération, de détection et de traitement des données d'imagerie et sur l'incidence des différentes configurations machines et d'autres facteurs sur la qualité des images.

#### **04-Bio-A9 Conception de bioréacteurs**

Phénomènes de transport dans les systèmes issus du génie biochimique, conception et analyse de bioréacteurs, agitation, aération, stérilisation, instrumentation et commandes pour les bioprocédés. Transfert de masse interne et externe dans des systèmes immobilisés. Paramètres de transfert de masse d'oxygène d'un bioréacteur et conception d'un système d'aération. Mise à l'échelle de bioprocédés.

## GROUPE B

### EXAMENS FACULTATIFS (TROIS EXIGÉS)

#### **04-Bio-B1 Séparations biochimiques**

Principes fondamentaux des procédés de séparation en aval et de purification tels que les procédés de séparation membranaire, de séparation et de purification des protéines et d'autres procédés de séparation ayant une importance économique dans l'industrie de la fermentation. Désintégration cellulaire. Séparation, filtration et centrifugation de constituants solides-liquides. Séparation par membrane. Focalisation isoélectrique. Adsorption. Principes de chromatographie. Cristallisation.

#### **04-Bio-B2 Prothèses et orthèses**

Introduction, historique, terminologie et classification des prothèses et des orthèses. Remplacement partiel ou total d'un membre ou d'une articulation. Introduction aux notions de biomécanique applicables à la conception de prothèses et d'orthèses : aspects cliniques et mécaniques, biomatériaux, biocompatibilité. Objectifs et critères généraux de conception. Conception et normes d'évaluation.

#### **04-Bio-B3 Phénomènes de biotransport**

Transfert de quantité de mouvement, de chaleur et de masse. Bilans de la masse, de la quantité de mouvement linéaire et de l'énergie. Analyse différentielle de l'écoulement laminaire. Analyse différentielle de la conduction thermique. Analyse différentielle du transport par diffusion et par convection. Exemples de phénomènes de transport en biologie : pharmacologie et pharmacocinétique; distribution de l'absorption, biotransformation, élimination, calcul des doses; variabilité de la réponse aux médicaments et des effets indésirables des médicaments; administration de médicaments; microenvironnement, transport et liaison de substances de poids moléculaire faible et élevé; migration des cellules cancéreuses et immunitaires; processus métastatiques, radiothérapie, chimiothérapie, immunothérapie, hyperthermie et traitement photodynamique des tumeurs solides. Méthodes numériques de simulation par ordinateur.

#### **04-Bio-B4 Traitement numérique des images**

Extension de la théorie d'échantillonnage unidimensionnel à un modèle bidimensionnel. Explication des concepts de géométrie d'échantillonnage et de densité d'échantillonnage. Transformations d'images à deux dimensions, notamment les transformations de Fourier et les transformations en ondelettes de Wavelet. Opérations pixel à pixel importantes pour l'amélioration des images, notamment la conversion en niveaux de gris et les transformations algébriques et géométriques. Convolution en deux dimensions et application spécifique à l'interpolation d'images (suréchantillonnage). Application du domaine spatial et du domaine de fréquences aux filtres d'étalement ponctuel permettant, par un nombre fini de projections, d'atténuer le bruit, de délimiter les contours et d'améliorer les images. Connaissances sur la conception et l'application de certains filtres courants comme les filtres laplaciens, gradients et gaussiens. Certaines notions sur les concepts de restauration d'images après des dégradations connues, comme un flou

attribuable au mouvement de la caméra, par les méthodes les plus couramment employées comme le filtrage inverse et le filtrage de Wiener, ainsi que la déconvolution avec contrainte. Reconstruction d'images à partir de projections de collimateurs parallèles et en éventail comme ceux utilisés en tomographie de transmission par ordinateur.

#### **04-Bio-B5      Génie cellulaire et tissulaire**

Intégration des notions pertinentes sur la physiologie, la pathologie, la biologie du développement, le traitement des maladies et les biomatériaux à des fins de médecine régénérative dans des systèmes organiques complexes. Réponse de l'hôte à des dispositifs issus du génie tissulaire, dont l'activation du complément, la coagulation et les réactions immunologiques. Dispositifs de génie destinés au remplacement de reins, de poumons, de vaisseaux sanguins et de la peau. Aspects chimiques, électriques, mécaniques, matériels, pathologiques et chirurgicaux de la mise au point de dispositifs de génie. Exploration intégrative de l'emploi de structures polymériques tridimensionnelles et de véhicules d'administration de médicaments, ainsi que de la thérapie génique et du génie cellulaire en vue de la réparation fonctionnelle de tissus atteints. Choix des cellules.

