PLAN DE FORMATION · 2026

Cursus General Science en trois ans

Un parcours de type licence (BSc) en sciences générales : des fondations mathématiques à la physique quantique, à la chimie physique et à la biologie des systèmes, avec des cours universitaires de Coursera et des manuels de référence.

Année 1	Année 2	Année 3
Fondations	Sciences fondamentales	Sciences avancées
418 h	**433 h**	**400 h**

1 251 h
de cours en tronc commun

6
semestres

86
cours

13
universités

24
manuels de référence

Données relevées sur coursera.org les 4 et 5 novembre 2026 · Disponibilité des manuels vérifiée à la même date

Sommaire

1. Présentation du cursus
2. Vue d'ensemble et charge de travail
3. Année 1 · Fondations (S1, S2)
4. Année 2 · Sciences fondamentales (S3, S4)
5. Année 3 · Sciences avancées (S5, S6)
6. Options
7. Bibliographie
8. Méthode et avertissements

1. Présentation du cursus

Ce cursus reproduit, en autodidacte, la structure d'une licence de sciences générales : trois années, quatre disciplines et une montée en abstraction continue. Il s'adresse à un adulte qui a le niveau de mathématiques de fin de lycée et peut consacrer une dizaine d'heures par semaine à ses études.

LES QUATRE DISCIPLINES

- **Mathématiques.** algèbre, analyse, algèbre linéaire, équations différentielles, méthodes numériques, statistique.
- **Physique.** mécanique, électromagnétisme, ondes et optique, physique moderne et quantique, matière condensée, cosmologie.
- **Chimie.** chimie générale, chimie physique, spectroscopie, thermodynamique statistique, chimie biologique, chimie quantique.
- **Biologie.** biologie générale, écologie et évolution, anatomie et physiologie, génomique, biologie des systèmes.

LES PRINCIPES QUI FIXENT L'ORDRE

- **Les mathématiques d'abord.** L'algèbre et les fonctions (S1), puis le calcul différentiel et intégral et l'algèbre linéaire (S2), et enfin les équations différentielles et le calcul vectoriel (S3) arrivent toujours un semestre avant la physique qui les utilise.
- **La physique classique avant la physique moderne.** Mécanique (S2), électromagnétisme (S3) et ondes (S4) précèdent la relativité, la mécanique quantique et la matière condensée (S5).
- **La chimie suit la physique.** Chimie générale (S1, S3), puis chimie physique et spectroscopie (S4), thermodynamique statistique (S5) et enfin chimie quantique (S6), quand la mécanique quantique est acquise.
- **La biologie monte en échelle.** Cellule et génétique (S1), écologie et évolution (S2), organisme (S4), puis génome et systèmes (S6), avec la statistique (S4) et la programmation (S1) comme outils.
- **Un projet par semestre.** Chaque semestre se termine par un capstone ou un projet qui réunit plusieurs disciplines.

LANGAGES ET OUTILS

Python est le langage principal (S1, S2, S4, S5, S6). MATLAB ou GNU Octave sert au S3 et en biologie des systèmes. R apparaît en précalcul (S1) et en génomique (S6). Le cours de spectroscopie utilise un laboratoire virtuel.

2. Vue d'ensemble et charge de travail

ANNÉE	SEM.	CONTENU	HEURES
Année 1 Fondations **418 h**	**S1**	**Remise à niveau et premiers langages** Algebra: Elementary to Advanced (25 h) Precalculus through Data and Modelling (31 h) Python for Everybody Specialization (79 h) Introduction to Chemistry: Reactions and Ratios (18 h) Introduction to Chemistry: Structures and Solutions (17 h) Biology Everywhere Specialization (22 h)	192 h
	S2	**Analyse, algèbre linéaire et mécanique** Differential Calculus through Data and Modeling (33 h) Integral Calculus through Data and Modeling (25 h) Linear Algebra from Elementary to Advanced (34 h) Introduction to Mechanics Specialization (81 h) Introduction to Biology: Ecology, Evolution, & Biodiversity (53 h)	226 h
Année 2 Sciences fondamentales **433 h**	**S3**	**Outils mathématiques, électromagnétisme et chimie générale** Mathematics for Engineers (127 h) Introduction to Electricity and Magnetism Specialization (88 h) General Chemistry: Concept Development and Application (22 h)	237 h
	S4	**Statistique, ondes, chimie physique et physiologie** Statistics with Python (57 h) Physics of Waves and Optics Specialization (57 h) Introduction to Physical Chemistry (19 h) Introduction to Molecular Spectroscopy (12 h) Human Anatomy & Physiology I Specialization (31 h) Chemical Biology (20 h)	196 h
Année 3 Sciences avancées **400 h**	**S5**	**Physique quantique et de la matière** Understanding Modern Physics Specialization (29 h) Quantum Mechanics for Engineers (54 h) Electrodynamics (55 h) The Physics of Emergence: Introduction to Condensed Matter (39 h) Statistical Molecular Thermodynamics (21 h)	198 h
	S6	**Univers, chimie quantique et biologie des systèmes** Astronomy and Cosmology: Exploring the Universe (28 h) Density Functional Theory (26 h) Genomic Data Science Specialization (56 h) Systems Biology and Biotechnology Specialization (92 h)	202 h
Total du tronc commun			**1 251 h**
Options (facultatives)			+ 364 h

