
PROGRAMME INGÉNIEUR

2024-2025

2e année / 3e année

Option Disciplinaire

Sciences du numérique pour les
sciences de la vie et de la santé

OD BIOSTIC

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Sophie LIMOU



INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

1er Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 73	12	Tronc commun	BIOCEL INFAVA SIMCHI STAPRE	Biologie cellulaire Informatique avancée Simulation chirurgicale Statistiques et apprentissage
UE 74	13	Tronc commun	BIOMOL IMMUNO MOQUAN PHYSIO PROENC1	Biologie moléculaire et génétique Immunologie Modélisation probabiliste et analyse quantitative des réseaux biologiques Physiologie Projet encadré 1

2e Semestre

Unité d'Enseignement	Crédits ECTS	Parcours	Acronyme	Libellé
UE 83	14	Tronc commun	BIOGEN CONFER MODIAN PROENC2 SYSBAD	BioInformatique et génomique Conférences Modélisation discrète et analyse qualitative des réseaux biologiques Projet encadré 2 Systèmes et bases de données

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Biologie cellulaire [BIOCEL]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR

Pré-requis

Pas de pré-requis

Objectifs

Comprendre les mécanismes fondamentaux à l'œuvre dans une cellule eucaryote

Plan de l'enseignement

Adhésion cellulaire et matrice extracellulaire
 Apoptose
 Cancer
 Cycle cellulaire
 Cytosquelette
 Dégradation des biomolécules
 Expression génétique
 Membrane plasmique et transport membranaire
 Routage des protéines
 Signalisation cellulaire

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle :
 EVI 1 (coefficient 0.6)
 EVI 2 (coefficient 0.3)
 EVI 3 (coefficient 0.1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	20 hrs	6 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Informatique avancée [INFAVA]

Responsable(s) du cours : Olivier ROUX

Pré-requis

Objectifs

Langages à objets / Programmation en JAVA / Structures de données.
Architectures multi-coeurs et méthodes de parallélisation / OpenMP/ MPI.

Plan de l'enseignement

1. Introduction
2. Langages à objets : Classes, objets, héritage, polymorphisme, liaison dynamique ...
3. Introduction à la programmation en JAVA
4. Structures de données (linéaires, arborescentes et fonctions de relations structurantes, ...)
5. Architectures multi-coeurs et méthodes de parallélisation
6. OpenMP/ MPI
7. Mise en application

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	0 hrs	16 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Simulation chirurgicale [SIMCHI]

Responsable(s) du cours : Domenico BORZACCHIELLO

Pré-requis

Objectifs

La simulation chirurgicale est une nouvelle discipline issue de l'imagerie médicale, de la robotique et de modélisation. Dans ce cadre, la simulation numérique revêt un rôle essentiel pour la création de modèles fidèles et spécifiques aux patients. SimChi constitue une introduction aux principes fondamentaux de la modélisation en biophysique appliquée à la simulation chirurgicale. Le cours vise à mettre l'étudiant en contact avec les différents aspects de la modélisation 3D basée sur image médicale comme l'anatomie numérique et la modélisation paramétrique.

Plan de l'enseignement

- Introduction à la simulation chirurgicale
- Génération de maillage à partir d'imagerie médicale
- Mécanique de l'os
- La méthode des éléments finis pour la biomécanique
- Notions d'anatomie computationnelle

Bibliographie

Slides du cours
 Sélection d'articles fournie par l'enseignant
 Notebooks en Jupyter-Python et R

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	22 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 73 / 93

Statistiques et apprentissage [STAPRE]

Responsable(s) du cours : Mathieu RIBATET

Pré-requis

Objectifs

Introduction aux principes de l'intelligence artificielle et du Machine Learning et approfondissement en statistique

Plan de l'enseignement

Machine learning:

- + Introduction à la statistique
- + Classification
- + Analyse en composante principale
- + Regression Logistique

Analyse de survie :

- + Cadre théorique et définition
- + Estimation non paramétrique
- + Comparaison de survie
- + Modèle de Cox à risques proportionnels

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)
 EVI 2 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	25 hrs	5 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Biologie moléculaire et génétique [BIOMOL]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Introduction aux grands concepts de biologie moléculaire
Présentation des challenges et opportunités récentes dans le domaine des biotechnologies

Plan de l'enseignement

L'introduction à la biologie moléculaire couvre la gamétogénèse et les bases de la reproduction sexuée, les bases de l'hérédité et de la diversité génétique, le développement embryonnaire et la différenciation cellulaire
Analyses génétiques en recherche biomédicale et en clinique : analyses de liaison, séquençage nouvelle génération, et analyses d'association génome-entier
Avancées biotechnologiques en génomique et génomique fonctionnelle : régulation de l'expression génique, édition génique, et technologies cellule unique
Les TD/TP incluent : exploration des bases de données bioinformatiques génomiques, manipulations statistiques sous R, et lecture critique d'articles scientifiques

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.2)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.8)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	25 hrs	5 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Immunologie [IMMUNO]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

L'objectif de l'enseignement en immunologie sera de donner aux étudiants une formation de base en biologie portant sur les principaux composants cellulaires et moléculaires de la réponse immunitaire (innée et acquise), la mise en œuvre de cette réponse dans la lutte contre les agents infectieux et son exploitation à des fins vaccinales ou thérapeutiques.

