Master Géomatique SIGMA

Programme de la formation

Année 2025-2027

Programme de Formation

Public visé par la formation et prérequis

- À qui s'adresse cette formation ? Tous publics
- Les conditions d'accès : Aucune durée d'activité professionnelle nécessaire.
- Un niveau minimum est-il exigé pour suivre cette formation ? Pour une entrée en M1, les candidat(e)s doivent être titulaires d'une Licence (bac +3) ou équivalent, notamment dans une des mentions suivantes (liste non exhaustive) : Géographie et aménagement ; Sciences de la vie ; Sciences de la terre ; Sciences de la vie et de la terre ; Informatique ; Sciences pour l'ingénieur
- Quels sont les prérequis nécessaires (ou absence de prérequis) ? Pas de prérequis en M1. Prérequis à l'entrée en M2 : compétences (niveau initiation) en SIG, télédétection et traitement d'images satellites, conception de bases de données, langage SQL, SI, algorithmique et programmation, langage python, JavaScript, Webmapping.

Objectifs de la formation

- Finalité de l'action de formation : parcours diplômant
- Former des professionnels de niveau ingénieur en géomatique
- L'objectif est de faire acquérir aux étudiants des compétences techniques avancées en matière de cartographie, de télédétection et traitement d'images, d'analyse spatiale et statistiques, d'informatique (algorithmique et programmation, bases de données, systèmes d'information, gestion de sites internet) en les mobilisant pour répondre à une diversité d'applications en aménagement du territoire, gestion de l'environnement et agronomie.
- Il s'agit également de leur faire acquérir des compétences managériales en terme de savoir-faire (entreprendre, concevoir, conduire des projets, diagnostiquer) et de savoir-être (évaluer, communiquer).
- Enfin, la formation vise à leur apporter des connaissances relatives au monde de la recherche, de l'entreprise et des collectivités territoriales

Durée de la formation et modalités d'organisation

Le programme précise la durée de l'action, sa répartition dans le temps et les termes (début et fin)

- Durée totale de la formation : M1 - 525h / M2 - 500 h
- Début et fin de l'action : de début septembre à fin août (M1) / mi-septembre (M2). Pour les dates exactes, cf. Calendrier alternance de la formation
- Horaires de la formation : 8h - 18h
- Lieux : Campus du Mirail UT2J et ENSAT (Agrobiopôle Castanet-Tolosan)
- Organisation de la formation : par UE (cf. Contenu ci-dessus) et en blocs entre septembre et février (M2) / mars (M1) (partie formation à l'Université interrompue de 2 blocs de 3/5 semaines en entreprise) puis exclusivement en entreprise
- Taille des promotions : entre 20-25 en M1, 20 et 28 en M2

Compétences

(1) *Compétences transversales (mention)*

BC01	**Mettre en œuvre les usages avancés et spécialisés des outils numériques**
	Identifier les usages numériques et les impacts de leur évolution sur le ou les domaines concernés par la mention
	Se servir de façon autonome des outils numériques avancés pour un ou plusieurs métiers ou secteurs de recherche du domaine
BC02	**Mobiliser et produire des savoirs hautement spécialisés**
	Mobiliser des savoirs hautement spécialisés, dont certains sont à l'avant-garde du savoir dans un domaine de travail ou d'études, comme base d'une pensée originale
	Développer une conscience critique des savoirs dans un domaine et/ou à l'interface de plusieurs domaines
	Résoudre des problèmes pour développer de nouveaux savoirs et de nouvelles procédures et intégrer les savoirs de différents domaines
	Apporter des contributions novatrices dans le cadre d'échanges de haut niveau, et dans des contextes internationaux
	Conduire une analyse réflexive et distanciée prenant en compte les enjeux, les problématiques et la complexité d'une demande ou d'une situation afin de proposer des solutions adaptées et/ou innovantes en respect des évolutions de la réglementation
BC03	**Mettre en œuvre une communication spécialisée pour le transfert de connaissances**
	Identifier, sélectionner et analyser avec esprit critique diverses ressources spécialisées pour documenter un sujet et synthétiser ces données en vue de leur exploitation
	Communiquer à des fins de formation ou de transfert de connaissances, par oral et par écrit, en français et dans au moins une langue étrangère
	Assurer une veille technologique et contribuer au transfert des innovations dans le secteur de la géomatique
BC04	**Contribuer à la transformation en contexte professionnel**
	Gérer des contextes professionnels ou d'études complexes, imprévisibles et qui nécessitent des approches stratégiques nouvelles
	Prendre des responsabilités pour contribuer aux savoirs et aux pratiques professionnelles et/ou pour réviser la performance stratégique d'une équipe
	Conduire un projet (conception, pilotage, coordination d'équipe, mise en œuvre et gestion, évaluation, diffusion) pouvant mobiliser des compétences pluridisciplinaires dans un cadre collaboratif
	Analyser ses actions en situation professionnelle, s'autoévaluer pour améliorer sa pratique dans le cadre d'une démarche qualité
	Respecter les principes d'éthique, de déontologie et de responsabilité environnementale
	Prendre en compte la problématique du handicap et de l'accessibilité dans chacune des actions professionnelles