HEURES DE COURS PAR SEMESTRE



RYTHME CONSEILLÉ

Sur 40 semaines de travail par an, le cursus demande environ **10 h par semaine en année 1**, **11 h en année 2** et **10 h en année 3**. Les durées sont celles annoncées par Coursera ; prévoir en plus 20 à 30 % de temps pour les lectures.

ANNÉE 1 · 418 HEURES

Fondations

Mathématiques du lycée au calcul intégral, programmation, et premières notions de chimie, de biologie et de mécanique

S1

ANNÉE 1 · 192 HEURES · ≈ 10 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Remise à niveau et premiers langages

> Consolider l'algèbre et les fonctions, apprendre à programmer en Python, et découvrir la chimie et la biologie générales.

COMPÉTENCES VISÉES

- Équations, inéquations, fonctions, polynômes et racines
- Fonctions exponentielles, logarithmes, trigonométrie et modélisation
- Programmer en Python : variables, boucles, fonctions, fichiers, web, SQL
- Mesures, unités, stœchiométrie, structure atomique, liaisons et solutions
- Cellules, énergie, génétique, évolution et écologie en introduction

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Un calculateur de chimie en Python : il lit un tableau périodique au format CSV, calcule des masses molaires, équilibre des quantités de matière et prépare des dilutions.

POINTS D'ATTENTION

- Commencer par Algebra : les cours de chimie de Duke demandent une algèbre solide.
- Precalculus utilise R pour quelques exercices ; une installation de R et RStudio suffit.

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 25 H

Algebra: Elementary to Advanced

Johns Hopkins University · Débutant

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Algebra: Elementary to Advanced - Equations & Inequalities	Débutant	10 h	4,8 (654)
2	Algebra: Elementary to Advanced - Functions & Applications	Débutant	6 h	4,8 (198)
3	Algebra: Elementary to Advanced - Polynomials and Roots	Débutant	9 h	4,9 (176)

2

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 31 H

Precalculus through Data and Modelling

Johns Hopkins University | Débutant | R

Prérequis annoncés : Some high school algebra and function basics

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Precalculus: Relations and Functions	Débutant	12 h	4,7 (231)
2	Precalculus: Periodic Functions	Débutant	9 h	4,7 (110)
3	Precalculus: Mathematical Modeling	Débutant	10 h	4,8 (98)

3

SPÉCIALISATION · 5 COURS · 79 H

Python for Everybody Specialization

University of Michigan | Débutant | Python, SQL, SQLite

Prérequis annoncés : No prerequisites; designed as an on-ramp to programming

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Programming for Everybody (Getting Started with Python)	Débutant	17 h	4,8 (233 775)
2	Python Data Structures	Débutant	20 h	4,9 (97 365)
3	Using Python to Access Web Data	Débutant	19 h	4,8 (44 591)
4	Using Databases with Python	Débutant	14 h	4,8 (21 659)
5	Capstone: Retrieving, Processing, and Visualizing Data with Python	Débutant	9 h	4,7 (14 483)

4

COURS · 1 COURS · 18 H

Introduction to Chemistry: Reactions and Ratios

Duke University | Débutant | cours isolé

Prérequis annoncés : Strong algebra foundation

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Chemistry: Reactions and Ratios	Débutant	18 h	4,7 (1 417)

5

COURS · 1 COURS · 17 H

Introduction to Chemistry: Structures and Solutions

Duke University | Débutant | cours isolé

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Chemistry: Structures and Solutions	Débutant	17 h	4,7 (584)

6

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 22 H

Biology Everywhere Specialization

University of Colorado Boulder | Débutant

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Biology Everywhere Foundations	Débutant	5 h	4,5 (249)
2	The Little Stuff: Energy, Cells, and Genetics	Débutant	6 h	4,7 (127)
3	The Big Stuff: Evolution and Ecology	Débutant	4 h	4,6 (48)
4	Specialty Topics: Biology Across Disciplines	Débutant	7 h	4,4 (43)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

Precalculus 2e

OpenStax (Rice University)

Exercices corrigés pour l'algèbre et les fonctions ; à suivre en parallèle des deux spécialisations de Johns Hopkins.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/precalculus-2e

Python for Everybody: Exploring Data in Python 3

Charles R. Severance

Manuel officiel de la spécialisation, un chapitre par semaine.