Au terme de l'enseignement d'Immunologie, l'étudiant :

- 1-Positionnera les principaux acteurs cellulaires et moléculaires du système immunitaire au cours d'une réponse immunitaire innée et adaptative.
- 2-Définira et mémorisera la structure et la fonction des différents organes lymphoïdes.
- 3-Associera à chaque acteur sa principale fonction.
- 4-Discutera les bases des principaux succès et des échecs de l'Immunologie (vaccination, SIDA).
- 5-Expliquera les bases des principales techniques d'analyse utilisant des anticorps (cytométrie en flux, ELISA notamment).

Plan de l'enseignement

Vue d'ensemble du système immunitaire
Immunité Innée
Immunité adaptative
Complexe majeur d'histocompatibilité
Organes lymphoïdes primaires et secondaires
Activation des lymphocytes T
Répertoire des lymphocytes B
Transplantation
Déficits immunitaires acquis (SIDA)
Maladies auto-immunes
Réponse immunitaire anti tumorale
Vaccination

Programme des travaux pratiques (1 journée) :

Réalisation et observation d'un frottis sanguin, application au diagnostic d'hémopathies chez l'homme.
Analyse du phénotype des lymphocytes circulant dans le sang humain en cytométrie de flux multiparamétrique.

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	8 hrs	4 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Modélisation probabiliste et analyse quantitative des réseaux biologiques [MOQUAN]

Responsable(s) du cours : Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Introduction à la modélisation des systèmes biologiques

Plan de l'enseignement

Introduction à la modélisation des systèmes biologiques / Grandes lois et modélisations à base d'équations différentielles / Approximation de la dynamique à base de modèles probabilistes (PBN et DBN) et analyse asymptotique de modèles : application aux modèles de régulation / Approximation de la dynamique à l'équilibre quasi-stationnaire et analyse à base de contraintes: application aux modèles métaboliques.

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	21 hrs	9 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Physiologie [PHYSIO]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Ce cours d'ouverture sur la médecine est destiné à introduire les notions essentielles de la physiologie humaine.

Plan de l'enseignement

Fonctionnement cérébral et principales maladies neurologiques. Causes, mécanisme sous-jacents, méthodes diagnostiques, traitements et perspectives

Physiologie cardiovasculaire

Anatomie fonctionnelle chez les animaux, physiologie du muscle, physiologie de l'os

Physiologie rénale et pulmonaire

Méthodes numériques de modélisation en physiologie. Modélisation du remodelage osseux. Modélisation de la contraction musculaire. Méthodes numériques pour la simulation des systèmes physiologiques.

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.3)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.7)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	24 hrs	6 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 1er Semestre - UE 74 / 94

Projet encadré 1 [PROENC1]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Projet de recherche de septembre à mars

Plan de l'enseignement

Encadrement effectué par des chercheurs et enseignants-chercheurs nantais sur leur thématique de recherche à l'interface mathématique/informatique/physique/biologie

- 1 soutenance intermédiaire
- 1 mémoire à écrire
- 1 soutenance finale

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	1	0 hrs	0 hrs	0 hrs	32 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

BioInformatique et génomique [BIOGEN]

Responsable(s) du cours : Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Revue des principaux challenges en bioinformatique
 Découvertes de deux approches big data
 Applications dans un projet

Plan de l'enseignement

Revue des principaux challenges en bioinformatique : principales bases de données, alignement de séquences, phylogénie et bases de l'évolution, structures protéiques
 Découvertes de deux approches big data : étude d'associations génétiques génome-entier, transcriptomique en cellule unique
 Applications dans un projet

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)
 EVC 2 (coefficient 0.1)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	25 hrs	5 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Conférences [CONFER]

Responsable(s) du cours : Olivier ROUX / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Présentation de différents champs d'application en ingénierie biomédicale par des acteurs des milieux académiques et privés

Plan de l'enseignement

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	30 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Modélisation discrète et analyse qualitative des réseaux biologiques [MODIAN]

Responsable(s) du cours : Morgan MAGNIN

Pré-requis

Connaissance de base des sciences informatiques : principes de modélisation et problématiques liées à l'implémentation