(2) *Compétences spécifiques (parcours SIGMA)*

BC05	**Concevoir, mettre en œuvre et suivre un projet géomatique**
	Diagnostiquer : faire un état des lieux des solutions géomatiques existantes en interne et en externe. Comparer et critiquer. Analyser et reformuler les besoins du commanditaire.
	Produire un rapport d'opportunités de solutions géomatiques incluant les spécifications fonctionnelles et techniques ; Définir une démarche de mise en œuvre.
	Organiser et exécuter un plan de développement d'une solution géomatique définie ; rendre compte de l'état d'avancement
	Évaluer la conformité de la solution géomatique produite, adapter les développements, proposer des alternatives et des correctifs ;
	Piloter et gérer les ressources associées au projet (moyens matériels, humains, financiers) ; Clôturer le projet et produire les livrables associés
BC06	**Modéliser, structurer, gérer et analyser des données géographiques**
	Concevoir, implémenter et administrer une base de données spatiales, un SI/SIG ou une infrastructure de données spatiales (Geoserver) associée à des outils de cartographie en ligne (webmapping). Mobiliser des méthodes de conception adaptées (MERISE, UML) ; Pratiquer la rétro-ingénierie d'un système existant.
	Choisir une structure de donnée spatiale et une forme de modélisation adaptée aux besoins de l'application géomatique : vecteur/raster, 2D/3D, cube de données spatio-temporelles, topologique/non topologique, relationnel/objet, degré de généralisation cartographique…
	Savoir définir et mettre en œuvre une démarche d'analyse spatiale et temporelle avancée faisant appel à des géotraitements et méthodes statistiques (analyse multivariée, modèles linéaires généralisés, tendance), geostatistiques (interpolation, autocorrélation spatiale, GWR) ou d'intelligence artificielle (apprentissage machine, clustering, automate cellulaire) à des fins d'aide à la décision, de prédiction ou de prospective.
	Définir une démarche d'analyse d'images d'observation de la terre multi-sources pour produire des représentations spatiales, rendre compte de l'état et du fonctionnement, et analyser l'évolution de phénomènes géographiques.

BC07 Acquérir et qualifier des données géographiques	
	Identifier et mobiliser des techniques de collecte de données spatiales diversifiées, adaptées à la modélisation souhaitée, à la qualité attendue, et au contexte d'usage (terrain, bureau), en cohérence avec les moyens disponibles : proxi-détection, outils nomades, GNSS, relevés topographiques ou photogrammétriques, drone, imagerie satellitaire, import de BD existantes, numérisation…
	Décrire et cataloguer des jeux de données spatiales de manière standardisée, en respectant un cadre légal et les normes en vigueur (INSPIRE, open data, RGPD…)
	Recenser et qualifier des jeux de données géographiques pertinents, leur condition d'accès, d'usage et de partage, depuis des sources variées (données communautaires ou citoyennes, BD institutionnelles, jeux d'acteurs publiques ou privés).
	Recommander, développer et exploiter des techniques de contrôle qualité ou recettage des données spatiales
	Proposer et appliquer des techniques d'intégration de données spatiales multimodales
BC08 Automatiser des chaînes de traitements et développer des solutions géomatiques	
	Examiner, exécuter et adapter un code informatique existant dédié à l'analyse de données spatiales
	Créer un code informatique au moyen d'un langage de programmation visuel, procédural ou orienté-objet et de différentes bibliothèques spécialisées, permettant d'automatiser un processus complexe d'analyse de données spatiales vectorielles ou raster.
	Produire, documenter et publier un code informatique au moyen de carnets de notes interactifs
	Utiliser un outil de versionnement de fichiers ou codes source dans le cadre d'un projet géomatique complexe multi-acteurs.
	Concevoir et produire des applications informatiques bureautiques ou orientées web de collecte, traitement ou geovisualisation de données, s'appuyant sur des bibliothèques métier propriétaires ou open source.
BC09 Diffuser et valoriser de l'information géographique	
	Choisir et produire une représentation cartographique adaptée au message à communiquer et au public cible, en respectant les règles de sémiologique graphique.
	Utiliser des méthodes de géovisualisation avancées (tableau de bord, carte narrative…) pour résumer, décrire, analyser ou interagir avec des données spatiales qualitatives ou quantitatives.
	Exploiter des API et services web pour intégrer, échanger ou diffuser des données géographiques