Gratuit (PDF, HTML, EPUB), licence CC BY 4.0 · www.py4e.com/book

Chemistry 2e

OpenStax (Rice University)

Chapitres 1 à 8 pour les deux cours de Duke : mesures, atomes, stœchiométrie, liaisons.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/chemistry-2e

Biology 2e

OpenStax (Rice University)

Unités 1 à 3 (chimie du vivant, cellule, génétique) pour Biology Everywhere.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/biology-2e

S2

ANNÉE 1 · 226 HEURES · ≈ 11 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Analyse, algèbre linéaire et mécanique

> Maîtriser le calcul différentiel et intégral et l'algèbre linéaire, puis les appliquer à la mécanique newtonienne ; élargir la biologie à l'écologie et à l'évolution.

COMPÉTENCES VISÉES

- Limites, dérivées, règles de dérivation et optimisation
- Intégrales, séries, techniques d'intégration, introduction au calcul vectoriel
- Systèmes linéaires, matrices, déterminants, valeurs propres, orthogonalité
- Cinématique, forces, énergie, quantité de mouvement, rotation et gravitation
- Écologie, évolution et biodiversité

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Simuler en Python la trajectoire d'un projectile avec frottement de l'air par la méthode d'Euler, comparer avec la solution sans frottement et tracer les deux courbes.

POINTS D'ATTENTION

- Faire Differential Calculus avant Integral Calculus, puis Linear Algebra.
- Introduction to Mechanics se place en seconde moitié de semestre, une fois les dérivées acquises.

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 33 H

Differential Calculus through Data and Modeling

Johns Hopkins University | Intermédiaire | Data Analysis Software

Prérequis annoncés : Some familiarity with precalculus, specifically exponential and logarithm functions

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Calculus through Data & Modeling: Precalculus Review	Débutant	8 h	4,8 (124)
2	Calculus through Data & Modeling: Limits & Derivatives	Débutant	10 h	4,7 (212)
3	Calculus through Data & Modeling: Differentiation Rules	Intermédiaire	8 h	4,8 (124)
4	Calculus through Data & Modeling: Applying Differentiation	Intermédiaire	7 h	4,7 (63)

2

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 25 H

Integral Calculus through Data and Modeling

Johns Hopkins University | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Working knowledge of differential calculus

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Calculus through Data & Modelling: Series and Integration	Intermédiaire	9 h	4,9 (63)
2	Calculus through Data & Modelling: Techniques of Integration	Intermédiaire	5 h	4,7 (55)
3	Calculus through Data & Modelling: Integration Applications	Intermédiaire	6 h	4,6 (28)
4	Calculus through Data & Modelling: Vector Calculus	Intermédiaire	5 h	4,7 (53)

3

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 34 H

Linear Algebra from Elementary to Advanced

Johns Hopkins University | Débutant

Prérequis annoncés : Basic algebra (no calculus)

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Linear Algebra: Linear Systems and Matrix Equations	Débutant	10 h	4,7 (183)
2	Linear Algebra: Matrix Algebra, Determinants, & Eigenvectors	—	15 h	4,8 (79)
3	Linear Algebra: Orthogonality and Diagonalization	Intermédiaire	9 h	4,8 (56)

4

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 81 H

Introduction to Mechanics Specialization

Rice University | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Algebra, geometry, trigonometry; basic calculus helpful

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Physics 101 - Forces and Kinematics	Intermédiaire	30 h	4,7 (210)
2	Physics 101 - Energy and Momentum	Intermédiaire	23 h	4,6 (49)
3	Physics 101 - Rotational Motion and Gravitation	Intermédiaire	28 h	4,8 (104)

5

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 53 H

Introduction to Biology: Ecology, Evolution, & Biodiversity

Rice University | Débutant

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Biology: Ecology	Débutant	18 h	4,8 (184)
2	Introduction to Biology: Evolution	Débutant	12 h	4,9 (91)
3	Introduction to Biology: Biodiversity	Débutant	23 h	4,8 (84)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

Calculus, Volume 1 and Volume 2
OpenStax (Rice University)

Volume 1 pour la dérivation, volume 2 pour l'intégration et les séries.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/calculus-volume-1

Linear Algebra
Jim Hefferon

Manuel complet avec exercices corrigés ; accompagne la spécialisation de Johns Hopkins.

Gratuit (PDF), licence libre · hefferon.net/linearalgebra

University Physics, Volume 1
OpenStax (Rice University)

La mécanique au niveau universitaire, chapitres 1 à 13, en parallèle de Rice.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/university-physics-volume-1

The Feynman Lectures on Physics, Volume I
Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)

Les chapitres sur la mécanique pour comprendre les idées derrière les équations.

Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement · www.feynmanlectures.caltech.edu

ANNÉE 2 · 433 HEURES

Sciences fondamentales

Mathématiques pour l'ingénieur, électromagnétisme, ondes, chimie générale et physique, statistique et physiologie

S3

ANNÉE 2 · 237 HEURES · ≈ 12 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Outils mathématiques, électromagnétisme et chimie générale

> Acquérir les équations différentielles, le calcul vectoriel et les méthodes numériques, puis les appliquer à l'électricité et au magnétisme ; approfondir la chimie générale.