Objectifs

En termes de connaissances :

- Réseaux booléens

Graphes d'interaction et propriétés associées

Analyse de la dynamique via le calcul du graphe de transitions

Vérification formelle de propriétés dynamiques grâce au model-checking (LTL/CTL)

- Réseaux de Petri :

Propriétés discrètes (invariants)

Extensions temporelles

Vérification formelle de propriétés dynamiques grâce au model-checking temporel paramétrisé (TCTL et extension paramétrisée)

Contrôle de modèles hybrides

En termes de compétences :

- Choisir, parmi les différents formalismes discrets et hybrides existants, le plus adapté à l'analyse d'un problème de biologie systémique

- Valider un modèle/une famille de modèles par rapport à un ensemble de propriétés souhaitées (raisonnement logique, vérification formelle)

- Enrichir un modèle par rapport à des questions d'intérêts (par exemple, intégrer une dimension chronométrique dans le modèle quand la composante temporelle joue un rôle crucial dans l'évolution d'un système)

- Confronter un modèle aux données biologiques

Plan de l'enseignement

1. Réseaux booléens, dynamique, et graphe d'influence

2. Logiques temporelles et vérification de modèle

3. Mutations et reprogrammation cellulaire

4. D'autres modèles discrets pour modéliser les réseaux biologiques : réseaux de Petri et automates

5. Model-checking de modèles temporels

Bibliographie

Kauffman, S. (1969). Homeostasis and differentiation in random genetic control networks. *Nature*, 224(5215), 177-178.

Thieffry, D., & Thomas, R. (1997, December). Qualitative analysis of gene networks. In *Pacific Symposium on Biocomputing* (Vol. 3, pp. 77-88).

Folschette, M., Paulevé, L., Magnin, M., & Roux, O. (2015). Sufficient conditions for reachability in automata networks with priorities. *Theoretical Computer Science*, 608, 66-83.

R. Alur, C. Courcoubetis, N. Halbwachs, T. A. Henzinger, P.-H. Ho, X. Nicollin, A. Olivero, J. Sifakis, and S. Yovine. The algorithmic

analysis of hybrid systems. THEORETICAL COMPUTER SCIENCE, 138:3–34, 1995.

Louis-Marie Traonouez, Didier Lime, and Olivier (H.) Roux. Parametric model-checking of stopwatch petri nets. Journal of Universal Computer Science, 15(17):3273–3304, December 2009.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	18 hrs	2 hrs	10 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Projet encadré 2 [PROENC2]

Responsable(s) du cours : Aurélien SERANDOUR / Sophie LIMOU

Pré-requis

Objectifs

Projet de recherche de septembre à mars

Plan de l'enseignement

Encadrement effectué par des chercheurs et enseignants-chercheurs nantais sur leur thématique de recherche à l'interface mathématique/informatique/physique/biologie

- 1 soutenance intermédiaire
- 1 mémoire à écrire
- 1 soutenance finale

Bibliographie

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	2	0 hrs	0 hrs	0 hrs	48 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR - OD BIOSTIC

2e année / 3e année - 2e Semestre - UE 103 / 83

Systèmes et bases de données [SYSBAD]

Responsable(s) du cours : Jean-Yves MARTIN

Pré-requis

Objectifs

L'outil informatique est un outil indispensable pour traiter et mémoriser la données.

Pour la partie mémorisation, l'objectif est de comprendre les principaux outils qui seront utilisés pour mémoriser de la donnée : les Bases de données. Comment les construire correctement, les utiliser, que ce soit en direct ou à travers des programmes.

Si la plupart des traitements se font via des bases de données, la manipulation de celle-ci ne se fait pas que par des programmes en python ou en java. On est souvent amenés à faire des prétraitements sur les données. Pour la plupart des manipulations, une simple ligne de commande est souvent suffisante. Cela requiert toutefois des connaissances sur ces commandes et sur ce qu'elles impliquent. C'est pour cela qu'au niveau du cours, nous avons ajouté une partie sur les Systèmes d'Exploitation et les commandes incluses dans ces systèmes.

Plan de l'enseignement

Le cours se divise en deux parties correspondant aux 2 outils que nous abordons

Pour les aspects Bases de Données

- Modélisation des informations, Le modèle Conceptuel, le modèle Entités-Associations
- Le modèle relationnel
- Notions de modèle physique
- SQL
- Notions de noSQL et BigData

Pour les aspects Systèmes d'Exploitation

- Notions de Systèmes d'exploitation
- Langages de commandes
- Protection des informations
- Notion de batch, planification de tâches

Des travaux pratiques permettent de mettre en oeuvre des scripts Shell pour la première partie, et une base de données et son exploitation pour la seconde partie.

Bibliographie

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1.0)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	3	14 hrs	8 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs