



Parcours d'Approfondissement

« Science et Défis du Spatial »

Objectifs

Le spatial est et restera un domaine attractif pour de nombreux étudiants et chercheurs, autant pour sa part de rêve de conquête spatiale et de découvertes scientifiques, que pour son importance économique et stratégique en terme de souveraineté nationale. Ce domaine est en pleine révolution depuis l'apparition de nouveaux acteurs privés (le plus emblématique étant la société SpaceX) et la compétition pour un accès rapide, global et économiquement accessible est féroce. Un nombre impressionnant de start-up est né dans le domaine du « newspace » dans les cinq dernières années et les grandes entreprises du domaine n'ont jamais autant été forcées d'innover pour accompagner la mutation du marché. Sur le plan scientifique, de grandes missions d'exploration du système solaire ont été lancées récemment la mission Bepi Colombo partie vers mercure, ou les missions d'exploration du soleil, Solar Parker Probe et Solar Orbiter), et de grandes missions d'intérêt fondamental en astrophysique et cosmologie ont fait progresser les connaissances fondamentales de l'univers primordial (e.g. Planck).

Les élèves polytechniciens ont depuis longtemps un goût prononcé pour le spatial et le binet AstronautiX est très actif. Depuis peu, l'Ecole polytechnique s'est doté d'un Centre Spatial Etudiant dirigé par un ingénieur de recherche à temps plein. Les élèves développent des projets ambitieux dans le cadre des PSC en 2A. Plusieurs PSC récents ont remporté des prix internationaux sur des sujets aussi variés qu'une proposition de nouvelle combinaison d'astronaute ou que sur un ballon pour l'exploration de mars. Les élèves ont également réussi l'exploit de mettre sur orbite un satellite de petite taille (Un Cubsat de 2U), baptisé X-Cubsat, qui a terminé sa vie en février 2019 après avoir passé plusieurs mois en orbite basse autour de la terre.

L'objectif du PA « Science et Défis du Spatial » est de proposer un enseignement en 3A pertinent pour des carrières dans le spatial, comme chercheur ou comme cadre dans l'industrie ou les grandes agences spatiales mondiales, mais également une formation par le spatial, valorisable dans tous les domaines scientifiques et industriels. L'enseignement reposera sur deux piliers fondamentaux : (i) des cours de haut niveau scientifique en lien fort avec les recherches menées dans le centre de recherche de l'X, et (ii) un enseignement par projet qui s'appuiera sur la vitalité du Centre Spatial Etudiant et qui bénéficiera de nos partenariats. En effet, le PA a été mis en place dans

le cadre d'un programme de mécénat d'enseignement financé par des grands industriels du domaine spatial ; Thales Alenia Space et ArianeGroup.

Le programme d'enseignement est par essence multidisciplinaire en s'appuyant sur des cours proposés par 4 départements : Physique, Mécanique, Mathématiques Appliquées, Informatique. Deux cours obligatoires ont été créés pour les deux périodes d'enseignement ; un cours de « Mécanique spatiale et optimisation multidisciplinaire » en période 1, et le cours « Plasmas in Space Science and Technology » en période 2. Selon la sensibilité de chaque élève, plusieurs orientations sont possibles, ayant toutes pour colonne vertébrale le spatial : (i) astrophysique/physique, (ii) mécanique, (iii) électronique et traitement du signal (iv) mathématiques appliquées et informatique.

Débouchés

Le programme s'adresse en priorité aux élèves se destinant à une carrière dans le spatial (recherche académique, agences spatiales internationales, industriels et start-ups). Néanmoins, le caractère fondamental des cours dispensés et la rigueur de la conduite de projets spatiaux dans les EA garantissent une formation de haut niveau valorisable bien au-delà du spatial.

En France :

Ecoles : le débouché principal et naturel est l'ISAE. Les cours proposés dans ce parcours sont complémentaires et préparent bien à une quatrième année à l'ISAE. D'autres grandes écoles d'ingénieurs généralistes peuvent être envisagées.

Master : le programme « Science et Défis du Spatial » ouvre bien sûr également sur une 4^{ème} année en Master Recherche (M2) au plus haut niveau. On peut citer sans être exhaustif les Masters suivants, orientés physique ou astrophysique :

- Mention Physique, parcours M2 « Physique des Plasmas et de la Fusion », co-habilité par l'Ecole Polytechnique
- Mention « Astronomie et Astrophysique », Master régional Ile de France

A l'étranger :

Le programme peut également être complété par un Master à l'international, par exemple aux USA dans des universités avec lesquelles nous entretenons des liens privilégiés: Caltech, GeorgiaTech, Stanford, Polytechnique Montréal, EPFL Lausanne, TUM Munich, etc.. Cette formation de niveau Master peut par ailleurs être intégrée à un PhD program dans le cas de nombreuses formations d'excellence.

Composition du programme

Période 1

1 cours obligatoire MAP554 « Mécanique Spatiale et optimisation multidisciplinaire »

2 cours au choix, prioritairement dans la sélection ci-dessous qui donne une orientation et une cohérence au parcours :

- a. Orientation Astrophysique/physique
PHY553 « Astrophysique Stellaire »
PHY574 « Cosmologie »
- b. Orientation Mécanique
MEC554 « Aérodynamique Compressible »
MEC555 « Instabilities and Turbulence »
MEC552 Mécanique des fluides numériques
- c. Orientation électronique et traitement du signal
PHY559A « Conception de circuits intégrés numériques et analogiques »
PHY558B « Photovoltaics Solar Energy »
MAP555 « Signal Processing »
- d. Orientation Mathématiques Appliquées et Informatique
MAP551 « Systèmes dynamiques pour la modélisation et la simulation des milieux réactifs multi-échelles »
INF557 « Introduction to Concurrent and Communicating Systems »
INF558 « Introduction to cryptology »

1 EA : Projets Spatiaux PHY514. Ces projets sont par binômes et seront encadrés par un tuteur (chercheur ou ingénieur dans l'industrie) et suivis par le responsable du PA. Ils continueront en période 2.

Période 2

1 cours obligatoire PHY569B « Plasmas in Space Science and technology »

Ensuite deux options sont possibles : (i) choisir un cours au choix dans la liste ci-dessous et bénéficier de 2 EA Projets Spatiaux, i.e. de deux fois plus de temps pour développer son projet commencé en période 1, ou (ii) choisir deux cours au choix dans la liste ci-dessous et garder 1EA Projets Spatiaux.

Cours au choix :

- a. Orientation Astrophysique/physique/Mécanique
MEC560 « Propulsions »
PHY583 « Trous noirs, étoiles à neutrons et phénomènes associés »

- b. Orientation Mathématique Appliquées, Informatique INF568 (avoir suivi INF558 en P1) « Advanced cryptology »
INF586 (avoir suivi INF557 en P1) « Sécurité des réseaux »

EA : PHY514 : Projets Spatiaux

Période 3

Un stage de recherche en France ou à l'étranger, qui peut par exemple être organisé de manière à continuer ou compléter les Projets Spatiaux commencés en EA. Ce stage peut être effectué dans les universités et agences partenaires.