#### **04-Bio-B6      Bioinstrumentation**

Principes de conception et d'analyse d'instruments électriques en vue d'applications biologiques. Amplificateurs opérationnels idéaux et non idéaux, filtres-conditionneurs de signaux, théorie de l'échantillonnage, convertisseurs analogique-numérique et numérique-analogique, circuiterie d'échantillonnage et de maintien et acquisition de données multivoies, dont les contraintes inhérentes au traitement en temps réel. Acquisition et traitement de signaux diagnostiques tels que les signaux permettant d'obtenir un électrocardiogramme et un échocardiogramme ou de mesurer la tension artérielle et la saturation de l'hémoglobine en oxygène. Certaines notions de base sur les statistiques permettant d'évaluer les caractéristiques du rapport signal/bruit des données mesurées. Normes de sécurité dans le contexte clinique pour le matériel électrique et électronique servant à des applications non effractives et effractives.

#### **04-Bio-B7      Robotique et usinage automatique**

Aperçu de la robotique et des principes et techniques d'usinage. Sujets couverts : fabrication et assemblage automatiques, automates programmables, capteurs, actionneurs et unités de lecture, mécanisation de la manipulation de pièces, robots industriels et systèmes de vision artificiels. Accent mis sur la planification, la conception et la mise en œuvre de systèmes automatisés.

#### **04-Bio-B8      Génie de la réadaptation**

Introduction au génie de la réadaptation. Aides à la mobilité sur roues : historique, technologie et normes des fauteuils roulants, principes fondamentaux de la biomécanique des fauteuils roulants à propulsion manuelle, des fauteuils roulants motorisés et des systèmes de commande. Incapacités fonctionnelles : types de déficiences neuromusculaires. Sièges spécialisés : classification des technologies de maintien en position assise, principes biomécaniques du soutien et de la pression en position assise, applications CAO/FAO de maintien en position assise. Aides auditives et implants cochléaires : technologies sensorielles et d'aide à l'audition. Dispositifs de remplacement et de suppléance de la communication : justifications, technologies et stratégies d'accès, principes d'accès et optimisation des communications. Prosthétique et

orthétique : principes d'ingénierie des prothèses des membres inférieurs. Dispositifs d'aide pour les activités quotidiennes : justifications, principes de conception et usage en cas de dysfonctionnement des membres supérieurs et inférieurs. Outils de mesure en génie de la réadaptation.

#### **04-Bio-B9 Intelligence artificielle et systèmes experts**

Processus décisionnels fondés sur l'intelligence artificielle en biologie et en médecine au moyen du calcul des prédicats, des structures et stratégies de recherche d'espaces d'états, de recherche heuristique et de méthodes stochastiques. Représentation des connaissances, raisonnement et prise de décisions dans des conditions d'incertitude, de même que raisonnement par cas, arbres de décision. Systèmes fondés sur des règles et systèmes experts, moteurs d'inférence et génie cognitif. Apprentissage machine dont l'apprentissage supervisé, l'auto-organisation, l'apprentissage par renforcement et l'informatique évolutive. Systèmes d'information biomédicale intelligents, dispositifs et instruments intelligents tels qu'implants, prothèses et systèmes de mesure interactifs. Raisonnement et exploration de données informatisées. Méthodes avancées de résolution de problèmes, dont le traitement, la planification et la perception du langage naturel.

#### **04-Bio-B10 Biochimie analytique**

Techniques d'analyse pertinentes pour la caractérisation de systèmes et de substances biologiques. Résonance magnétique nucléaire. Analyse de données de spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier. Électrophorèse SDS-PAGE et transfert de type Western. Chromatographie en phase liquide à haute pression. Cytométrie de flux. Extraction et ligature d'ADN sur gel. Minipreps et amplification par PCR de l'ADN plasmidique. Purification par affinité et électrophorèse. Techniques d'analyse des surfaces, dont la spectroscopie photoélectronique à rayons X, la microscopie à force atomique, la tension interfaciale et l'ellipsométrie.

#### **04-Bio-B11 Ergonomie (98-Ind-B5 Ergonomie)**

Capacités et caractéristiques de base de l'être humain, dont la vision et l'audition. Caractéristiques psychomotrices. Anthropométrie : aspects statiques et dynamiques des dimensions du corps humain et de la force musculaire. Facteurs environnementaux, dont l'éclairage, les conditions atmosphériques, le bruit et les vibrations. Conception ergonomique du poste de travail, dont la disposition du matériel, les aides aux travaux manuels, la conception de sièges et les interfaces personne-machine : instruments, commandes et logiciels. Microtraumatismes répétés, également appelés traumatismes cumulatifs.

#### **04-Bio-B12 Optique/photonique appliquées**

Fondements de l'optique des rayonnements; réflexion, réfraction et polarisation. Systèmes de lentilles et formation d'images. Principes des instruments d'optique de base tels que loupes, microscopes et télescopes. Fondements des sources lumineuses : lasers, diodes électroluminescentes, sources de rayonnements thermiques, lampes fluorescentes et photodétecteurs. Optique tissulaire et interactions lumière-tissus et dosimétrie. Principes des fibres optiques et des guides lumineux, systèmes endoscopiques et applications. Applications biomédicales de la photonique telles que la photothérapie et le photodiagnostic, l'oxymétrie tissulaire, la spectroscopie et la microscopie optiques de même que le marquage par fluorescence.