

# IF.1106 / IF.1204 – Sciences du numérique

## Informations générales

Titre du module : Sciences du numérique  
Identifiant du module : IF.1106 / IF.1204  
Responsable du module : Mariam CAMARA  
ECTS : 4  
Quantité de travail moyenne par élève : 100h, dont 42h encadrées  
Travail en équipe : oui (projet (6), TP (2))  
Mots clés : Newton, Galilée, relativité, thermodynamique, électromagnétique, microélectronique, électronique quantique, transistors, Bande interdites, Niveaux d'énergie quantifiés, effet tunnel, mobilité des porteurs de charge, circuits intégrés, conduction électrique, physique des solides, structure de bande

## Présentation

Les sciences du numérique constituent un ensemble de disciplines qui scrutent les aspects théoriques, méthodologiques et pratiques des systèmes informatiques et numériques. Leur objectif principal est de saisir les fondements théoriques des systèmes informatiques, de concevoir des méthodes et des algorithmes, et d'appliquer ces connaissances pour résoudre des problèmes concrets. Dans ce contexte, ce module, assimilé à la physique du numérique, s'attache à l'application de concepts physiques dans la conception et la modélisation de systèmes numériques. Cela englobe la compréhension des principes physiques sous-jacents aux composants électroniques, aux circuits numériques, aux dispositifs de stockage, et aux technologies de l'information en général.

Au cours du semestre, nous explorons ces concepts, depuis les préceptes énoncés par Galilée et Newton jusqu'à la révolution quantique, en passant par les applications modernes de la microélectronique. Ce parcours permettra de jeter un regard approfondi sur la manière dont les principes physiques façonnent et influencent le domaine en constante évolution des sciences du numérique.

## Objectifs pédagogiques

*Lien avec le référentiel de compétences Isep*

### Compétences spécialisées

- Résoudre des problèmes scientifiques et techniques pluridisciplinaires sous contraintes dans le domaine des TIC
  - Analyse du problème posé et prise en compte des contraintes
  - Modélisation du problème et traitement formel
  - Évaluation des solutions
- Concevoir un objet technologique logiciel ou matériel à fonctionnement sûr et normalisé
  - Maîtriser les phases de conception
  - Assurer la qualité et la sûreté du système
- Agir en mode projet
  - Savoir agir en maître d'œuvre
- Comprendre les méthodes de recherche et savoir les appliquer en TIC
  - Maîtriser la recherche bibliographique et décrire l'état de l'art sur un sujet donné
  - Procéder à une analyse critique de travaux de recherche
  - Expérimenter des méthodes spécifiques au sujet posé

## Compétences transverses

- Agir en bon communicant dans un environnement scientifique et technique ouvert à l'international
  - Écouter et se faire écouter
  - Mener un dialogue, argumenter et convaincre
  - Communiquer dans plusieurs langues
  - Documenter de façon efficace et facilement exploitable, quel que soit le public visé, les activités accomplies ou les produits réalisés

## Prérequis

- Aucun

## Contenu/programme

### Concepts

- Effet Sagnac
  - Application dans les systèmes de positionnement global (GPS).
  - Gyrolasers.
- Galilée et Newton
  - De la gravité à l'inertie.
  - Les bases de la mécanique classique : ajustement automatique de l'écran/inclinomètre.
- Géolocalisation par satellites
  - Comment les signaux émis en orbite déterminent précisément la position et le mouvement sur terre.
- Ondes électromagnétiques
  - Les fondements des ondes électromagnétiques, pilier des communications sans fil et des technologies numériques.
  - Application de concepts dans SHAZAM.
- Ondes gravitationnelles
  - Détection révolutionnaire des ondes gravitationnelles et leur impact sur les technologies numériques de pointe.
- Physique quantique
  - Application aux composants électroniques et aux appareils photo.
- Relativité Générale et Restreinte
  - Exploration des théories d'Einstein sur la relativité générale et restreinte.
  - Influence sur la navigation spatiale et la synchronisation des horloges.
- Thermodynamique
  - Les fondamentaux de la thermodynamique et leur application à la gestion des chaleurs dans les systèmes numériques.
- Microélectronique
  - De la loi de Moore à More than Moore (parallèle entre économie et nœuds technologiques).
  - Procédure de fabrication en industrie.
  - Les enjeux actuels de la microélectronique.

