

---

**Domaine** Sciences de l'Univers et Technologies Spatiales

---

**Etablissement** : Université Paris Diderot

Niveau :  LICENCE  MASTER

**Mention** : SPACE (Observation de la Terre - Astrophysique - Ingénierie des satellites) / SPACE (Earth observation - Astrophysics - Satellite technologies)

Renouvellement  Restructuration  Création ex-nihilo

### Eléments de contexte de la formation

**Intitulés des parcours types de formation :**

Science depuis l'espace (Science from Space)  
Ingénierie des satellites (Satellite technologies)

**Liens avec les axes stratégiques définis en matière de recherche**

Le contexte de cette formation est particulier puisque elle s'inscrit dans le cadre de l'Université franco-vietnamienne des Sciences et Technologies de Hanoï (USTH) au Vietnam, créée suite à un appel à manifestation d'intérêt diffusé en avril 2009, par la CPU et la CDEFI. Un consortium d'établissements français constitué en juin 2010 a mis en place six masters autour de thématiques pluridisciplinaires prioritaires pour le développement du Vietnam. Le master «SPACE» s'inscrit dans cette démarche et a pour vocation de recruter des étudiants et de former des scientifiques et des ingénieurs pour les pays du sud-est asiatique.

Le Vietnam a décidé d'acquérir quatre satellites d'ici 2018 et de construire un centre spatial de 450 personnes à Hoa Lac (grande banlieue de Hanoï) d'ici 2020. Ces projets revêtent une importance capitale, tant politique que stratégique, pour ce pays. Les besoins en formation dans le domaine spatial sont donc immenses car ce projet motive à lui seul le recrutement de plusieurs centaines de scientifiques, pour la plupart dans des domaines que le master «SPACE» est appelé à irriguer.

Ce master, dédié à l'ingénierie des satellites aussi bien qu'au développement de la science depuis l'espace, n'a actuellement aucun équivalent ni au Vietnam, ni dans les pays limitrophes (Cambodge, Laos, Malaisie, Philippines, Thaïlande, Singapour) à l'exception de la Chine et du Japon. Il est donc une formation unique au Vietnam et une spécificité de l'USTH.

L'implication effective des organismes et laboratoires de recherche français et vietnamiens est un objectif constant du Master, en particulier pour l'accueil des stagiaires et des doctorants. Nos principaux partenaires vietnamiens sont associés à la VAST (Académie des Sciences du Vietnam) : le Vietnam National Satellite Center (VNSC) avec en particulier ses départements d'Astrophysique

## Objectifs de la formation

et d'Ingénierie (nanosatellites) ainsi que le département Space Technology Institute (STI).

En France les principaux laboratoires sur lesquels nous appuyons notre formation et nos offres de stages sont :

- APC (Université Paris Diderot, CNRS-IN2P3, Observatoire de Paris, CEA)
- CESBIO (CNES, Université Paul Sabatier, CNRS-INSU, IRD, Observatoire Midi-Pyrénées)
- IES (Université de Montpellier, CNRS)
- IPGP (IPGP, CNRS-INSU, Université Paris Diderot)
- LERMA (Observatoire de Paris, CNRS-INSU, Université Pierre et Marie Curie, École Normale Supérieure)
- LESIA (Observatoire de Paris, CNRS-INSU, Université Paris Diderot, Université Pierre et Marie Curie)
- LISA (Université Paris Est Créteil, Université Paris Diderot, CNRS-INSU)
- LUPM (Université de Montpellier, CNRS-IN2P3)
- PRODIG (Université Paris 1, CNRS, Université Paris Diderot, EPHE)

Le Master SPACE répond donc à un besoin spécifique pour lequel nos collègues vietnamiens nous ont sollicités en 2010 : former des scientifiques et ingénieurs au Vietnam, et non plus à l'étranger, pour accompagner l'essor du spatial vietnamien en ce qui concerne à la fois la mise en place d'une agence spatiale capable de construire et gérer des projets de satellites et aussi d'analyser et traiter des données spatiales provenant notamment des satellites dédiés à l'observation de la Terre. Le secteur professionnel visé par notre formation est donc l'ensemble du domaine spatial, depuis la conception des satellites, le suivi de leur trajectoire, la réception des données par un segment sol, jusqu'à leur traitement et leur interprétation scientifique. Il couvre toute une gamme de thématiques allant du positionnement par satellite (GNSS) à l'astrophysique et la cosmologie, en passant par l'observation de la Terre et la télédétection.

Les métiers visés pour nos étudiants sont principalement : chercheur, chef de projet, ingénieur-système, ingénieur d'étude ou chargé de mission. À la sortie du Master, les étudiants pourront soit intégrer le secteur de la recherche et de la haute technologie qui se développe au Vietnam, soit poursuivre leur formation via une thèse. Le gouvernement vietnamien propose en effet un ambitieux programme de bourses doctorales (programme 911), avec pas moins de 40 financements de thèse par an réservés pour les six Masters de l'USTH. Certains d'entre eux enseigneront ou enseigneront dans le Master.

