



# ÉCOLE PROFESSORALE

## D E P A R I S

Rencontres scientifiques École Professorale de Paris - St Jean de Passy

### Physique-Chimie

Année 2022-2023

Sous la direction de **Cédric DEFFAYET**, Directeur de recherches au CNRS  
Les mardis 17h-19h30, à St Jean de Passy (72 rue Raynouard, Paris 16<sup>ème</sup>)

#### MODULE 1 (15 HEURES)

*Mardis 13, 20, 27 septembre et 4, 11, 18 octobre 2022*

#### PHYSIQUE. UNE INTRODUCTION À LA RELATIVITÉ GÉNÉRALE

par **Cédric DEFFAYET**, ancien élève de l'École Normale Supérieure, agrégé de physique, directeur de Recherche au CNRS à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP) et à l'Institut des Hautes Études Scientifiques (IHÉS), chargé de cours à l'École Polytechnique.

La théorie de la relativité générale, élaborée par Einstein en 1915, est la théorie la plus aboutie de la gravitation. Nous introduirons les principes ayant conduit à la formulation de cette théorie (principes d'équivalence et de relativité, principe de Mach, quelques éléments de relativité restreinte), puis la théorie elle-même et ses applications les plus simples et les plus célèbres : métrique de Schwarzschild, ondes gravitationnelles et cosmologie relativiste. Cette formation se veut une ouverture sur un domaine ayant connu une véritable révolution lors des dernières années avec la récente (2015) première mise en évidence directe des ondes gravitationnelles émises lors de la fusion de trous noirs ou l'obtention (2019) de la première image d'un trou noir supermassif au centre de la galaxie Messier 87 par le réseau de radio télescopes EHT. Une partie du contenu de cette formation dépasse très largement les programmes du secondaire et a pour objet de proposer une mise à niveau sur des sujets d'actualité brûlante qui pourront ensuite éventuellement être présentés de façon beaucoup plus simple devant un public d'élèves du collège et du lycée ; une autre partie sera plus directement réutilisable devant ce public puisque nous nous efforcerons de discuter certains aspects de la relativité générale qui ont une formulation non relativiste et « newtonienne ».

#### MODULE 2 (15 HEURES)

*Mardis 8, 15, 22, 29 novembre et 6, 13 décembre*

#### CHIMIE. MÉTALLURGIE

par **Marc BLETRY**, ancien élève de l'École Nationale Supérieure d'Électrochimie et d'Électrometallurgie de Grenoble, Maître de conférences à l'université François Rabelais de Tours.

Nous proposons un tour d'horizon de la métallurgie physique. Cette discipline est à l'interface de la mécanique, de la physique et de la chimie. L'une des questions clefs est celle des propriétés mécaniques des

métaux : à quoi sont-elles dues et comment peuvent-elles être contrôlées ? Ces questions conduisent à des considérations fondamentales et ont des conséquences pratiques intéressantes dans tous les secteurs industriels. Dans ce cours, nous proposons un tour d'horizon de cette discipline en introduisant les concepts élémentaires sur lesquels elle s'est construite (cristallographie, transformation de phase, défauts, diffusion, solidification, microstructure) puis en abordant la compréhension des propriétés mécaniques à l'échelle microscopique (déformation élastique et plastique, mécanismes de déformation, fatigue, rupture). Il ne s'agit pas de traiter en détails chacune de ces questions, mais d'en introduire les idées essentielles et de les illustrer à travers des applications pratiques ou des questions de recherche fondamentale actuelle. Il sera possible de moduler le contenu en fonction de l'intérêt des participants.

### MODULE 3 (15 HEURES)

*Mardis 10, 17, 24, 31 janvier et 7, 14 février 2023*

*Ou bien jeudis 12, 19, 26 janvier et 2, 9 et 16 février 2023 (dates à confirmer)*

#### PHYSIQUE. LA PHYSIQUE DES ONDES ET SES APPLICATIONS

par **Arnaud TOURIN**, docteur en physique acoustique de l'Université Paris Cité, Professeur à l'ESPCI Paris-PSL.

L'objectif de ce cours est de présenter un cadre conceptuel permettant d'appréhender la propagation des différents types d'ondes dans les milieux les plus divers. Ce cadre repose sur l'idée que l'évolution d'une onde, quelle que soit sa nature, est toujours gouvernée par une équation différentielle présentant des propriétés de symétrie (invariances par translation, réciprocity spatiale, invariance par renversement du temps). Nous montrerons qu'elle peut s'analyser à partir de concepts très généraux tels que la cohérence, la diffraction et la dispersion. Nous nous intéresserons particulièrement à des situations où le milieu de propagation est fortement hétérogène et/ou réverbérant. Nous découvrirons alors que, loin de n'être qu'un inconvénient, la complexité du milieu de propagation peut être mise à profit pour concevoir des instruments d'imagerie et de communication plus performants. Des exemples d'application de ce nouveau paradigme seront pris dans différents domaines : de l'imagerie médicale à la géophysique en passant par les communications numériques, les interfaces homme-machine et le contrôle santé des matériaux.

### MODULE 4 (15 HEURES)

*Mardis 7, 14, 21, 28 mars et 4, 11 avril 2023*

#### PHYSIQUE. L'UNIVERS À HAUTE ÉNERGIE

par **Martin LEMOINE**, Ancien élève de l'École polytechnique, directeur de recherche au CNRS à l'Institut d'Astrophysique de Paris (IAP), ancien professeur chargé de cours à l'École polytechnique et enseignant au Master de physique de l'École normale supérieure.

Les développements technologiques des dernières dizaines d'années ont permis d'élargir notre vision de l'Univers aux bandes de très haute fréquence (domaines X et gamma) du spectre électromagnétique et depuis peu, de nous en donner une vision "multi-messagers" par la détection de rayons cosmiques, de neutrinos et d'ondes gravitationnelles. Ce cours offre une perspective moderne sur cet Univers à haute énergie. On y présentera un panorama des techniques observationnelles utilisées et de la zoologie des sources découvertes. L'essentiel du cours portera sur les phénomènes physiques qui façonnent et structurent ces sources de haute énergie : évolution stellaire dans les stades avancés, phénomènes explosifs, astres compacts, et plasmas en conditions extrêmes notamment.