

# Master Géomatique SIGMA

## Fiches K-sup

Accréditation 2021-2026

UE 701 : FONDAMENTAUX EN SIG ET TELEDETECTION – 135H –10 ECTS – SEMESTRE 7 .....	2
UE 702 : INGENIERIE DES BASES DE DONNEES SPATIALES – 40H – 6 ECTS – SEMESTRE 7.....	3
UE 703 : PROJETS GEOMATIQUES – 25H (150H ETUDIANT) – 4 ECTS – SEMESTRE 7.....	4
UE 704 : LOIS ET GRANDS PROGRAMMES DE LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE – 25H – 4 ECTS – SEMESTRE 7 .....	5
UE 705 : COMMUNICATION - 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 7 .....	5
UE 706 : ANGLAIS APPLIQUE A LA GEOMATIQUE - 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 7.....	5
UE 801 : STAGE - 25H (450H ETUDIANT) – 8 ECTS – SEMESTRE 8.....	6
UE 802 : ALGORITHMIQUE ET PROGRAMMATION (WEB) – 125H - 8 ECTS – SEMESTRE 8.....	6
UE 803 : GESTION DE PROJET – 25H – 4 ECTS – SEMESTRE 8.....	7
UE 804 : ANALYSE SPATIALE – 25H – 4 ECTS – SEMESTRE 8.....	8
UE 805 : PLANIFICATION STRATEGIQUE ET URBANISME OPERATIONNEL – 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 89	
UE 806 : SIG : MISE EN SITUATION – 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 8 .....	9
UE 901 : GEOMATIQUE AVANCEE : SIG, TELEDETECTION ET MODELISATION – 150H – 10 ECTS – SEMESTRE 9 .....	10
UE 902 : VISUALISATION DE DONNEES ET WEBMAPPING – 50H – 6ECTS – SEMESTRE 9 .....	11
UE 903 : ALGORITHMIQUE AVANCEE EN TRAITEMENT DE DONNEES SPATIALES – 25H – 4 ECTS.....	12
UE 904 : LA RECHERCHE EN GEOMATIQUE – 25H – 4 ECTS – SEMESTRE 9.....	13
UE 905 : ANALYSE STATISTIQUE PAR LA PROGRAMMATION – 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 9 .....	14
UE 906 : QUALITE ET FOUILLE DE DONNEES – 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 9.....	14
UE 1001 : STAGE – 600H ETUDIANT – 19 ECTS – SEMESTRE 10 .....	15
UE 1002 : ATELIERS GEOMATIQUES – 150H – 4 ECTS – SEMESTRE 10 .....	15
UE 1003 : GEOMATIQUE EN ENVIRONNEMENT, AMENAGEMENT ET AGRONOMIE – 25H – 4 ECTS – SEMESTRE 10 .....	16
UE 1004 : TECHNIQUES D'ACQUISITION – TERRAIN – 25H – 3 ECTS – SEMESTRE 10.....	16

# MASTER 1

## **UE 701 : Fondamentaux en SIG et télédétection – 135h –10 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Sébastien Le Corre

### **Objectifs**

- Apprentissage des fondamentaux théoriques et appliqués en matière de (1) Système d'Information Géographique, (2) télédétection optique et traitement d'image et (3) de cartographie et graphique. Un module est également consacré aux techniques géomatiques sur le terrain.

### **Contenu**

(1) Module SIG :

- Nature de l'information géographique numérique. Fondements et finalités de la géomatique et des SIG.
- Concepts et représentations vecteur / raster. Sources des données raster / vecteur (propriétaires, ouvertes). Structures de stockage des données raster / vecteur, modèles topologiques (DE-9IM)
- Systèmes de référence (géodésie, projections)
- Acquisition de données : import, numérisation, géoréférencement, gestion de la topologie (vérification, correction)
- Traitements spatiaux élémentaires en mode vecteur et raster (opérateurs spatiaux, algèbre de carte)
- Requêtes attributaires et spatiales (fonctions SQL élémentaires), jointures
- Mise en page cartographique élémentaire

Mise en œuvre au sein des logiciels QGIS et ArcGIS Pro.

(2) Module Télédétection optique :

- Fondements physiques de la télédétection (grandeurs, transfert radiatif, propriétés optiques des matériaux, signatures spectrales)
- Caractéristiques d'une image (résolutions, codage), visualisation et composition colorée, amélioration de contraste.
- Extraction de caractéristiques spectrales, calcul d'indices spectraux, génération de masques

- Corrections géométriques, corrections radiométriques (transformation des comptes numériques en réflectance, prise en compte des effets de pente), corrections atmosphériques empiriques (*Dark Object Subtraction*), gap-filling de séries temporelles
- Filtrage (convolution, détection de contours)
- Classification non supervisée (clustering)
- Classification supervisée : principe, échantillonnage et construction d'un jeu de références, apprentissage de modèles non paramétriques (SVM, Random Forest), validation

(3) Conception graphique et cartographie thématique :

- Design graphique, communication visuelle
- Rappels des fondamentaux de la sémiologie graphique.
- Méthodes et outils pour la représentation cartographique

(4) La géomatique de terrain

- Aller-retour entre réalité terrain et représentations associées (BD, cartes, imagerie spatiale) ; projet de sortie

**Bibliographie**

- Aschan-Leygonie C. Cuntly C. et Davoine P.-A. 2019. Les Systèmes d'Information Géographique : Principes, concepts et méthodes, Armand Colin.
- Denègre J. et Salgé F. 2004. Les Systèmes d'Information Géographique, Que sais-je ? 128 p.
- Girard M.-C. et Girard C. 2017. Traitement des données de télédétection, Environnement et ressources naturelles, Dunod, 2<sup>ème</sup> édition, 576 p.
- Roelandt N. 2019. SIG – Introduction à la géomatique et mise en place d'un système d'information géographique libre.
- Walser O., Thévoz L., Joerin F. et al. (dir) 2011. Les SIG au service du développement territorial. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Suite d'ouvrages de la série « Utilisation de QGIS en télédétection » (4 volumes) coordonnés par N. Baghdadi, C. Mallet et M. Zribi, ISTE éditions.
- Suite d'ouvrages de la série « Télédétection pour l'observation des surfaces continentales » (6 volumes) coordonnés par N. Baghdadi, et M. Zribi, ISTE éditions.
- Tupin F., Nicolas J.-M. et Inglada J. 2014. Imagerie de télédétection, Hermès-Lavoisier, 369 p.

**UE 702 : Ingénierie des bases de données spatiales – 40h – 6 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Laurent Jégou

**Objectifs**

- Apprentissage des fondamentaux théoriques et appliqués en matière de conception et implémentation de Système d'Information (Géographique) et bases de données, (spatiales).

### **Contenu**

- Analyse et Conception des Systèmes d'Information (ACSI) y compris Géographique, apprentissage d'une démarche de conception logicielle basée sur des outils et modèles de Génie Logiciel.
- Théorie et ingénierie des bases de données, modèles conceptuels de bases de données. Structure et fonctionnalités avancées des bases de données.
- L'intégration, la gestion et l'exploitation des données spatiales dans les bases de données, théorie et pratique avec PostGIS (langage SQL).
- L'échange de données normalisé, les métadonnées.

### **Bibliographie**

- Bergougnoux, P., 2019, Modélisation Conceptuelle de Données - Une Démarche Pragmatique, ISBN : 979-1069930872.
- Obe, R et Hsu, L., 2015, PostGIS in action, Manning Publications.
- Pantazis D. & Donnay J.-P. 1999. La conception de SIG : méthode et formalisme, Hermès, 343 p.

## **UE 703 : Projets géomatiques – 25h (150h étudiant) – 4 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Martin Paegelow, David Sheeren

### **Objectifs**

- Mettre en pratique des compétences fondamentales géomatiques acquises dans le cadre d'un projet en petit groupe autonome et accompagné par l'équipe pédagogique tout au long du semestre.

### **Contenu**

- Les étudiants doivent mener à terme, sous la direction d'un enseignant et par petits groupes, la totalité d'un projet (en faisant appel aux techniques de gestion de projet) : définition de la problématique, identification des objectifs, inventaire des sources et ressources disponibles, établissement de la méthodologie et choix des outils, en particulier des outils géomatiques et/ou informatiques, exploitation, validation, rédaction et présentation orale du rapport de projet.

## **UE 704 : Lois et grands programmes de la transition environnementale – 25h – 4 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Daniel Marc

UE mutualisée avec la mention GAED par(cours TRENT UE 705): cf. fiche k-sup de la formation correspondante

## **UE 705 : Communication - 25h – 3 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Anne Alibert

### **Objectifs**

- Comprendre les mécanismes d'influence, savoir développer une stratégie et maîtriser les techniques de communication permettant d'entreprendre des actions de communication efficaces quel qu'en soit le vecteur ou le support

### **Contenu**

- Apprentissage des mécanismes de persuasion et d'influence
- Mise en œuvre de différentes techniques de communication orale : l'art du pitch
- Panorama des méthodes et ressources pour la communication numérique.
- L'évaluation sera réalisée en liaison avec les projets géomatiques (UE 703).

### ***Bibliographie***

Oren Klaff, 2017 L'art du pitch Eyrolles, 260 pages

Robert Cialdini, 2014 Influence et persuasion, Pocket, 408 pages

## **UE 706 : Anglais appliqué à la géomatique - 25h – 3 ECTS – semestre 7**

Responsable pédagogique : Anne Alibert

### ***Objectifs***

- Développer la communication orale en anglais et s'entraîner à la présentation scientifique écrite et orale en anglais

### ***Contenu***

- Entraînement oral par groupes de niveau sur des sujets liés au monde professionnel (conduite de réunion, entretien d'embauche, ...)
- Préparation d'un poster en anglais et présentation orale de celui-ci en simulant une conférence scientifique

## ***Bibliographie***

Matthew Abraham, 2016 Speaking up without freaking out, Kendall/hunt publishing Co, 277 pages

## **UE 801 : Stage - 25h (450h étudiant) – 8 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Martin Paegelow, David Sheeren

### ***Objectifs***

- Mise en application des enseignements dans un contexte de professionnalisation

### ***Contenu***

- L'étudiant réalise un stage de 3 mois dans le domaine de la géomatique appliquée aux questions d'aménagement du territoire et de la gestion environnementale.
- L'orientation (recherche ou professionnel) se fera à travers le type de structure d'accueil ciblé par l'étudiant : structure professionnelle/ entreprise ou organisme de recherche.
- Le stage, en entreprise comme dans un organisme de recherche, donne lieu à la rédaction d'un rapport de stage et une soutenance et se basent sur un tandem maître de stage et enseignant-tuteur.

## **UE 802 : Algorithmique et programmation (web) – 125h - 8 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Marc Lang

### ***Objectifs***

- Apprentissage des fondamentaux théoriques et appliqués en matière d'algorithmique et de programmation informatique. Application au sein des SIG. Connexion à des bases de données par la programmation. Développement Web. Personnalisation de logiciels de gestion d'informations géographiques propriétaires ou libres. **Contenu**
- Rappel des données informatiques fondamentales. Architecture des systèmes informatiques et des réseaux. Interface Homme-Machine (IHM) : modèles, implications, conception de systèmes interactifs et techniques de prototypage.
- Algorithmique et programmation : algorithmique procédurale et algorithmique orientée objet (langage Python).
- Réalisation de Scripts étendant les capacités standard des logiciels de SIG (création automatique de couches, extraction d'informations, liens avec bases de données externes, opérations spatiales spécifiques, etc.). Approche objet (principe et adaptation géomatique). Programmation Python sous ArcGIS Pro.

- Interfaçage SIG-bases de données relationnelles (liens dynamiques, architectures serveur-client). Connexion à des BD par la programmation.
- Développement d'applications pour le Web (html et frameworks). Création de WebMap et tableaux de bord (ArcGIS Online)
- Outils de versionnement du code (type GitLab)
- Interfaçage SIG- bases de données relationnelles (liens dynamiques, architectures serveur-client).

### ***Bibliographie***

- Scott Davis, « GIS for Web Developers, adding where to your applications », The Pragmatic bookshelf, 2007, ISBN : 0-9745140-9-8, 254 pages.
- L. Ramalho, 2019. Programmer en Python - Apprendre la programmation de façon claire, concise et efficace, collection O'Reilly, 700 pages
- G. Swinnen, 2012. Apprendre à programmer avec Python 3, Eyrolles (3ème édition), 436 pages
- Zandbergen P.A. 2020. Python Scripting for ArcGIS Pro, Esri Press; 1st edition (July 7, 2020), 420 p.

## **UE 803 : Gestion de projet – 25h – 4 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Jean-Pascal Boignard

### ***Objectifs***

- Acquérir des connaissances sur les fondamentaux de la gestion de projet notamment dans la réalisation de projets portant sur la mise en place et la gestion de systèmes d'information géographique.

### ***Contenu***

- L'objectif principal de cette formation est de voir ou revoir **les fondamentaux de la gestion de projets** avec ses principes fondateurs. L'intérêt est d'appréhender et faciliter **la mise en œuvre d'un projet, d'en comprendre et de détailler chacune des étapes clés.**
- La formation se base d'abord sur les méthodes classiques (cascade et en V) puis sur les méthodes agile (Scrum).
- Seront abordés :
  - Les différents types de projet,
  - Les différentes méthodes de réalisation,
  - Les étapes clés,
  - L'équipe projet : rôles et animation,
  - Le rôle du chef de projet,
  - Les enjeux d'un projet (gestion des risques, des délais, des enjeux financiers, des contraintes...),
  - La communication,

- La planification,
  - Les outils nécessaires (planification, suivi...),
  - ...
- Un projet, défini en début de session et dont le sujet est défini par les étudiants, est réalisé en petit groupe tout au long des interventions et est présenté par les étudiants lors des ateliers. Le but étant de permettre aux étudiants de définir la mise en œuvre et décrire l'ensemble des étapes de réalisation de leur projet afin d'en garantir sa bonne mise en œuvre.
  - Le but est de permettre aux étudiants de disposer des méthodes et des outils qu'ils pourront mettre en œuvre lors de leur stage de fin d'études et en suivant dans leur vie professionnelle quel que soit le type de structure (entreprise, organisme de recherche...).

### ***Bibliographie***

- Cohen R. 2016, Concevoir et lancer un projet : De l'idée au succès sans business plan. Eyrolles, 300 pages.
- Pairis T., 2018, Gérez vos projets – Les clés pour réussir étape par étape ; ENI, 318 pages
- Maes J. et Debois F., 2019, La boîte à outils du chef de projet ; DUNOD, 192 pages

## **UE 804 : Analyse spatiale – 25h – 4 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Laurent Jégou, David Sheeren

### ***Objectifs***

- Acquérir les bases de l'analyse spatiale et de la modélisation des phénomènes géographiques avec une mise en pratique sous R

### ***Contenu***

- Enseignement théorique et appliqué de différentes méthodes de (géo)statistiques uni et multivariées. Statistiques uni et bivariées, corrélations et régression linéaire simple
- Opérateurs spatiaux, analyse de voisinage, indices de dépendance spatiale
- Théories des distributions spatiales, lissage spatiale
- Découverte du langage et mise en pratique avec R.

### ***Bibliographie***

- Husson, F., 2018, R pour la statistique et la science des données, PU Rennes.
- Bivand, R.S. , 2013, Applied data analysis with R, Springer.
- Brunson, C., Comber, L., 2018, An Introduction to R for Spatial Analysis and Mapping, SAGE.
- Sanders, L. (dir.), 2007, Models in spatial analysis, ISTE Editions.

- Feuillet T., Cossart E. et Commenges H. 2019. Manuel de géographie quantitative : concepts, outils, méthodes. Armand Colin, 227 p.
- Loonis V. (dir) 2018. Manuel d'analyse spatiale. Théorie et mise en œuvre pratique avec R, Insee Méthodes n°131, 390 p.
- Groupe ElementR 2014. *R et espace. Traitement de l'information géographique*. Framasoft Edition, 244 p.

## **UE 805 : Planification stratégique et urbanisme opérationnel – 25h – 3 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Fabrice Escaffre

UE mutualisée avec les parcours de la mention Urbanisme et Aménagement, cf. fiche k-sup de la formation correspondante

## **UE 806 : SIG : mise en situation – 25h – 3 ECTS – semestre 8**

Responsable pédagogique : Sébastien Le Corre

### ***Objectifs***

- Gérer un projet SIG, modéliser et élaborer d'une chaîne de traitements dans une situation-problème proposée.

### ***Contenu***

- L'objectif de cette UE est l'acquisition d'un savoir-faire en matière de mise en pratique et de transposition des fondamentaux en SIG.
- Cette UE s'appuie sur les acquis de gestion de projet et de la réalisation de projets géomatiques du premier semestre.
- Sur le plan pédagogique, l'UE se base sur une mise en situation concrète avec un cahier de charges à respecter.
- L'apprenant(e) n'est plus en situation où la donnée est mise à disposition, pour des traitements, il faut construire une démarche complète. Il s'agit alors de mettre en place un moissonnage, une intégration et des traitements des données adaptées aux besoins d'un utilisateur qui lui permette de répondre à une question opérationnelle. Un retour critique sur les méthodes et les limites est également attendu.

# MASTER 2

## **UE 901 : Géomatique avancée : SIG, télédétection et modélisation – 150h – 10 ECTS – semestre 9**

Responsable pédagogique : David Sheeren

### **Objectifs**

- Approfondissement des méthodes et techniques de la géomatique : programmation dans les SIG, traitement d'images avancé et nouveaux capteurs, analyse spatio-temporelle et modélisation.

### **Contenu**

#### (1) Automatisation de tâches et programmation orientée Web

- Programmation SIG : mise à niveau. Initiation aux scripts shell (bash) sous Linux ; automatisation de tâches pour le traitement de données spatiales avec GDAL
- Développement JavaScript et bibliothèques associées (D3.js...), WebGL

#### (2) Télédétection : approfondissement

- Programmation SIG : mise à niveau Traitements de séries temporelles d'images optiques, analyse de tendance et détection de changements
- Mosaïquage et fusion de données
- Traitement d'images Radar : téléchargement des données, pré-traitements (calibration, filtrage...), visualisation, usage du *graph builder*, applications thématiques sur la détection des surfaces en eau et déforestation (SNAP)
- Traitement de données LiDAR : filtrage du nuage de points, visualisation, génération de MNT et MNH, calcul d'indicateurs (LASTools, Fusion, LidR)
- Génération de MNT par photogrammétrie à partir d'un couple d'images stéréoscopiques
- Présentation des nouveaux capteurs (drone, scanner 3D, LiDAR sur téléphone mobile...)

#### (3) Analyse spatio-temporelle et modélisation

- Modélisation et analyse 3D sous SIG (ArcGIS Pro) : interpolation spatiale pour la génération de MNT et TIN, calculs d'indicateurs morphologiques dérivés, requêtes 3D, restitution de scènes 3D, analyse de co-visibilité, modélisation du rayonnement solaire théorique
- Analyse multi-critères en mode raster (ArcGIS Pro) : algèbre de cartes, chemin de moindre coût

- Evaluation multicritère (QGIS) : cartes de potentialité, de vulnérabilité
- Analyse de réseaux (ArcGIS Pro) : théorie des graphes, Dijkstra R\*, matrices OD, calcul d'isochrones
- Création et manipulation de cubes spatio-temporels (ArcGIS Pro)
- Méthodes et techniques de modélisation et simulation dynamique : modèles *pattern based* et *process based* : concepts, approches méthodologiques et soft ; scénarii prospectifs et leur validation ; initiation à la modélisation multi-agent (NetLogo)

### **Bibliographie**

- Banos A., Lang C., Marilleau N. (dir.) 2017. Simulation spatiale à base d'agents avec NetLogo 1 : introduction et bases, ISTE Editions, 224 p.
- R. Caloz et C. Collet 2011, Analyse spatiale de l'information géographique, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, collection Ingénierie de l'Environnement, 383 pages
- Camacho Olmedo M.T., Paegelow M., Mas J.F., Escobar F. (eds), 2018, Geomatic Approaches for modeling Land Change Scenarios. A review and Comparison of Modeling Techniques. In: Springer: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. 525p. ISBN 978-3-319-60801-3
- Closson D. (Ed.) 2014. Land application of Radar remote sensing, IntechOpen, online : <https://www.intechopen.com/books/land-applications-of-radar-remote-sensing>
- Houet T, Aguejdad R, Doukari O, Battaia G, Clarke K, (2016) Description and validation of a "non path-dependent" model for projecting contrasting urban growth futures. Cybergeog, document 759, January 6 2016,
- Paegelow M, Camacho Olmedo MT, Mas JF, Houet T (2014) Benchmarking of LUCC modelling tools by various validation techniques and error analysis. Cybergeog 701, December 22 2014.
- Meeks, E., D3.js in action, 2017, Manning Publications.
- Flores-Anderson A., Herndon K., Thapa R. B., Cherrington E. XXX. The SAR Handbook: comprehensive methodologies for forest monitoring and biomass estimation, DOI: 10.25966/nr2c-s69

## **UE 902 : Visualisation de données et webmapping – 50h – 6ECTS – semestre 9**

Responsable pédagogique : Laurent Jégou

### **Objectifs**

- Apprentissage des fondamentaux théoriques et appliqués en matière de visualisation graphique de données et de webmapping. Pratique

### **Contenu**

- Nouvelles formes et outils de visualisation des données, notamment interactive (APIs et bibliothèques, comme Vega, Deck.gl, D3).
- Conception de sites web dynamiques utilisant la cartographie (WebMapping). Présentation et pratique des outils libres de WebMapping, bibliothèques de fonctions PHP et JS, moteurs de cartographie, interfaces web, APIs de données et de fonctions.
- Pratique d’ArcGIS Online et Webapp Builder ESRI.
- Le web avec R : présentation de R-Shiny.

### **Bibliographie**

- Smith, D.A., Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research, Computers, Environment and Urban Systems, vol. 57, en ligne :

## **UE 903 : Algorithmique avancée en traitement de données spatiales – 25h – 4 ECTS**

Responsable pédagogique : Marc Lang

### **Objectifs**

- Savoir automatiser des chaînes de traitements géomatiques dans des environnements de programmation et des langages diversifiés

### **Contenu**

- Utilisation des API Python pour la géomatique : bibliothèques standards (gestion des fichiers et du système d’exploitation, format JSON) et bibliothèques spécialisées dans la gestion des données spatiales (GeoPandas, GDAL/OGR, osgeo, pyproj, shapely...). Application à l’environnement QGIS (10h)
- Pratique des technologies ETL (Extract, Transform, Load) dans l’environnement FME. Le but est de mettre en place des chaînes de traitements issues de données hétérogènes pour assurer une interopérabilité entre les différents formats de données (9h)
- Prise en main de la plateforme Google Earth Engine. Découverte des jeux de données disponibles, utilisation de l’API JavaScript pour des cas pratiques (calcul d’indices

spectraux, occupation des sols, analyses de série temporelles de produits satellitaires...)  
(6h)

### **Bibliographie**

- [https://docs.qgis.org/3.16/fr/docs/pyqgis\\_developer\\_cookbook/intro.html](https://docs.qgis.org/3.16/fr/docs/pyqgis_developer_cookbook/intro.html)
- <https://www.safe.com/fme/fme-desktop/>
- [https://www.google.com/intl/fr\\_in/earth/education/tools/google-earth-engine/](https://www.google.com/intl/fr_in/earth/education/tools/google-earth-engine/)

## **UE 904 : La recherche en géomatique – 25h – 4 ECTS – semestre 9**

Responsable pédagogique : David Sheeren

### **Objectifs**

- Depuis quelques années on reconnaît à la géomatique, outre l'aspect technique, une vraie dimension scientifique. Qu'elle soit considérée transversale ou interdisciplinaire : la géographie en tant que science des relations dans l'espace et dans le temps est fortement impulsée par l'essor de la géomatique. Cette UE vise à fournir aux étudiants une vision des principaux fronts de recherche actuels en géomatique et à les initier aux pratiques de recherche dans ce domaine.

### **Contenu**

- La recherche en géomatique : évolution de la discipline et fronts de recherche actuels
- Le fonctionnement de la recherche en France
- Initiation à la recherche bibliographique : pratique des bases documentaires
- Analyse critique d'un article scientifique : évaluation (« dans la peau d'un relecteur de revue »), et présentation (« dans la peau d'un conférencier »).
- La parole à des chercheurs en géomatique : interventions

### **Bibliographie**

- Berry B., Griffith D., Tiefelsdorf M. 2008. From Spatial Analysis to Geospatial Science, Geographical Analysis, 40, pp. 229-238.
- Goodchild M. F. 1997. What is Geographic Information Science? NCGIA Core Curriculum in GIScience.
- Lees B. 2009. Recent Trends in IJGISc, International Journal of Geographical Information Science, 23(1), pp. 1-6.
- Montello D. and Sutton P. 2013. An introduction to scientific research methods in Geography & Environmental studies, SAGE Publications, 2<sup>nd</sup> edition, 314 p.

## **UE 905 : Analyse statistique par la programmation – 25h – 3 ECTS – semestre 9**

Responsable pédagogique : Laurent Jégou

### **Objectifs**

- Étude des techniques avancées de l'analyse de données spatiales avec R : analyses factorielles, partitionnements, modèles linéaires et additifs généralisés, théorie des graphes.

### **Contenu**

- Les analyses factorielles (ACP, ACM, CAH).
- Partitionnements, segmentations, clusters.
- Modèles linéaires généralisés (GLM), mixtes (GLMM) additifs généralisés (GAM), Régression géographique (GWR).
- Théorie des graphes, analyse de réseau.

### **Bibliographie**

- Husson, F. et Lê, S., 2017, Analyse de données avec R, PU Rennes.
- Groupe ElementR 2014. *R et espace. Traitement de l'information géographique*. Framasoft Edition, 244 p.
- Brunsdon C. and Comber A. 2021. *Geographical data science and spatial data analysis: an introduction in R*. SAGE Publications Ltd., 360 p.

## **UE 906 : Qualité et fouille de données – 25h – 3 ECTS – semestre 9**

Responsable pédagogique : David Sheeren

### **Objectifs**

- Sensibilisation à la qualité des données spatiales et à son évaluation. Approfondissement de la démarche d'apprentissage machine à l'ère du Big data.

### **Contenu**

- Concept de qualité, terminologie, notions de qualité interne et externe, terrain nominal, normes, composantes de la qualité (précision et exactitude géométrique, sémantique, complétude, cohérence logique, actualité), appariement et méthodes de calcul des indicateurs.
- Apprentissage machine avec Scikit-Learn (Python) : fondamentaux (compromis biais/variance, surapprentissage, partitionnement des données de référence, validation croisée), méthodes non paramétriques (arbre de décision, SVM), méthodes ensemblistes (Random Forest, Gradient Boosting), réduction de dimension et sélection de variables.
- Réseau de neurones et apprentissage profond avec Keras (Python)
- Initiation au SOLAP

## **Bibliographie**

- Azencott C.-A. 2019. Introduction au Machine Learning, Dunod, 240 p.
- Brunson C. and Comber A. 2021. *Geographical data science and spatial data analysis: an introduction in R*. SAGE Publications Ltd., 360 p.
- Chollet F. 2020. L'apprentissage profond avec Python. Ed. Machinelearning.fr, 512 p.
- Géron A. 2019. Machine Learning avec Scikit-Learn - 2e éd. - Mise en oeuvre et cas concrets, Dunod, 320 p.
- Géron A. 2020. Deep Learning avec Keras et TensorFlow - 2e éd. - Mise en oeuvre et cas concrets, Dunod, 576 p.
- Hastie T., Tibshirani R., and Friedman J. 2009. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition.

## **UE 1001 : Stage – 600h étudiant – 19 ECTS – semestre 10**

Responsable pédagogique : Martin Paegelow, David Sheeren

### **Objectifs**

- Mettre en application des enseignements dans un contexte de professionnalisation
- Gérer, structurer et animer un projet long
- Rédiger un rapport de stage et soutenir oralement son travail

### **Contenu**

- L'étudiant réalise un stage de 4-6 mois dans le domaine de la géomatique appliquée aux questions d'aménagement du territoire et de la gestion environnementale.
- L'orientation du parcours (recherche ou professionnel) se fera à travers le type de structure d'accueil ciblé par l'étudiant : structure professionnelle/ entreprise ou organisme de recherche.
- Un stage en entreprise donne lieu à la rédaction d'un rapport de stage tandis que le stage dans un organisme de recherche se traduit en mémoire préparatoire à la thèse. Les deux donnent lieu à une soutenance et se basent sur un tandem maître de stage et enseignant-tuteur.

## **UE 1002 : Ateliers géomatiques – 150h – 4 ECTS – semestre 10**

Responsable pédagogique : Martin Paegelow, David Sheeren

### **Objectifs**

- Mettre en pratique les acquis dans le cadre d'un projet en petit groupe autonome et accompagné par l'équipe pédagogique.
- Structurer, gérer et conduire un projet

### **Contenu**

- UE de transition entre la phase de cours et la mise en application des savoirs et savoir-faire appris (stage en entreprise / organisme de recherche)
- Les étudiants doivent mener à terme, sous la direction d'un enseignant et par petits groupes de 2 à 3 personnes, la totalité d'un projet : définition de la problématique, identification des objectifs, inventaire des sources et ressources disponibles, établissement de la méthodologie et choix des outils, en particulier des outils géomatiques et/ou informatiques, exploitation, validation, rédaction et présentation orale du rapport de projet.
- L'orientation du parcours (recherche ou professionnel) se fera selon la finalité des projets, dont les sujets sont proposés par l'équipe pédagogique et les partenaires de la formation, chercheurs et professionnels.

## **UE 1003 : Géomatique en environnement, aménagement et agronomie – 25h – 4 ECTS – semestre 10**

Responsable pédagogique : Martin Paegelow

### **Objectifs**

- Etendre ses compétences géomatiques acquises par les enseignements dispensés au semestre 9 par un éclairage donné par panel des chercheurs et acteurs professionnels de la géomatique issus des métiers de l'aménagement du territoire, de la gestion de l'environnement, des services directement liés à la géomatique comme la cartographie, le webmapping, la gestion des bases de données, les SIG et de la recherche.

### **Contenu**

- Cycle de conférences, programme variable s'adaptant à l'actualité de la géomatique

## **UE 1004 : Techniques d'acquisition – terrain – 25h – 3 ECTS – semestre 10**

Responsable pédagogique : Sébastien LE CORRE

### **Objectifs**

- Connaitre et comprendre les différentes techniques et outils permettant l'acquisition de données sur le terrain
- Pratiquer par des exercices appliqués en extérieur l'acquisition des données spatialisées et leur intégration dans des outils SIG

### **Contenu**

Plusieurs volets seront abordés afin de traiter un spectre large de techniques d'acquisition couvrant le positionnement, le relevé d'objets sous forme vectoriel et l'acquisition d'images aériennes.

- Le premier volet est consacré aux relevés GNSS et recouvre des éléments théoriques sur les principes de fonctionnement, les notions de précision et de disponibilité des services. Les exercices applicatifs permettront de décliner l'utilisation de récepteur GNSS en intégrant notamment les corrections différentielles.
- Le deuxième volet vise une approche synoptique des outils nomades. Il doit permettre de paramétrer la collecte, de faciliter l'environnement de saisie par des formulaires et la mise en place de procédures optimisant le travail de terrain. Il s'agira ensuite de maîtriser l'intégration de la campagne de collecte sous SIG. Ces travaux seront déployés avec des outils comme Qfield et Arcgis Collector notamment.
- Le dernier volet est orienté vers la donnée image et permet d'aborder les vecteurs drones et les capteurs associés. Les outils liés à la planification d'une mission, à la réalisation de cette dernière puis au traitement des données seront abordés.

L'enseignement laisse donc une place importante à la mise en situation sur le terrain et à la pratique, avec des approches sollicitant des enseignants-chercheurs de domaines complémentaires comme l'Archéologie afin de fertiliser les apports et croiser les expériences.

### **Bibliographie**

- [http://cniq.gouv.fr/?page\\_id=12592](http://cniq.gouv.fr/?page_id=12592)
- <https://www.gsc-europa.eu/electronic-library/programme-reference-documents>
- <http://cours-fad-public.ensg.eu/course/view.php?id=69>
- <https://qfield.org/docs/fr/>