

# Programme d'examens de génie biomédical

## Programme d'examens de génie biomédical

### Groupe A - Examens obligatoires (sept exigés)

#### 20-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. Estimation de ces propriétés par des moyens expérimentaux. 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 (par ex. processus de la FDA ou de la CE), éthiques et liés aux normes (par ex. ISO ou ASTM) à considérer pour l'implantation et la commercialisation de biomatériaux et de dispositifs médicaux.

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

- Ratner, Buddy DS., Allan S. Hoffman, Frederick J. Schoen and Jack E. Lemons editors, Biomaterials Science: An Introduction to Materials in Medicine, Academic Press, NY.
- J Temenoff & A Mikos, Biomaterials The Intersection of Biology and Materials Science, Pearson.
- William Callister, Materials Science and Engineering: An Introduction, Wiley.
- Joon Park and R S Lakes, Biomaterials, Springer.
- Michael M. Domach, Introduction to Biomedical Engineering, Pearson Prentice Hall.
- Askeland and Wright, The Science and Engineering of Materials, Cengage Learning.

#### 20-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. 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.

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

- Coughanowr and Koppel, Process Systems Analysis and Control, McGraw Hill.
- Luyben, W.L., Process Modelling, Simulation and Control for Chemical Engineers, McGraw Hill, N.Y.
- K Ogata, Modern Control Engineering, Prentice Hall.
- Khoo, M., Physiological Control Systems: Analysis, Simulation, and Estimation, Wiley-IEEE Press.
- Seborg et al.'s, Process Dynamics and Control.

#### 20-Bio-A3 Biomécanique (16-Mec-B13 Biomécanique)

Biomécanique des systèmes 1. musculosquelettique, 2. cardiovasculaire et 3. respiratoire, notamment :

caractéristiques générales des tissus, fonction des systèmes sains et méthodes de mesure de ces valeurs. Système musculosquelettique : caractéristiques et classification des tissus et des articulations, Détermination des propriétés mécaniques élastiques et viscoélastiques des os, des cartilages, des ligaments et des tendons, Équations contrainte-déformation-temps ou équations constitutives pour les éléments des tissus conjonctifs mous; analyse cinématique et cinétique de base de cas simplifiés. 2. Système cardiovasculaire : propriétés des tissus qui forment le cœur et des artères et veines majeures à mineures; mécanismes et caractéristiques d'un bon fonctionnement du cœur et des vaisseaux sanguins (rythme, pression, retour sanguin, etc.); relations contrainte-déformation-temps dans les tissus cardiaque et vasculaire. 3. Appareil respiratoire : propriétés des tissus du système respiratoire (des sinus aux alvéoles); mécanismes et caractéristiques de la respiration (p. ex. variations de pression induites par le diaphragme), diffusion d'oxygène à travers les parois alvéolaires; relations contrainte-déformation-temps dans les tissus pulmonaires.

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

- Nordin, Margareta and Victor H. Frankel, Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System. Lippincott Williams&Wilkins.
- Edited by John Enderle, Joseph Bronzino, Introduction to biomedical engineering, Burlington, MA : Academic Press.
- Editors Hoskins, Peter R., Lawford, Patricia V., Doyle, Barry J. (Eds.), Cardiovascular Biomechanics.
- Editors Mary A. Farrell Epstein James R. Ligas, Respiratory Biomechanics: Engineering Analysis of Structure and Function.
- VC Mow and R Huiskes, Review of Basic Orthopaedic Biomechanics and Mechano-Biology, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. (ch. 1 à 7 & 12).
- Carol A. Oatis, Kinesiology: The Mechanics & Pathomechanics Of Human Movement, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. (Parts I, II (1,2), III (5), IV (6,7)).
- D. Bartel, D. Davy and T. Keaveny, Orthopaedic Biomechanics: Mechanics and design in Musculoskeletal Systems, Prentice Hall.