Parmi les débouchés clairement affichés il est important d'en souligner deux d'entre eux :

- le premier concerne le VNSC (Vietnam National Satellite Center) centre spatial en développement à Hoa Lac (grande banlieue de Hanoi). Ce projet d'une agence spatiale vietnamienne prévoit le développement de quatre satellites orientés vers l'observation de la Terre et les télécommunications. Les technologies développées pour ces satellites sont duales, c'est-à-dire familières aux astronomes et aux physiciens observant d'autres objets du système solaire (planétologie comparée). A minima, une convention signée avec le VNSC garantit l'embauche de 5 postes

d'ingénieurs par an. ;

- le second débouché mis en avant dans notre formation est le domaine du traitement scientifique des données spatiales, que ce soit pour l'observation de la Terre ou pour l'astrophysique. Comme nous aurons l'occasion de le préciser par la suite, la meilleure compréhension des besoins et priorités du Vietnam que nous avons acquise au cours des premières années du Master nous a conduit à proposer dans notre nouvelle maquette un enseignement spécifique très orienté vers le traitement et l'interprétation des données spatiales de télédétection, secteur en pleine expansion au Vietnam. La surveillance du territoire et de l'évolution de l'occupation du sol (urbanisme, culture, gestion des catastrophes dues par exemple aux tornades, ...). Les débouchés dans ce domaine pouvant se faire dès l'obtention du Master.

Il est important de souligner que, malgré le faible nombre d'effectifs actuels du Master, nous avons jugé nécessaire d'avoir deux options bien identifiées. En effet nous avons constaté qu'un enseignement complètement mutualisé des deux aspects (ingénierie des satellites et science depuis l'espace) écartait de nombreux étudiants qui recherchaient un enseignement plus spécifique.

## Organisation de la formation

Le tronc commun du Master SPACE permet de mutualiser les modules communs aux deux voies de spécialisation vers la conception, la réalisation et l'utilisation des systèmes spatiaux d'un côté et l'analyse et l'interprétation des données scientifiques de l'autre. Ces deux voies sont fortement imbriquées :

- Les phases de conception s'appuient autant sur des compétences scientifiques que d'ingénierie. L'optimisation des systèmes spatiaux nécessite cette synergie, sans laquelle il est impossible d'atteindre le niveau d'excellence qui seul justifie le recours à la technologie spatiale ;
- Les phases de réalisation concernent plus particulièrement la filière d'ingénierie. L'enjeu du spatial est d'atteindre un niveau de qualité sans faille.
- Les phases d'analyse et d'interprétation des données spatiales concernent plus particulièrement la filière scientifique. Cette filière développe donc les qualités propres à la recherche pour traduire les données spatiales en résultats scientifiques, puis se servir de ces résultats pour répondre aux enjeux scientifiques, économiques et sociétaux. Comme dit précédemment, nous avons mis l'accent, dans cette nouvelle maquette, sur la formation des étudiants pour l'analyse des images spatiales de télédétection en organisant selon les objets observés (surfaces continentales, atmosphère, Océan et zones côtières, ...)

L'hétérogénéité des Licences scientifiques et technologiques pouvant conduire au Master SPACE étant particulièrement grande, l'articulation des années M1 et M2 est conçue pour uniformiser les bases nécessaires en M1. Pour cette raison nous avons conservé un tronc commun important : 33 ECTS sur 53 ECTS (il y a aussi un stage de 7 ECTS) en M1 et 13 ECTS sur 30 ECTS pour le premier semestre du M2.

La liste des modules enseignés en M1 et en M2 est donnée en annexe 1 avec pour chaque module :

- Le numéro du module sous la forme ys.#m avec « y »=numéro de

l'année ; « s » pour le numéro du semestre et #m l'indice du module dans le semestre ;

- Un descriptif succinct de ce qui est enseigné ;
- Une indication de la répartition du temps passé entre les cours magistraux (LC), les travaux dirigés (TC) et les travaux pratiques (LW). Les chiffres donnés dans le tableau ci-dessous donnent une estimation globale réaliste de ces évaluations ;
- Le nom du coordinateur du module en charge d'animer l'équipe pédagogique qui définit le contenu du cours et coopte l'enseignant de l'année ;
- Le nom du ou des enseignants pour l'année 2016-2017 (le nom est en italiques si l'enseignant est rattaché à un établissement vietnamien, l'objectif étant de faire croître la participation vietnamienne dans les années à venir).

#### **Recrutement :**

Le recrutement, comme pour tous les Masters de l'USTH se fait sur deux critères :

- examen du dossier de candidature permettant d'évaluer les capacités de l'étudiant à suivre les cours du Master ;
- résultat d'un entretien individuel avec un jury composé de membres de la présidence de l'USTH et de responsables du Master. Cette seconde étape permet d'évaluer la motivation du candidat et sa capacité à comprendre et à s'exprimer en anglais.

#### **Enseignement à distance :**

Une plateforme d'enseignement à distance va être mise en place pour pallier l'éloignement entre les étudiants vietnamiens et les enseignants français. Une demande de soutien à Unisciel est lancée pour accompagner le développement de cette plateforme, typiquement au format "moodle".

- cette plateforme pour l'enseignement, structurera la présentation des modules ;
- elle mettra en place des outils d'échanges d'information ;
- elle accueillera le matériel de cours existant ;
- la traduction en anglais de modules en ligne existant en français enrichira l'aspect multimédia.

#### **Conseil de perfectionnement :**

Un conseil de perfectionnement sera mis en place, commun à l'ensemble des options du Master. Il sera composé du responsable du Master, des responsables d'options, de représentants du monde socio-professionnel, de représentants de la direction des laboratoires de recherche associés à la formation et de représentants étudiants.