COMPÉTENCES VISÉES

- Algèbre matricielle et équations différentielles
- Calcul vectoriel : gradient, divergence, rotationnel, théorèmes intégraux
- Méthodes numériques et programmation scientifique sous MATLAB
- Champs électriques, potentiel, circuits, magnétisme, induction et équations de Maxwell
- Thermochimie, équilibres, cinétique et modèles de la liaison

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Le capstone de Mathematics for Engineers : calcul numérique de l'écoulement autour d'un cylindre (allée de Kármán).

POINTS D'ATTENTION

- Suivre Vector Calculus for Engineers avant les cours 102 de Rice sur les champs magnétiques et Maxwell.
- Installer MATLAB ou GNU Octave.
- General Chemistry (Rice) n'est pas inclus dans Coursera Plus ; l'aide financière reste possible.

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 5 COURS · 127 H

Mathematics for Engineers

The Hong Kong University of Science and Technology | Débutant | MATLAB

Prérequis annoncés : Single variable calculus and some computer programming ability

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Matrix Algebra for Engineers	Débutant	20 h	4,9 (4 726)
2	Differential Equations for Engineers	Débutant	27 h	4,9 (2 251)
3	Vector Calculus for Engineers	Débutant	30 h	4,8 (1 425)
4	Numerical Methods for Engineers	Intermédiaire	40 h	4,8 (451)
5	Mathematics for Engineers: The Capstone Course	Intermédiaire	10 h	5,0 (45)

2

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 88 H

Introduction to Electricity and Magnetism Specialization

Rice University | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Algebra, geometry, trigonometry; basic calculus helpful

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Physics 102 - Electric Charges and Fields	Intermédiaire	22 h	4,6 (210)
2	Physics 102 - Electric Potential and DC Circuits	Intermédiaire	22 h	4,8 (35)
3	Physics 102 - Magnetic Fields and Faraday's Law	Intermédiaire	26 h	4,8 (28)
4	Physics 102 - AC Circuits and Maxwell's Equations	Intermédiaire	18 h	4,8 (51)

3

COURS · 1 COURS · 22 H

General Chemistry: Concept Development and Application

Rice University | cours isolé | hors Coursera Plus

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	General Chemistry: Concept Development and Application	—	22 h	4,7 (1 355)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

Notes on Diffy Qs: Differential Equations for Engineers

Jiří Lebl

Le manuel de référence pour Differential Equations for Engineers.

Gratuit (PDF et web), licences CC BY-NC-SA 4.0 et CC BY-SA 4.0 · www.jirka.org/diffyqs

Calculus, Volume 3

OpenStax (Rice University)

Calcul multivarié et vectoriel pour Vector Calculus for Engineers.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/calculus-volume-3

University Physics, Volume 2

OpenStax (Rice University)

Électricité et magnétisme, chapitres 5 à 16, en parallèle de Rice.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/university-physics-volume-2

The Feynman Lectures on Physics, Volume II

Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)

L'électromagnétisme raconté par Feynman, pour l'intuition physique.

Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement · www.feynmanlectures.caltech.edu

S4

ANNÉE 2 · 196 HEURES · ≈ 10 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Statistique, ondes, chimie physique et physiologie

> Apprendre à analyser des données expérimentales, étudier les ondes et l'optique, entrer dans la chimie physique et la spectroscopie, et relier biologie et chimie.

COMPÉTENCES VISÉES

- Statistique descriptive, inférence, intervalles de confiance, régression en Python
- Oscillateurs, ondes, lumière et matériaux, optique géométrique et physique
- Gaz, thermodynamique et cinétique en chimie physique
- Spectroscopie moléculaire : infrarouge, UV-visible, interprétation de spectres
- Organisation du corps humain, tissus, squelette, muscles, systèmes nerveux et endocrinien
- Chimie biologique : petites molécules, protéines et essais biochimiques

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Une étude statistique en Python sur des données réelles de laboratoire (spectres ou mesures physiologiques) : description, intervalles de confiance, régression et rapport de deux pages.

POINTS D'ATTENTION

- Suivre Introduction to Physical Chemistry avant Molecular Spectroscopy, qui suppose des bases.
- Physics of Waves and Optics demande une année de physique : mécanique (S2) et électromagnétisme (S3).