## 20-Bio-A4 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.

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

- Guyton, AC and Hall, JE, Medical Physiology.
- Joseph Feher, Quantitative Human Physiology, Academic Press.
- Saladin Dr, Kenneth S, Anatomy and Physiology

## 20-Bio-A5 Analyse des systèmes et régulation (16-Méc-A3)

Contrôle en boucle ouverte et à rétroaction. Lois régissant les composants mécaniques, électriques, fluides et thermiques. Modèles mathématiques de dispositifs mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques et de commande. 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 de stabilité et critères de stabilité. Amélioration de la réponse d'un système par insertion d'éléments simples dans le circuit de commande. Régulation du 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.
- Gene F. Franklin, Feedback Control of Dynamic Systems.
- Michael C. K. Khoo, Physiological Control Systems: Analysis, Simulation, and Estimation.

## 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.

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

- R. M. Rangayyan, Biomedical Signal Analysis, Wiley.
- Lathi, B.P., Signal Processing and Linear Systems. Oxford University Press.
- Haykin, Simon & Barry Van Veen, Signals and Systems, Interactive Solutions Edition, John Wiley & Sons Canada Ltd.
- John Semmlow, Circuits, Signals and Systems for Bioengineers
- Suresh R. Devasahayam, Signals and Systems in Biomedical Engineering

## 20-Bio-A7 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, y compris les organismes de réglementation et les normes juridiques applicables. Évaluation et gestion des risques. Systèmes de gestion de la qualité (SGQ) et protocoles de documentation.

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

- Webster, J.G. (Editor), Bioinstrumentation. Wiley.
- Webster, J.G. (Editor), Medical Instrumentation: Application and Design, Wiley.
- Biomedical Device Technology: Principles And Design 1st Edition, by Anthony Chan

## Groupe B - Examens facultatifs (trois exigés)

### 20-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.

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

- E. Goldberg, Handbook of Downstream Processing.
- Blanch, H.W., D.S. Clark and Marcel Dekker, Biochemical Engineering.
- Shuler, M.L. and F. Kargi, Biochemical Engineering Basic Concepts. Prentice Hall.

### 20-Bio-B2 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.

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

- Bird, Stewart and Lightfoot, [Transport Phenomena](#).
- George A. Truskey et al.'s, [Transport Phenomena in Biological Systems](#).

## 20-Bio-B3 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.

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

- Lanza, R.P., R. Langer and W.L. Chick (eds), [Principles of Tissue Engineering](#), Academic Press.
- Berhard O. Palsson, Sangeeta N. Bhatia, [Tissue Engineering](#), Pearson Prentice Hall, New Jersey.

## 20-Bio-B4 Robotique (16-Méc-B12)

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):*

- Paul, R.P., [Robot Manipulators - Mathematics, Programming and Control](#), MIT Press.
- Craig, J.J., [Introduction to Robotics: Mechanism and Control](#), Addison-Wesley Publishing Co

## 20-Bio-B5 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. Prothétique 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.

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

- Rory A Cooper, Hisaichi Ohnabe, Douglas A. Hobson, [An Introduction to Rehabilitation Engineering](#), CRC Press, Taylor and Francis
- Emily C. Bouck, [Assistive Technology](#), Michigan State University

## 20-Bio-B6 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.

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

- Mikkelsen, Susan R. and Eduardo Corton, Bioanalytical chemistry, Wiley Interscience.
- Holme, D.J. and H. Peck, Analytical Biochemistry, Longman.

## 20-Bio-B7 Ergonomie (17-Ind-B5 Ergonomie)

Capacités et caractéristiques humaines de base, incluant la vision et l'ouïe. Caractéristiques psychomotrices. Anthropométrie : dimensions du corps humain et force musculaire dans ses aspects statique et dynamique. Facteurs environnementaux, incluant l'éclairage, les conditions atmosphériques, le bruit et les vibrations. Conception ergonomique du poste de travail incluant la disposition de l'équipement, les dispositifs de support au travail manuel, la conception des sièges et l'interface personne-machine : instruments, contrôles et logiciels. Normes réglementées pour le travail, la sécurité et les horaires.