Ce conseil de perfectionnement évaluera le fonctionnement des options de formation et l'insertion professionnelle et veillera à la cohérence des enseignements et à leur adéquation avec les débouchés. Il s'appuiera sur une évaluation des enseignements réalisée sur la base d'un sondage annuel, individualisé par module, de tous les étudiants du Master.

Ce conseil de perfectionnement sera mis en place au cours du semestre précédent le début de l'accréditation. Il se réunira annuellement.

**Compétences communes à l'ensemble des parcours types**

L'organisation des modules s'appuie sur un partage de connaissances et compétences : elle optimise les éléments communs,

## de cette formation

tant académiques (systèmes d'imagerie par exemple) que méthodologiques (projets spatiaux par exemple). Les modules de spécialisation sont restreints aux parties spécifiques à chaque filière. Des modules méthodologiques intéressent aussi d'autres masters de l'USTH sont mutualisés comme les formations soutenues par Dassault Systèmes (cf. PLMCC : <http://www.consortium-usth.org/fr/recherche-et-innovation/innovation/le-plmcc-dassault-systemes>) ou des modules spécifiques comme l'utilisation de processeurs graphiques GPU pour traiter les données scientifiques ou piloter des systèmes ou sous-systèmes spatiaux.

Les enseignements du Master SPACE, permettent de développer chez l'étudiant un certain nombre de compétences comme :

- la possibilité de s'exprimer en langue anglaise dans un contexte professionnel ;
- le travail en groupe comme cela se pratique aussi bien dans le milieu industriel que le milieu de la recherche ;
- l'esprit de synthèse qui est développé grâce aux modules s'appuyant sur le développement de projets individuels ;
- le management de grands programmes industriels ;
- la connaissance des outils statistiques génériques utilisés dans de nombreux domaines professionnels.

Au cours du Master, des visites de sites sont organisées comme celle du « National Remote Sensing Centre » dépendant du MONRE (Ministry of natural resources and environment). Avec les stages, qui doivent s'effectuer dans des universités ou sociétés extérieures et leur environnement habituel, elles permettent aux étudiants d'appréhender les différents milieux socio-professionnels dans lesquels il pourrait effectuer leur carrière.

Sur un autre aspect, nous étudions la possibilité de mutualiser avec d'autres masters l'enseignement de modules spécifiques comme « mécanique et matériaux » du master « Matériaux et Nanotechnologies » ou les modules « Physics of atmosphere » ou « Sensors » du master « Eau - Environnement - Océanographie ».

## Effectifs :

La réorganisation du Master et son nouvel affichage sont conçus pour des effectifs d'au moins 25 étudiants par année de formation.

Effectifs par année de formation (entrants en M1)

2012 : 9

2013 : 5 + environ 10 ingénieurs du VNSC pour les modules enseignés par les ingénieurs du CNES

2014 : 5 + environ 10 ingénieurs du VNSC pour les modules enseignés par les ingénieurs du CNES

2015 : 7 + environ 10 ingénieurs du VNSC pour les modules enseignés par les ingénieurs du CNES

Taux de passage : 13/14

## Présentation de l'équipe pédagogique

### Potentiel enseignants-chercheurs et enseignants de l'établissement participant à la formation

Participant au Master

- des enseignants-chercheurs des sections 23, 29, 34 et 37 et CNAP : 7 MCF et 5 PR

- des chercheurs des sections 1, 4, 17 et 19 ; 4 DR et 1 CR

- des enseignants-chercheurs de l'USTH : 1 CR et 8 MCF

<b>Apport des représentants du monde socioprofessionnel participant à la formation</b>	Participent au Master, dans 20 modules, pour 200 h environ - 6 ingénieurs du CNES - 4 ingénieurs du CNRS - 5 ingénieurs du VNSC
<b>Personnel de soutien à la formation et modalités d'organisation de ce soutien</b>	L'administration et le secrétariat pédagogique sont assurés par Mme Chu Ngoc Ha de l'USTH. Le Master s'appuie sur le service scolarité de l'USTH. Le laboratoire s'appuie sur les services communs de l'USTH.

## Organisation pédagogique

<b>Organisation spécifique mise en place si différente des dispositifs généraux</b>	Le Master est ouvert à la formation continue, principalement pour les ingénieurs du VNSC. Il s'appuie, en plus des cours en présentiel, sur de l'encadrement à distance. <i>Une procédure d'évaluation des cours et des enseignements pr</i>
<b>Volume horaire de la formation :</b>	- Heures d'enseignement en présentiel par étudiant (hors stage et projet tuteuré) : 680 en M1, 250 en M2 - Heures d'enseignement pratique en présentiel par étudiant : 102+60 (PLMCC) en M1, 30 (PLMCC) en M2 - Heures d'enseignement théorique en présentiel par étudiant : 578 en M1 et 250 en M2
<b>Part de la formation (% du total) donnée en langue(s) étrangère(s), le cas échéant :</b>	Tous les cours sont délivrés en anglais. Les étudiants sont également formés au français.
<b>Conseil de perfectionnement</b>	<input checked="" type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON
<b>Lieu(x) de la formation</b>	USTH, Hanoi

## Partenariats

<b>Co-accréditation ou partenariat avec un autre (ou des autres) établissement d'enseignement supérieur public</b>	Le Master SPACE de l'USTH a été co-accrédité par quatre établissements : - Université Paris Diderot (établissement ayant déposé le dossier) - Observatoire de Paris - Université de Montpellier - Université Paris Est Créteil
<b>Internationalisation des formations</b>	Master franco-vietnamien avec double diplôme
<b>Conventionnement avec une institution privée française</b>	Convention avec Dassault au niveau USTH (centre PLMCC)