### Savoir-faire

- Étude de l'état de l'art.
- Modélisation python, simulation, calcul et visualisation dans un environnement de calcul pour des applications scientifiques.
- Mettre en œuvre un MOSFET de type FDSOI et mise en évidence des effets de la front et back gate
  - Design
  - Caractérisation I/V

## Outils utilisés

- Logiciel Synopsis : modules Sentaurus
- Scilab : calcul et visualisation
- Scipy : modélisation python

## Mobilisations ultérieures à l'Isep

- IE.2412 – Systèmes Analogiques

## Modalités pédagogiques

### Méthodes d'apprentissage

- Les cours sont complétées par des Questionnaires à Choix Multiples (QCM) afin de faciliter l'assimilation des concepts présentés.
- Les étudiants, regroupés par équipes d'APP (Apprentissage par Problèmes et par Projets), effectuent une revue de l'état de l'art sur un sujet spécifique. Chaque groupe, composé d'au maximum 6 étudiants, présente et discute de ses découvertes au cours du semestre.
- Les séances de travaux pratiques offriront aux étudiants l'opportunité de concevoir, caractériser et analyser leur propre dispositif. Ils seront encouragés à identifier et comprendre les concepts physiques sous-jacents à travers cette expérience pratique.

### Modalités d'évaluation

- Rapport sur l'état de l'art (20%)
- Compte rendu de TP (30%)
- Soutenance et Démo (20%)
- Examen QCM (30%)

### Langue de travail

- Cours (français), documentation Travaux pratiques (Anglais)

## Bibliographie, Webographie, Autres sources

- Pierre Spagnou, *Les mystères du temps*, CNRS Editions, 2017
- Exemple d'utilisation de Shazam : <https://www.youtube.com/watch?v=UDVtMYqUAyw>
- Evalyn Gates, *Einstein's Telescope*, WW Norton & Co, 2010
- Éricourgoulhon, *Relativité restreinte : des particules à l'astrophysique*, EDP Sciences, 2010
- Pierre Spagnou, *De la relativité au GPS*, Ellipses, 2012
- Pierre Spagnou, *Les mystères du temps*, CNRS Editions, 2017
- Pierre Spagnou, *Le trésor des ondes gravitationnelles*, CNRS Editions, 2020
- Kip Thorne, *Trous noirs et distorsions du temps*, Flammarion, 1997
- Kip Thorne, *The Science of Interstellar*, WW Norton & Co, 2014
- Ulrik Uggerhøj et al., *The young centre of the Earth*, European Journal of Physics, Volume 37, 2016
- Clifford Will, *The confrontation between general relativity and experiment*, Living Rev. Relativity, Volume 17, 2014
- Colin Bruce, *L'étrange affaire du chat de Madame Hudson*, Flammarion, 1998
- Albert Einstein, Boris Podolsky, Nathan Rosen, « Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? », *Phys. Rev.* 47 (1935)
- Christophe Grojean, Laurent Vacavant, *A la recherche du boson de Higgs*, Libro, 2015
- Ronald Hanson et al., *Experimental loophole-free violation of a Bell inequality using entangled electron spins separated by 1.3 km*, *Nature*, 726 (2015)
- Hrvoje Nikolic, *Quantum mechanics: Myths and facts*, *Foundations of Physics*, 37, 2007

- Hrvoje Nikolic, EPR before EPR: a 1930 Einstein-Bohr thought experiment revisited, Eur. J. Phys. (2012)
- Huw Price, Time's arrow and Archimede Point, Oxford University Press, 1996
- <http://www.bibnum.education.fr/>
- Sentaurus TCAD Training for CMOS Application: Synopsys.com