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 57 H

Statistics with Python

University of Michigan · Débutant · Python, Jupyter, Matplotlib, NumPy, pandas, Seaborn, Statsmodels

Prérequis annoncés : High school algebra; basic Python recommended

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Understanding and Visualizing Data with Python	Débutant	20 h	4,7 (2 741)
2	Inferential Statistical Analysis with Python	Intermédiaire	22 h	4,6 (938)
3	Fitting Statistical Models to Data with Python	Intermédiaire	15 h	4,4 (718)

2

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 57 H

Physics of Waves and Optics Specialization

Rice University · Intermédiaire

Prérequis annoncés : A year of introductory physics

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Physics of Oscillators and Waves	Intermédiaire	20 h	4,8 (20)
2	Physics of Light and Materials	Intermédiaire	17 h	4,8 (10)
3	Physics of Geometrical and Physical Optics	Intermédiaire	20 h	—

3

COURS · 1 COURS · 19 H

Introduction to Physical Chemistry

University of Manchester · Débutant · cours isolé

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Physical Chemistry	Débutant	19 h	4,7 (760)

4

COURS · 1 COURS · 12 H

Introduction to Molecular Spectroscopy

University of Manchester | Intermédiaire | cours isolé

Prérequis annoncés : Some related experience required

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Molecular Spectroscopy	Intermédiaire	12 h	4,7 (2 645)

5

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 31 H

Human Anatomy & Physiology I Specialization

Rice University | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Some medical terminology knowledge (preferred)

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Anatomy & Physiology: Levels of Organization	Intermédiaire	10 h	4,7 (126)
2	Anatomy & Physiology: Support & Movement	Intermédiaire	12 h	4,9 (34)
3	Anatomy & Physiology: Regulation, Integration, & Control	Intermédiaire	9 h	4,8 (36)

6

COURS · 1 COURS · 20 H

Chemical Biology

University of Geneva | Intermédiaire | cours isolé

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Chemical Biology	Intermédiaire	20 h	4,6 (174)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

OpenIntro Statistics

David Diez, Mine Çetinkaya-Rundel, Christopher Barr

Le manuel de statistique d'introduction le plus utilisé, pour Statistics with Python.

PDF gratuit (contribution facultative) · www.openintro.org/book/os

University Physics, Volume 3

OpenStax (Rice University)

Optique et physique moderne : chapitres 1 à 4 pour Waves and Optics, le reste pour le S5.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/university-physics-volume-3

Anatomy and Physiology 2e

OpenStax (Rice University)

Unités 1 à 3 pour Human Anatomy & Physiology I.

Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0 · openstax.org/details/books/anatomy-and-physiology-2e

ANNÉE 3 · 400 HEURES

Sciences avancées

Physique moderne et quantique, électrodynamique, matière condensée, thermodynamique statistique, cosmologie, chimie quantique et biologie des systèmes

S5

ANNÉE 3 · 198 HEURES · ≈ 10 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Physique quantique et de la matière

> Passer de la physique classique à la physique moderne : relativité, mécanique quantique, électrodynamique avancée, matière condensée et thermodynamique statistique.

COMPÉTENCES VISÉES

- Relativité restreinte, atomes et quanta en introduction
- Équation de Schrödinger, moment cinétique, méthodes d'approximation
- Résolution avancée des équations de Maxwell
- Phases de la matière, théories universelles, sujets modernes de la matière condensée
- Fonctions de partition et lien entre propriétés moléculaires et thermodynamique

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Résoudre numériquement en Python l'équation de Schrödinger à une dimension (puits fini, oscillateur harmonique) par différences finies, et comparer les niveaux d'énergie aux valeurs théoriques.

POINTS D'ATTENTION

- Commencer par Understanding Modern Physics, la porte d'entrée la plus douce.
- Electrodynamics (KAIST) est classée Avancé : à suivre après l'électromagnétisme du S3 et le calcul vectoriel.
- The Physics of Emergence n'a que 20 avis ; s'appuyer sur les notes de Tong.

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 29 H

Understanding Modern Physics Specialization

The Hong Kong University of Science and Technology · Débutant

Prérequis annoncés : Basic classical physics and calculus (highly recommended)

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Understanding Modern Physics I: Relativity and Cosmology	Débutant	11 h	4,6 (174)
2	Understanding Modern Physics II: Quantum Mechanics and Atoms	Débutant	11 h	4,6 (71)
3	Understanding Modern Physics III: Simplicity and Complexity	Débutant	7 h	4,8 (34)

2

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 54 H

Quantum Mechanics for Engineers

University of Colorado Boulder | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Undergraduate calculus, differential equations and linear algebra

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Foundations of Quantum Mechanics	Intermédiaire	27 h	4,5 (94)
2	Theory of Angular Momentum	Intermédiaire	13 h	4,0 (20)
3	Approximation Methods	Intermédiaire	14 h	4,4 (14)

3

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 55 H

Electrodynamics

Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) | Intermédiaire

Prérequis annoncés : Basic calculus, high school physics and chemistry

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Electrodynamics: An Introduction	Intermédiaire	13 h	4,7 (643)
2	Electrodynamics: Analysis of Electric Fields	Avancé	11 h	4,7 (175)
3	Electrodynamics: Electric and Magnetic Fields	Avancé	12 h	4,8 (236)
4	Electrodynamics: In-depth Solutions for Maxwell's Equations	Avancé	19 h	4,8 (129)

4

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 39 H

The Physics of Emergence: Introduction to Condensed Matter

University of Colorado Boulder | Débutant

Prérequis annoncés : Newtonian mechanics and algebra; linear algebra and basic calculus helpful

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Phases of Matter: Solid, Liquid, Gas and Beyond	Débutant	13 h	4,8 (11)
2	Universal Theories	Débutant	14 h	—
3	Modern Topics in Condensed Matter Physics	Débutant	12 h	4,9 (12)

5

COURS · 1 COURS · 21 H

Statistical Molecular Thermodynamics

University of Minnesota | Débutant | cours isolé

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Statistical Molecular Thermodynamics	Débutant	21 h	4,9 (368)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

Quantum Mechanics

David Tong (University of Cambridge)

Notes du cours de Cambridge, en parallèle de Quantum Mechanics for Engineers.