+ Annexes, à mettre à jour si besoin

## ANNEXE

### Liste des modules d'enseignement du Master

SPACE (Astrophysique – Observation de la Terre – Ingénierie des satellites)

(LC = cours magistraux ; TC = travaux dirigés ; LW = travaux pratiques)

## Master 1st year – 60 ECTS

### Semester 1 (30 ECTS)

#### Core syllabus (20 ECTS):

11.1 Human, Economic, Social and Juridical Sciences (5 ECTS)

11.2 Introduction to Astrophysics & Earth Observation (2 ECTS) – LC: 20h

Coordinators: Denis Puy (U. Montpellier) – Catherine Prigent (CNRS)

**Teachers:** *Pham Thi Tuyet Nhung (VNSC), ?*

*General introduction to astrophysics and Earth observation.*

11.3 Introduction to Satellite Technologies (3 ECTS) – LC: 30h

Coordinator: *Pham Anh Tuan (VNSC)*

Teachers: *Pham anh Tuan (VNSC), Hoang The Huynh (VNSC), Le Xuan Huy (VNSC)*

*History of space exploration, space environment, satellite mission, satellite orbit and constellation, satellite subsystems, introduction to rockets, ground station, AIT, space applications, system engineering, satellite project and activities, laboratory visit.*

11.4 Optical, Infrared and Microwave Imaging Systems (4 ECTS) – LC: 16h ; TC: 16h ; LW: 8h

Coordinator: Gérard Rousset (U. Paris Diderot)

Teachers: Damien Gratadour (U. Paris Diderot), Guillaume Patanchon (U. Paris Diderot), Gérard Rousset (U. Paris Diderot), Jean-Claude Souyris (CNES)

- *Radiometry, Planck's law and surface properties, theory of diffraction. Optical transfer and point spread functions of an optical system, image formation using an extended source. Image sampling and sensor scaling. Static and dynamic aberrations, image array sensors.*

- *Antennas. Active and passive microwave imaging systems (radar, interferometric synthetic aperture radar)*

11.5 Signal Processing (3 ECTS) – LC+TC: 15h ; LW: 15h

Coordinator: Damien Gratadour (U. Paris Diderot)

Teachers: Gérard Rousset (U. Paris Diderot), Guillaume Patanchon (U. Paris Diderot), Damien Gratadour (U. Paris Diderot), *Tran Duc Quynh (HNUE)*

*Basics of statistics, Fourier transform, sampling, filters, impulse response, transfer function, convolution, random signals, correlation, power spectrum density, noise reduction.*

11.6 Algorithmics and Programming (3 ECTS) – LC: 15h – LW: 15h

Coordinator: Cyrille Rosset (CNRS)

Teacher: Cyrille Rosset (CNRS)

*UNIX environment, standard commands, shell. Programming: interpreted vs compiled languages. Basics of programming in Python: loops, conditions, pointers and arrays, functions, input/output. Algorithms.*

## Satellite technologies (10 ECTS)

### 11.7 Advanced Electronic Systems (4 ECTS) – LC+TC: 16h – LW: 24h

Coordinator: Damien Prêle (CNRS)

Teacher: Damien Prêle (CNRS)

- **Filters:** Filter parameters, Amplitude responses and Bode plot, polynomial filter synthesis using Sallen-Key cells. Tutorial and practical work: Active Butterworth and Chebyshev low-pass filters.
- **Power supply:** Linear vs switched-mode power supply, DC/DC buck, boost and flyback converters, feedback regulation - control. Tutorial and practical work: Pulse Width Modulator - PWM, DC/DC buck converter and regulation.
- **Phase Locked Loop:** Phase detector and voltage control oscillator - VCO. Tutorial and practical work: frequency shift keying - FSK demodulation and frequency synthesis.
- **Modulation:** Basic of transmitted signals. Amplitude modulation, modulation index, rectifying and product demodulation. Tutorial and practical work: Modulation with and without carrier transmission. Modulation index measurement. Envelope and product detection.

### 11.8 Telecoms and Antennas (3 ECTS) – LC+TC: 28h – LW: 12h

Coordinator: Alain Maestrini (UPMC)

Teacher: Alain Maestrini (UPMC), Nguyen Thi Phuong (VNSC), Pham Ngoc Diep (VNSC)

- **Telecoms:** Basics of source and channel coding. Channel capacity. Basics of digital modulation and demodulation. Practical case of transmissions from space instruments
- **Antennas:** Basics of guided waves and antenna theory. Antenna pattern, gain, and impedance. Friis formula of radio link budget. Practical antennas and arrays for space instruments. Up and down conversion for signal transmission. Heterodyne detection. Receiver and system equivalent noise temperature.