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

- RS Bridger, Introduction to Human Factors and Ergonomics.
- Kodak Ergonomics Group, Ergonomic Design for People at Work, Volumes I and II. Van Nostrand Reinhold Co. Ltd.

## 20-Bio-B8 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, technologie des biopuces, cytométrie en flux.

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

- Prasad, N., Introduction to Biophotonics, Wiley.

## 20-Bio-B9 Imagerie médicale

Critères d'analyse de la qualité de l'image. Filtrage d'images dans les domaines spatial et fréquentiel. Restauration d'images : filtres de régularisation, filtres de déconvolution, filtrage optimal. Segmentation des images médicales : techniques de seuillage, segmentation en régions, reconnaissance de formes. Recalage d'images médicales. Radiographie aux rayons X : sources et leurs caractéristiques, spectre, interaction avec les tissus, instrumentation, formation d'images et caractéristiques. Tomodensitométrie : Instrumentation de tomodensitométrie, formation d'images, intégrales curvilignes, rétroprojection, théorème de la coupe centrale, reconstruction par faisceau en éventail. Médecine nucléaire : principes généraux, radiotraceurs, gamma-caméra, caractéristiques de l'image, tomographie monophotonique d'émission. Tomographie par émission de positrons : principes généraux, instrumentation, traceurs, formation d'images. Imagerie par ultrasons : propagation des ondes ultrasonores, propriétés des tissus, transducteurs et propriétés, modes, applications cliniques. Imagerie par résonance magnétique : magnétisme nucléaire, description classique, relaxation spin-spin, séquences d'écho de spin, imagerie et codage de signaux, instrumentation, séquences

d'excitation, imagerie fonctionnelle.

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

- Prince & Links, Medical Imaging Signals & Systems, Pearson Prentice Hall.
- Suetens, P., Fundamentals of Medical Imaging, Cambridge University Press.

## **20-Bio-B10 Conception de dispositifs biomédicaux et facteurs humains**

Introduction, terminologie et classification des dispositifs biomédicaux (principalement de nature mécanique), notamment les dispositifs implantables (prothèses articulaires, remplacement de valvules cardiaques, etc.), les appareils et outils chirurgicaux (c.-à-d. utilisation interne non permanente) et les dispositifs externes (p. ex. orthèses, appareils et accessoires fonctionnels). Évaluer la facilité d'utilisation des dispositifs par le biais d'études d'ergonomie et d'essais cliniques. Dossiers de conception, processus SGD (système de gestion de la qualité), évaluation et gestion de la sécurité et des risques : analyse des risques; utilisation planifiée; identification des phénomènes physiques et biologiques dangereux; évaluation de la probabilité et de la gravité des dommages; contrôle des risques; suivi des incidents et surveillance après déploiement. Lois, règlements et normes (p. ex. élaboration et vérification). Évaluation quantitative et conditions des essais cliniques.

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

- Paul G. Yock, Biodesign: The Process of Innovating Medical Technologies.
- Jonathan S. Kahan, Medical Device Development: Regulation and Law.
- Paul H. King, Richard C. Fries and Arthur T. Johnson, Design of Biomedical Devices and Systems.
- Shurr and Michael, Prosthetics and Orthoses.

## **20-Bio-B11 Orthopédie et biomécanique des lésions**

Introduction aux maladies chroniques et aux blessures aiguës affectant l'appareil locomoteur, et méthodes de traitement de ces maladies. Les affections à traiter comprennent l'arthrose, la fracture/guérison osseuse, les lésions musculaires (chroniques/ aiguës), les lésions ligamentaires/tendineuses et les traumatismes crâniens. Analyse des dispositifs et méthodes qui existent et conception de nouveaux dispositifs ou méthodes pour traiter les affections susmentionnées, notamment les arthroplasties partielles ou totales, la fixation interne des fractures (p. ex. plaques/tiges, vis, etc.), les produits biologiques et les biomatériaux pour la guérison des muscles et des tendons, les outils de traitement chirurgical, les dispositifs pour prévenir les lésions cérébrales (p. ex. casques et systèmes de contention). Méthodes d'essai pour l'évaluation des maladies/blessures et méthodes de traitement.

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

- Nordin, Margareta and Victor H. Frankel, Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System, Lippincott Williams&Wilkins.
- D. Bartel, D. Davy and T. Keaveny, Orthopaedic Biomechanics: Mechanics and design in Musculoskeletal Systems, Prentice Hall.
- Schmitt, K.-U., Niederer, P.F., Cronin, D.S., Morrison III, B., Muser, M.H., Walz, F., Trauma Biomechanics: An Introduction to Injury Biomechanics.
- Beth A. Winkelstein, Orthopaedic Biomechanics

## **20-Bio-B12 Systèmes de commande avancés (16-Élec-B2)**

Modélisation des systèmes d'ingénierie; variables d'état et représentation par fonctions de transfert. Solutions analytiques et numériques d'équations avec variables d'état. Observabilité, contrôlabilité, stabilité; conception classique, stabilisation par affectation de pôles. Systèmes bruités. Commande par ordinateur, systèmes discrets. Identification de systèmes; moindres carrés.

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

- Dutton, Ken, Steve Thompson, and Bill Barraclough, The Art of Control Engineering, Prentice Hall.
- Nise, Norman, John Wiley, Control Systems Engineering.

## 20-Bio-B13 Électronique avancée (16-Élec-B5)

Modèles de composants : comportement des circuits, haute fréquence et rétroaction. Amplificateurs à étages multiples, oscillateurs, amplificateurs opérationnels en mode non saturé, circuits non linéaires. Amplificateurs de puissance et régulateurs linéaires. Instruments de mesure : amplificateurs différentiels, isolateurs optiques, convertisseurs analogiques-numériques et numériques-analogiques.

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

- Sedra and Smith, Microelectronic Circuits, Oxford University Press.
- Horowitz, Paul, and Winfield Hill, The Art of Electronics, Cambridge University Press

## 20-Bio-B14 Physiologie et biophysique cellulaires

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. Vitesse des processus en biologie. Systèmes d'équations différentielles et analyse de stabilité. Réseaux de gènes et voies de transduction du signal. Cinétique enzymatique, inhibition et coopérativité. Diffusion et transport de masse dans les systèmes biologiques. Transport facilité à travers les membranes. Co-transport, contre-transport, pompes à ions. Diffusion de macromolécules et marches aléatoires. Structure des membranes cellulaires, modèle de mosaïque fluide de Singer-Nicholson. Potentiels membranaires, potentiels d'équilibre de Gibbs-Donnan. Interactions protéine-protéine et protéine-ADN, interactions récepteur-ligand, adhésion cellulaire, migration cellulaire, transduction de signaux, croissance et différenciation de cellules.

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

- Rodney Cotterill, Biophysics: An Introduction.
- Andrey Rubin, Fundamentals of Biophysics.
- Rob Phillips, Jane Kondev, Julie Theriot and Hernan Garcia, Physical Biology of the Cell.

## 20-Bio- B15 Principes fondamentaux de la cinétique microbienne

Technologie de l'ADN recombinant, notamment le clonage, la mutagenèse dirigée, le séquençage de l'ADN et l'expression des gènes clonés. Techniques de génie génomique. 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. 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. Développement et utilisation de protéines recombinantes comme médicaments thérapeutiques.

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

- Blanch, H.W., D.S. Clark and Marcel Dekker, Biochemical Engineering.
- Bailey, J.E. and E.F. Ollis, Biochemical Engineering Fundamentals. McGraw Hill.
- Aiba, S., A.E. Humphrey and N.F. Mills, Biochemical Engineering, Academic Press.
- Shuler, M.L. and F. Kargi, De Lisa, Bioprocessing Engineering Basic Concepts, Prentice Hall.