Notes de cours gratuites en ligne (PDF) · davidtong.org/teaching/quantum-mechanics

Electromagnetism

David Tong (University of Cambridge)

Pour l'électrodynamique de KAIST.

Notes de cours gratuites en ligne (PDF) · davidtong.org/teaching/electromagnetism

Statistical Physics

David Tong (University of Cambridge)

Fonctions de partition, gaz parfaits et quantiques, transitions de phase.

Notes de cours gratuites en ligne (PDF) · davidtong.org/teaching/statistical-physics

Solid State Physics

David Tong (University of Cambridge)

Pour The Physics of Emergence.

Notes de cours gratuites en ligne (PDF) · davidtong.org/teaching/solid-state-physics

The Feynman Lectures on Physics, Volume III

Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)

La mécanique quantique selon Feynman, pour l'intuition.

Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement · www.feynmanlectures.caltech.edu

S6

ANNÉE 3 · 202 HEURES · ≈ 10 H PAR SEMAINE SUR 20 SEMAINES

Univers, chimie quantique et biologie des systèmes

> Appliquer les outils de physique, de chimie et de statistique à trois grandes échelles : l'univers, la molécule et le vivant.

COMPÉTENCES VISÉES

- Astronomie, galaxies et cosmologie
- Théorie de la fonctionnelle de la densité et calcul de structures électroniques
- Technologies génomiques, Python, outils en ligne de commande, Bioconductor et statistique génomique
- Biologie des systèmes : méthodes expérimentales, réseaux et modèles dynamiques

PROJET DE FIN DE SEMESTRE

Le projet de fin de cursus : le capstone de Systems Biology, prolongé par un modèle dynamique d'un réseau biologique (équations différentielles) ajusté à des données publiques.

POINTS D'ATTENTION

- Density Functional Theory est classé Avancé et suppose la mécanique quantique du S5.
- Astronomy and Cosmology vient d'ouvrir et n'a pas encore d'avis.
- Systems Biology utilise R et MATLAB, Genomic Data Science Python, R et Unix.

PROGRAMME

1

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 28 H

Astronomy and Cosmology: Exploring the Universe

University of Cambridge · Débutant

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	An Introduction to Astronomy	Débutant	9 h	—
2	Extra-Galactic Astronomy	Intermédiaire	8 h	—
3	Cosmology	Intermédiaire	11 h	—

2

COURS · 1 COURS · 26 H

Density Functional Theory

École Polytechnique · Avancé · cours isolé

Prérequis annoncés : Basic quantum mechanics

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Density Functional Theory	Avancé	26 h	4,8 (257)

3

SPÉCIALISATION · 6 COURS · 56 H

Genomic Data Science Specialization

Johns Hopkins University | Intermédiaire | Python, R, Bioconductor, Unix

Prérequis annoncés : Some statistics, computer science and biology background (helpful, not required)

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Genomic Technologies	—	6 h	4,6 (4 901)
2	Python for Genomic Data Science	—	8 h	4,3 (1 830)
3	Algorithms for DNA Sequencing	Débutant	12 h	4,7 (938)
4	Command Line Tools for Genomic Data Science	—	12 h	4,0 (578)
5	Bioconductor for Genomic Data Science	—	9 h	3,8 (388)
6	Statistics for Genomic Data Science	—	9 h	4,2 (383)

4

SPÉCIALISATION · 6 COURS · 92 H

Systems Biology and Biotechnology Specialization

Icahn School of Medicine at Mount Sinai | Intermédiaire | R, MATLAB

Prérequis annoncés : College-level cell and molecular biology, basic statistics and calculus

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Systems Biology	—	19 h	4,3 (577)
2	Experimental Methods in Systems Biology	—	18 h	4,5 (317)
3	Network Analysis in Systems Biology	Intermédiaire	30 h	4,5 (204)
4	Dynamical Modeling Methods for Systems Biology	—	19 h	4,7 (223)
5	Integrated Analysis in Systems Biology	—	4 h	4,6 (87)
6	Systems Biology and Biotechnology Capstone	—	2 h	4,5 (13)

LECTURES COMPLÉMENTAIRES

Cosmology

David Tong (University of Cambridge)

Notes de Cambridge pour la spécialisation de Cambridge sur Coursera.