### 11.9 Radiation Thermometry (3 ECTS) – LC: 20h – TC: 10h

Coordinator: Tristan Buey (Obs. de Paris)

Teacher: Tristan Buey (Obs. de Paris)

*Space thermal environment, heat sources, thermal transfer processes (conduction, convection and radiation), heat equation, Fourier's law, black body radiation, Stefan-Boltzmann law, emissivity and absorptivity, Kirchhoff's law of thermal radiation, thermal design and control of satellites, forced convection, introduction to finite element methods.*

## Science from Space (10 ECTS)

### 11.10 Fundamental in Physics – I (4 ECTS) – LC: 20h ; TC: 20h

Coordinator: Guillaume Patanchon (U. Paris Diderot)

Teachers: Guillaume Patanchon (U. Paris Diderot), Denis Puy (U. Montpellier), Cyrille Rosset (CNRS)

*This includes three separate modules:*

- **Statistical Physics:** thermodynamics, microcanonical ensemble, canonical and grand-canonical ensembles, quantum gas. Goal is to define thermodynamical quantities such as entropy, temperature, chemical potential. Applications: ideal gas, crystals (Einstein model).
- **Applied electromagnetism:** Maxwell's equations, propagation of light in continuous



*media, continuity equations, Fresnel coefficients (to be coordinate with Bachelor program).*

- *Introduction to quantum mechanics.*

#### 11.11 Earth and Planetary Sciences (3 ECTS) – LC: 20h ; TC:10h

Coordinator: *Ngo Duc Thanh (USTH)*

Teachers: *Ngo Duc Thanh (USTH), Sonia Fornasier (U. Paris Diderot)*

*General introduction to Earth and planetary geophysics: solid Earth, atmosphere, ocean, continental surfaces. Climate studies and global change. Electromagnetic environment of the Earth.*

#### 11.12 Astrophysics (3 ECTS) – LC: 20h ; TC: 10h

Coordinators: *Denis Puy (U. Montpellier), Pham Thi Tuyet Nhung (VNSC)*

Teachers: *Denis Puy (U. Montpellier), Pham Thi Tuyet Nhung (VNSC)*

*Stellar physics, exo-planets, galactic physics, cosmology. Objects of astrophysics: stars, galaxies, Universe. Observations: coordinates, distance measurements.*

## Semester 2 : 30 ECTS

### Core Syllabus (13 ECTS):

#### 12.1 Celestial Mechanics and Orbitography (2 ECTS) – LC:10h ; TC:10h

Coordinator: *Hubert Halloin (U. Paris Diderot)*

Teacher: *Hubert Halloin (U. Paris Diderot)*

- *Celestial mechanics and spherical trigonometry*
- *Time and space reference frames*
- *Two-body problems, Keplerian orbits and osculating parameters*
- *Orbital perturbations and maneuvers*
- *Interplanetary trajectories*

#### 12.2 Space Project Management (3 ECTS) – LC: 20h ; TC: 10h

Coordinator: *Emmanuel Hinglais (CNES)*

Teachers: *Emmanuel Hinglais (CNES), Rodolphe Clédassou (CNES)*

*Educational content:*

- *Participating as part of a project throughout its life cycle.*
- *A 30-hour module is not sufficient to train an operational Project Manager. Course aims to show students how to work within a project early in their professional career how to work within a project, from start to finish. Only after several years of practice can these engineers acquire the necessary skills to manage a project throughout its life cycle*

#### 12.3 Physics of Radiation and Particle Detectors (3 ECTS) – LC:10h ; TC: 10h ; LW: 10h

Coordinator: *Eric Nuss (U. Montpellier)*

Teachers: *Eric Nuss (U. Montpellier), Pham Thi Tuyet Nhung (VNSC), Nguyen Thi Thao (VNSC)*

*Description of the radiation and particle interaction processes with matter.*

*General characteristics of sensors, detectors and measurement chains for astrophysics and space instrumentation*

#### 12.4 Numerical Methods (3 ECTS) – LC: 18h ; TC+LW: 18h

Coordinator: *Stéphane Jacquemoud (U. Paris Diderot)*

Teacher: *Stéphane Jacquemoud (U. Paris Diderot), Pierre Lesaffre (CNRS), Hoang Ngo Long, Nguyen Duc Manh (HNUE), Nguyen Hung Chinh (HNUE)*

*Basic concepts (matrices, Taylor series); differential equations (boundary value problems,*

*partial differential equations); roots of functions (one and two variables); minimization / optimization of multivariate functions (chi2 - least squares method, nonlinear functions)*

#### 12.5 Concepts of Image Processing (2 ECTS) – LC: 20h

Coordinator: Vo Duc My (VNSC)

Teacher: Vo Duc My (VNSC)

*Statistic extraction and image enhancement: histograms, univariate and multivariate statistics, convolution, Fourier 2D, filtering, edge detection. Segmentation: supervised and unsupervised classification, clustering. Inverse problem: multi-linear regression, neural network, bayesian estimation.*

## Satellite technologies (10 ECTS)

#### 12.6 Mechanics of Structures and Finite Element Method (3 ECTS) – LC: 14h/14h ; TC: 6h/6h

Coordinators: Jean-Laurent Dournaux (CNRS), Nguyen Manh Cuong (HUST)

Teachers: Nguyen Manh Cuong (HUST), Jean-Laurent Dournaux (CNRS)

- *Mechanics of Structures*
  - *Theory: Stress and deformations. Constitutive relations, Hooke's law. Choice of materials. Mechanics of continuous media, application to solving a beam subjected to tensile-compression or bending solicitations. Structural dynamics. Thermoelasticity. Buckling (14h)*
  - *Exercises: on all above problems (6h)*
- *Finite element Method*

#### 12.7 Workshop on Small Satellites Design (4 ECTS) – LC+TC: 40h

Coordinators: Le Xuan Huy (VNSC), Linda Tomasini (CNES)

Teachers: Linda Tomasini (CNES), Le Xuan Huy (VNSC), Joël Michaud (CNES), Jean-Luc Le Gal (CNES)