Notes de cours gratuites en ligne (PDF) · davidtong.org/teaching/cosmology

Density Functional Theory: A Practical Introduction, 2nd edition

David S. Sholl, Janice A. Steckel (Wiley)

L'introduction pratique de référence pour le cours de l'École Polytechnique.

Ouvrage payant · www.wiley-vch.de/en/areas-interest/natural-sciences/density-functional-theory-978-1-119-84086-2

Computational Genomics with R

Altuna Akalin

Pour les cours Bioconductor et statistique de Genomic Data Science.

Gratuit en ligne, licence CC BY-NC-SA 4.0 · compgenomr.github.io/book

An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits, 2nd edition

Uri Alon (CRC Press)

Le classique de la biologie des systèmes : motifs de réseaux et circuits génétiques.

Ouvrage payant · lehmanns.de/shop/naturwissenschaften/21192442-9781439837177-an-introduction-to-systems-biology

6. Options

Ces spécialisations ne sont pas comptées dans le total. Elles conviennent en fin d'année 3 ou après le cursus, selon l'orientation choisie.

Le prolongement naturel de Genomic Data Science : algorithmes de la bioinformatique en Python, de l'ADN à l'évolution moléculaire.

SPÉCIALISATION · 7 COURS · 120 H

Bioinformatics Specialization

University of California San Diego | Débutant | Python

Prérequis annoncés : Basic high school biology; ability to think technically

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Finding Hidden Messages in DNA (Bioinformatics I)	Débutant	16 h	4,2 (1646)
2	Genome Sequencing (Bioinformatics II)	Intermédiaire	17 h	4,6 (327)
3	Comparing Genes, Proteins, and Genomes (Bioinformatics III)	Intermédiaire	22 h	4,6 (143)
4	Molecular Evolution (Bioinformatics IV)	Intermédiaire	18 h	4,5 (79)
5	Genomic Data Science and Clustering (Bioinformatics V)	Intermédiaire	10 h	4,1 (94)
6	Finding Mutations in DNA and Proteins (Bioinformatics VI)	Intermédiaire	24 h	4,6 (63)
7	Bioinformatics Capstone: Big Data in Biology	Intermédiaire	13 h	3,7 (29)

Une seconde approche de la thermodynamique statistique, plus orientée ingénierie, après le cours du Minnesota.

SPÉCIALISATION · 5 COURS · 34 H

Statistical Thermodynamics Specialization

University of Colorado Boulder | Avancé | Mathematical Software

Prérequis annoncés : Undergraduate engineering thermodynamics

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Fundamentals of Macroscopic and Microscopic Thermodynamics	Avancé	9 h	4,3 (271)
2	Quantum Mechanics	Avancé	6 h	4,5 (752)
3	Ideal Gases	Avancé	6 h	4,5 (145)
4	Dense Gases, Liquids and Solids	Avancé	5 h	4,5 (117)
5	Non-Equilibrium Applications of Statistical Thermodynamics	Avancé	8 h	4,4 (83)

La biologie synthétique : concevoir, modéliser et abstraire des circuits génétiques. Éligible à des crédits CU Boulder.

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 63 H

Engineering Genetic Circuits Specialization

University of Colorado Boulder | Intermédiaire | Mathematical Software | crédits universitaires

Prérequis annoncés : Basic understanding of biology and/or engineering principles (recommended)

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Engineering Genetic Circuits: Design	Débutant	20 h	4,4 (38)
2	Engineering Genetic Circuits: Modeling and Analysis	Intermédiaire	25 h	—
3	Engineering Genetic Circuits: Abstraction Methods	Intermédiaire	18 h	—

La science des matériaux : structures cristallines, métaux, diagrammes de phases.

SPÉCIALISATION · 4 COURS · 89 H

Materials Science for Technological Application

Arizona State University | Débutant

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Introduction to Materials Science	Débutant	29 h	4,7 (243)
2	Crystal Structures and Properties of Metals	Débutant	24 h	4,8 (41)
3	Shape and Property Control of Metals I & II	Débutant	20 h	4,9 (23)
4	Phase Diagrams I & II	Débutant	16 h	4,6 (31)

Les mathématiques de l'apprentissage automatique, pour qui veut s'orienter vers la science des données.

SPÉCIALISATION · 3 COURS · 58 H

Mathematics for Machine Learning Specialization

Imperial College London | Débutant | Python, NumPy

Prérequis annoncés : High school maths; basic Python helpful for course 3

#	COURS	NIVEAU	DURÉE	NOTE (AVIS)
1	Mathematics for Machine Learning: Linear Algebra	Débutant	19 h	4,6 (12 618)
2	Mathematics for Machine Learning: Multivariate Calculus	Débutant	18 h	4,7 (5 786)
3	Mathematics for Machine Learning: PCA	Intermédiaire	21 h	4,0 (3 190)

7. Bibliographie

22 des 24 ouvrages sont consultables gratuitement en ligne, selon les conditions indiquées.