- *Basic knowledge to design a spacecraft :*
  - *Choice of the orbit (through exercises on heliosynchronism, phasing, reentry)+ programmation (Matlab) of a propagator*
  - *Attitude control (through the programmation of a 3 axis controller on Matlab) and equipment choice on the internet*
  - *RF subsystem sizing (links budgets) and choice of equipments on the internet*
  - *Power subsystem sizing (solar flux, battery, solar array, energy balance exercise) and choice of equipments on the internet*
  - *Thermal subsystem (7 node thermal model on Excel to calculate spacecraft temperature)*
- *2<sup>nd</sup> part :*
  - *Structure design and analysis (study design requirements based on rocket environments, material selection, design, structure thermal model, EM, FM, vibration analysis, modal analysis, ...)*
  - *Attitude determination for attitude control (requirement analysis, attitude representations, attitude dynamics and kinematics, sensor modeling, attitude determination algorithms numerical simulation and testing, ...)*
  - *Command and Data Handling (requirement analysis, telemetry and command collecting, interface design, development plan, test plan, ...)*

#### 12.8 ADCS: Attitude and Orbit Control Systems (3 ECTS) – LC+TC: 30h

Coordinator: Le Xuan Huy (VNSC)

Teachers: Le Xuan Huy (VNSC)

*Actuators and sensors, dynamics of satellites, kinematic representations (quaternions, rotation matrices and Euler angles), internal and external perturbation torques, rigid and articulated structures, stabilisation techniques and associated performance, stability criteria*

## Science from Space (10 ECTS)

### 12.9 Fundamental in Physics II (4 ECTS) – LC: 24h ; TC: 19h

Coordinator: Isabelle Kleiner (CNRS)

Teachers: Isabelle Kleiner (CNRS), Ha Tran (CNRS), Eric Nuss (U. Montpellier), Ngoc Hoa Ngo (HNUE), Filipe Aires (CNRS)

- *Introduction to subatomic physics: relativistic kinematics, type of reactions, decay, cross-sections.*
- *Fundamental physics of remote sensing: radiation emission (Planck's law); intrinsic properties of matter (complex refractive index, dielectric constant, atomic and molecular spectroscopy); scattering (Rayleigh, Mie, non-selective); radiative transfer equation.*

### 12.10 Earth Observation: Methods and Applications I (4 ECTS) – LC: 16h ; TC: 24h

Coordinator: Catherine Prigent (CNRS)

Teachers: Catherine Prigent (CNRS), Thuy Le Toan (CNRS), Stéphane Jacquemoud (U. Paris Diderot), Filipe Aires (CNRS)

*Course provides basic knowledge of the various remote sensing sensor families, including optical, infrared and microwave radiometers, spectrometers, and active sensors such as LiDARS, radars, SAR, and altimeters. Selected applications (weather forecasting, hydrology, land use change, vegetation monitoring, oceanography, urban areas).*

### 12.11 Image Processing applied to remote sensing (2 ECTS) – LC: 10h – TC: 10h

Coordinator: Nicolas Delbart (U. Paris Diderot)

Teacher: Vo Duc My (VNSC)

*Statistic extraction and image enhancement: histograms, univariate and multivariate statistics, convolution, Fourier 2D, filtering, edge detection. Segmentation: supervised and unsupervised classification, clustering. Inverse problem: multi-linear regression, neural network, bayesian estimation...*

### 12.12 Two-month internship (7 ECTS)

## Master 2nd year – 60 ECTS

### Semester 1 (30 ECTS)

#### Core syllabus (13 ECTS):

#### 21.1 Human, Economic, Social and Juridical Sciences (5 ECTS)

#### 21.2 Observational Techniques (3 ECTS) – LC+TC: 30h

Coordinator: Marcello Fulchignoni (U. Paris Diderot)

Teacher: Cédric Leyrat (CNAP)

*Use and performances of different types of space instruments. Has to be improved. Need to be more general than dedicated to planetology.*

#### 21.3 Space and Application Project (3 ECTS) – LC+TC: 20h ; project: 40h over 2-3 months

Coordinator: Benoît Mosser (Obs. de Paris)

Teachers: Benoît Mosser (Obs. de Paris), Pierre Drossart (CNRS)

*This module aims to train the students to the first phases of definition of a space project.*

#### 21.4 Astrophysics Methodology (2 ECTS) – LC: 5h ; LW: 15h

Coordinators: Pierre Lesaffre (CNRS), Pham Ngoc Diep (VNSC)

Teacher: Nguyen Thi Thao (VNSC), Nguyen Anh Vinh (HNUE)

*This module will include mainly labworks, data analysis and related astrophysical lectures.*

- *Radio telescope: telescope operation, data taking and analysis, antennas, heterodyne detection, system sensitivity, calibration, pointing accuracy... Sun observation to measure the antenna's lobe, Milky Way observation to measure the galactic rotation curve and empty sky measurement to estimate the telescope's sensitivity.*
- *Optical telescope: CCD Imaging (offset, bias, flat-fielding, exposure time, signal / noise, aperture photometry, calibration). Standard star imaging. Slitless spectroimaging using the Alpy. Flatfielding for spectrometry, calibration, reduction of spectra. [in principle, this requires two observing nights, but CCD imaging with spectro could be done by day on Sun, sky or clouds].*