1. **OpenStax (Rice University)**. *Precalculus 2e*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/precalculus-2e
2. **Charles R. Severance**. *Python for Everybody: Exploring Data in Python 3*. Gratuit (PDF, HTML, EPUB), licence CC BY 4.0. www.py4e.com/book
3. **OpenStax (Rice University)**. *Chemistry 2e*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/chemistry-2e
4. **OpenStax (Rice University)**. *Biology 2e*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/biology-2e
5. **OpenStax (Rice University)**. *Calculus, Volume 1 and Volume 2*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/calculus-volume-1
6. **Jim Hefferon**. *Linear Algebra*. Gratuit (PDF), licence libre. hefferon.net/linearalgebra
7. **OpenStax (Rice University)**. *University Physics, Volume 1*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/university-physics-volume-1
8. **Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)**. *The Feynman Lectures on Physics, Volume I*. Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement. www.feynmanlectures.caltech.edu
9. **Jiří Lebl**. *Notes on Diffy Qs: Differential Equations for Engineers*. Gratuit (PDF et web), licences CC BY-NC-SA 4.0 et CC BY-SA 4.0. www.jirka.org/diffyqs
10. **OpenStax (Rice University)**. *Calculus, Volume 3*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/calculus-volume-3
11. **OpenStax (Rice University)**. *University Physics, Volume 2*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/university-physics-volume-2
12. **Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)**. *The Feynman Lectures on Physics, Volume II*. Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement. www.feynmanlectures.caltech.edu
13. **David Diez, Mine Çetinkaya-Rundel, Christopher Barr**. *OpenIntro Statistics*. PDF gratuit (contribution facultative). www.openintro.org/book/os
14. **OpenStax (Rice University)**. *University Physics, Volume 3*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/university-physics-volume-3
15. **OpenStax (Rice University)**. *Anatomy and Physiology 2e*. Gratuit (web et PDF), licence CC BY 4.0. openstax.org/details/books/anatomy-and-physiology-2e
16. **David Tong (University of Cambridge)**. *Quantum Mechanics*. Notes de cours gratuites en ligne (PDF). davidtong.org/teaching/quantum-mechanics
17. **David Tong (University of Cambridge)**. *Electromagnetism*. Notes de cours gratuites en ligne (PDF). davidtong.org/teaching/electromagnetism
18. **David Tong (University of Cambridge)**. *Statistical Physics*. Notes de cours gratuites en ligne (PDF). davidtong.org/teaching/statistical-physics
19. **David Tong (University of Cambridge)**. *Solid State Physics*. Notes de cours gratuites en ligne (PDF). davidtong.org/teaching/solid-state-physics
20. **Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands (Caltech)**. *The Feynman Lectures on Physics, Volume III*. Lecture gratuite en ligne (HTML), sans téléchargement. www.feynmanlectures.caltech.edu

21. **David Tong (University of Cambridge)**. *Cosmology*. Notes de cours gratuites en ligne (PDF). davidtong.org/teaching/cosmology

22. **David S. Sholl, Janice A. Steckel (Wiley)**. *Density Functional Theory: A Practical Introduction, 2nd edition*. Ouvrage payant. www.wiley-vch.de/en/areas-interest/natural-sciences/density-functional-theory-978-1-119-84086-2

23. **Altuna Akalin**. *Computational Genomics with R*. Gratuit en ligne, licence CC BY-NC-SA 4.0. compgenomr.github.io/book

24. **Uri Alon (CRC Press)**. *An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits, 2nd edition*. Ouvrage payant. lehmanns.de/shop/naturwissenschaften/21192442-9781439837177-an-introduction-to-systems-biology

8. Méthode et avertissements

- **Source des données.** Les cours, durées, niveaux et notes viennent des pages coursera.org relevées les 4 et 5 novembre 2026, et des fichiers « General Science Specializations », « Data Science Specializations Coursera » et « Computer Science Specializations ».
- **Calcul des heures.** Les volumes additionnent les durées annoncées pour chaque cours. Les durées d'en-tête de Coursera, souvent différentes, ne sont pas utilisées.
- **Cours isolés.** Les huit cours de chimie et de chimie quantique (Duke, Rice, Manchester, Minnesota, Genève, École Polytechnique) ne font partie d'aucune spécialisation ; Coursera ne propose pas de spécialisation universitaire de chimie générale.
- **Ce que le cursus ne remplace pas.** Il n'y a pas de travaux pratiques en laboratoire réel, sauf la spectroscopie virtuelle. La chimie organique est absente faute de cours universitaire en anglais sur Coursera.
- **Évolution du catalogue.** Coursera modifie régulièrement ses cours, durées et notes. Vérifier chaque page avant de s'inscrire.
- **Manuels.** La disponibilité gratuite a été vérifiée sur les sites des auteurs et des éditeurs ; deux ouvrages de troisième année sont payants.