#### 21.5 Seminars (0 ECTS)

## Satellite technologies (17 ECTS)

#### 21.6 Earth Observation Engineering (2 ECTS) – LC+TC: 20h

Coordinator: Linda Tomasini (CNES)

Teachers: Linda Tomasini (CNES), Joël Michaud (CNES)

*Educational objectives are to understand the principles of earth observation space systems engineering in the early design phases:*

- *To know the main types of earth observation missions*
- *To know how to capture and analyse user needs*
- *To know what an earth observation space system consists of*
- *To know how to identify the driving parameters of an earth observation mission*
- *To understand the iterative process between user needs definition and design*
- *To understand the interdependency between the different elements of an earth observation space system*

*Teaching is based on Earth observation missions real case exercises and lectures on topics addressing the different steps of Earth observation engineering process as well as the remote sensing principles and techniques.*

#### 21.7 GNSS, Telecommunications (2 ECTS) – LC+TC: 20h

Coordinator: Claude Zurbach (CNRS)

Teacher: Claude Zurbach (CNRS)

*Description of the previous 21.9 module: Introduction to GNSS: the case of GPS, geodesy and coordinate systems, from orbit to ECEF position, GPS: determining position, transmission and signal processing, other GNSS, AMS02: a case incorporating a GPS receiver in a spatial experimentation on ISS.*

*With the illustration of the GPS system, the basics of telemetry in space are presented, and more broadly the rules governing communication between the ground and space segments.*

#### 21.8 The Effect of Ionizing Radiation on the Components (2 ECTS) – LC+TC: 20h

Coordinator: Frédéric Saigné (U. Montpellier)

Teachers: Frédéric Wrobel (U. Montpellier), Alain Michez (U. Montpellier)

*Radiation-induced failures in microelectronics pose a growing concern in the aerospace and avionic communities. Incident radiation acting on these devices is mainly due to cosmic rays and their secondary particles produced in the Earth atmosphere. Energetic particles induce various device malfunctions via their interaction with materials in electronic devices. We will present the principles of Monte Carlo simulation tools, which are very useful to establish the transient current shapes and to evaluate the soft error rates.*

**→ needs introduction to solid state physics (cf. nano)**

### 21.9 Spacecraft Architecture (2 ECTS) – TC+LC: 30h

Coordinator: Rodolphe Clédassou (CNES)

Teachers: Rodolphe Clédassou (CNES), Emmanuel Hinglais (CNES)

- *To understand how the requirements and the constraints of a mission orient the design of a spacecraft.*
- *To design a satellite and its ground segment it is first necessary to express the mission needs and to challenge them against the requirements and the making constraints*

### 21.10 Embedded engineering (2 ECTS) - LC : 8h, TC: 4h, LW: 8h

Coordinator: Vincent Vigneron (U. Evry)

Teacher: Lamri.Nehaoua (U. Evry)

- *Lectures:*
  - *From interconnected logic devices to programmed logic devices.*
  - *Embedded system design methodology, focus on the abstraction levels.*
  - *System description: introduction to VHDL description language.*
  - *What about microcontrollers and microprocessors: the IP (intellectual property) revolution.*
- *Tutorial:*
  - *Design of a simple 16-bits processor by using VHDL description.*
- *Lab work:*
  - *Basic examples of VHDL implementation on an FPGA.*
  - *Altera NIOS processor (or another): an example of using IP bloc.*

*Students should have some prerequisites about computer architecture, microcontroller concept and logic devices. Some lecture supports about these topics will be prepared and proposed before the start of this course.*

### 21.11 Control Engineering (2 ECTS) – LC: 10h ; TC: 8h ; LW: 12h

Coordinator: Denis Perret (Obs. de Paris)

Teachers: Denis Perret (Obs. de Paris), Hung Xuan Truong (VNSC)

*Linear systems, transfer functions ; Frequency-domain analysis of linear systems ; Analysis of linear feed back systems ; Analysis of discrete-time signals ; Stability and performance of discrete-time systems ; Discrete-time control systems ; State-space representation of continuous-time systems ; State-space representation of discrete-time systems ; State feedback control*

### 21.12 PLMCC (2 ECTS) – TC+LC: 90h (on 3 semesters)

Coordinator: Jean-Louis Biaggi (USTH)

Teachers: Jean-Louis Biaggi (USTH), Nguyen Ngoc Van Thanh (USTH)

*We propose dedicated training and course material on PLM concepts to prepare our customers for virtual product development. This course material covers 3D CAD, CAM, Simulation and virtual production processes in a collaborative way. All industrial areas are covered, including aeronautics, automotive, consumer goods and manufacturing.*

### 21.13 Ground Segment and Big Data (3 ECTS) – TC+LC: 30h

Coordinator: ?

Teachers: ?

## Science from Space (17 ECTS)

### 21.14 Advanced Astrophysics and Planetology (5 ECTS) – LC+TC: 50h

Coordinator: Daniel Rouan (CNRS)

Teachers: Daniel Rouan (CNRS), Davide Perna (CNAP), Pierre Lesaffre (CNRS),

Nguyen Quynh Lan (HNUE), Nguyen Anh Vinh (HNUE), Yves Bénilian (UPEC)

*Planetology, exoplanets, astrophysics (cf. Programme proposé pour la partie*

*Astrophysique above) – strongly coupled with 21.4 (extension) – proposition Yves Bénilian*

### 21.15 GIS : Geographical Information System (2 ECTS) – LC+TC: 20h

Coordinator: Céline Clauzel (U. Paris Diderot)

Teachers: Céline Clauzel (U. Paris Diderot)

*Spatial referencing and coordinate systems ; Spatial analysis of vector and raster data (selection by attribute/location, join, geoprocessing) applied to different themes: evaluation of land use/land cover changes ; multi-criteria analysis for site selection*

#### 21.16 Remote Sensing of Continental Surfaces (4 ECTS) – LC+TC: 40h

Coordinator: Nicolas Delbart (U. Paris Diderot)

Teachers: Thuy Le Toan, Catherine Prigent (CNRS), Stéphane Jacquemoud (U. Paris Diderot), Nicolas Delbart (U. Paris Diderot), *Pham Van Cu (HNUE), Dat (Lille – ex-STI), Nguyen Dinh Dong (HNUE)*

- *Continental hydrology (flood, soil moisture)*
- *Agriculture and forest ecosystems*
- *Land use and land cover changes*
- *Geomorphology and geophysics*

#### 21.17 Remote Sensing of the Atmosphere (3 ECTS) – LC+TC: 30h

Coordinator: Gilles Foret (UPEC)

Teachers: Gilles Foret (UPEC), *Ngo Duc Thanh (USTH)*

- *Atmospheric composition (15h, Gilles Foret): Lectures (10h), tutorial class (5h)*
- *Description: This course provides an overview of the applications of remote sensing techniques about atmospheric composition aspects. This include the observation of pollutants associated to air quality and climate issues like ozone (O3), particles, nitrogen oxydes (NO2 ...), carbon dioxide (CO2), methane (CH4). Besides theoretical lectures, tutorial class would confront students to real satellite data to develop their ability to analyze and understand these observations.*
- *Meteorological aspects (15h, Thanh Ngo-Duc): Lectures (9h), tutorial class (6h)*
- *Description: This course provides basic knowledge of the applications of remote sensing techniques in meteorological aspects: clouds classification, convective storms, quantitative precipitation estimation, water vapor imagery, synoptic scale meteorology such as fronts, cyclones. Besides theoretical lectures, tutorial class would help students be able to use satellite data to monitor and interpret various meteorological phenomena.*

#### 21.18 Remote sensing of the Ocean and Coastal Zones (3 ECTS) - LC+TC: 30h

Coordinator: Catherine Prigent (CNRS)

Teachers: *Ngo Duc Thanh (USTH)*, Hubert Loisel (ULCO), Catherine Prigent (CNRS), Fabien Lefèvre (CLS)

*Ocean color, altimetry, surface temperature, ocean winds.*

## Semester 2 (30 ECTS)

### 22.1 Six-month internship (30 ECTS)

Master 1st year - Semester 1 - 30 ECTS			
11.10 Fundamentals in Physics I (4 ECTS)	11.1 Human, Economic, Social and Juridical Sciences (3 ECTS)	11.2 Introduction to Astrophysics & Earth Science (2 ECTS)	11.7 Advanced Electronics Systems (4 ECTS)
11.11 Earth and Planetary Sciences (3 ECTS)	11.3 Introduction to Satellite Technologies (3 ECTS)	11.4 Optical, IR and MW Imaging Systems (4 ECTS)	11.8 Telecoms & Antennas (3 ECTS)
11.12 Astrophysics (3 ECTS)	11.5 Signal Processing (3 ECTS)	11.6 Algorithmics and Programming (3 ECTS)	11.9 Radiation Thermometry (3 ECTS)
Master 1st year - Semester 2 - 30 ECTS			
12.9 Fundamental in Physics II (4 ECTS)	12.1 Celestial Mechanics & Orbitography (2 ECTS)	12.2 Space Project Management (3 ECTS)	12.6 Mechanics of Structures & Finite Elements (3 ECTS)
12.10 Earth Observations: Methods & Applications I (4 ECTS)	12.3 Physics of Radiation & Particules Detectors (3 ECTS)	12.4 Numerical Methods (3 ECTS)	12.7 Small Satellites Design (4 ECTS)
12.11 Advanced Image Processing (2 ECTS)	12.5 Introduction to Image Processing (2 ECTS)		12.8 Attitude and Orbit Control Systems (3 ECTS)
12.12 Two Months Internship (7 ECTS)			

Master 2nd year - Semester 3 - 30 ECTS			
21.14 Advanced Astrophysics & Planetology (5 ECTS)	21.1 Human, Economic, Social and Juridical Sciences (5 ECTS)	21.2 Observational Techniques (3 ECTS)	21.6 Earth Observation Engineering (2 ECTS)
21.15 Geographical Information Systems (2 ECTS)	21.3 Space & Application Project (3 ECTS)	21.4 Methodology for Astrophysics (2 ECTS)	21.7 Global Navigation Systems, Telecom. (2 ECTS)
21.16 Remote sensing of the atmosphere (3 ECTS)	21.5 Seminars (0 ECTS)	21.9 Spacecraft architecture (2 ECTS)	21.8 Effect of Ionizing Radiation on Components (2 ECTS)
21.17 Remote Sensing for continental surfaces (4 ECTS)		21.11 Control Engineering (2 ECTS)	21.10 Embedded Engineering (2 ECTS)
21.18 Remote Sensing for the ocean & costal zones (3 ECTS)		21.13 PLMOC (2 ECTS)	21.12 Ground segment & big data (3 ECTS)
Master 2nd year - Semester 4 - 30 ECTS			
Six Month Internship (30 ECTS)			