Qualité du ou des formateurs :

- Les formateurs sont Professeurs des Universités, Maîtres de Conférences ou professeurs associés (PAST). Des chercheurs ou ingénieurs de recherche de plusieurs laboratoires interviennent également, en plus de professionnels vacataires dont l'emploi principal est dans le domaine de la géomatique. Nombre d'intervenants sont des anciens de la formation.

Moyens et méthodes pédagogiques :

La formation combine des séances de cours, de travaux dirigés et des projets en groupe avec différentes techniques pédagogiques variables selon les intervenant.e.s.

Évaluation de la formation :

- L'évaluation est en contrôle continu intégral
- L'évaluation porte :
  - sur les acquis de la formation (atteinte des objectifs et effets sur la pratique professionnelle, des connaissances et compétences acquises lors de la formation)
  - sur la mesure de la satisfaction des étudiant.e.s sur l'organisation, les qualités pédagogiques du formateur, les méthodes et supports utilisés. Deux bilans par an et par niveau (M1 et M2) sont organisés entre l'équipe pédagogique et les étudiant.e.s.

Contenu – 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) 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 (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 Substraction*), 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. Cunty C. et Davoine P.-A. 2019. Les Systèmes d'Information Gépgraphique : 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, 2ème 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 de systèmes d'information ; apprentissage de la démarche de conception logiciel 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.
- Intégration, gestion et exploitation de données spatiales dans les bases de données, théorie et pratique avec PostGIS (langage SQL).
- Introduction au partage des données, aux métadonnées et normes associées

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 les compétences acquises durant les autres unités d'enseignement dans le cadre d'un projet en petit groupe mené de façon autonome mais accompagné par un membre de 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.

Remarque : dans le cadre de l'alternance, cette UE est évaluée à travers les projets menés en entreprise

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 : Martin Paegelow

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
- Communication numérique par réalisation de vidéos
- Storymap sous ArcGIS
- L'évaluation 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.

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 p.

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 à 6 mois dans le domaine de la géomatique appliquée aux questions d'aménagement du territoire et de la gestion environnementale.
- L'orientation (recherche ou professionnelle) 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 d'une soutenance et se basent sur un tandem maître de stage et enseignant-tuteur.

UE 802 : Algorithmique et programmation – 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 traitements de données spatiales 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)

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 SIG.

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 booîte 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 des statistiques classiques uni et bivariées
- Opérateurs spatiaux, analyse de voisinage, indices de dépendance spatiale
- Théories des distributions spatiales, lissage spatiale
- Clustering
- Découverte du langage et mise en pratique avec R et packages spatiaux associés.

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.
- Brunsdon, 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 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 dans le cadre d'une mise en situation concrète avec un cahier des charges à respecter.
- L'apprenant(e) n'est plus en situation où la donnée est mise à disposition, pour des traitements. Il doit lui-même construire la démarche. Il s'agit alors de mettre en place un moissonnage, une intégration et des traitements des données adaptés 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. Cette UE s'appuie sur les acquis de gestion de projet

Contenu – 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 (y compris orientée Web)

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

(2) Télédétection : approfondissement

- Programmation pour la télédétection : remise 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 de métriques depuis le nuage de points (ArcGIS Pro, LASTools, Fusion)
- Génération de MNS par photogrammétrie à partir d'un couple d'images stéréoscopiques (outils CARS du CNES)

(3) Analyse spatio-temporelle et modélisation

- Analyse spatiale en mode vecteur (ArcGIS Pro) : remise à niveau
- Analyse multi-critères en mode raster (ArcGIS Pro) : algèbre de cartes, chemin de moindre coût
- Modélisation de la sensibilité des sols à l'érosion (ArcGIS Pro)
- Modélisation et analyse 3D (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 de réseaux (ArcGIS Pro) : théorie des graphes, Dijkstra R*, matrices OD, calcul d'isochrones
- Création et manipulation de cubes spatio-temporels (ArcGIS Pro)
- Evaluation multicritère (QGIS) : cartes de potentialité, de vulnérabilité
- 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 978-3-319-60801-3Closson D. (Ed.) 2014. Land application of Radar remote sensing, IntechOpen, online : https://www.intechopen.com/books/land-applications-of-radar-remote-sensing
- Paegelow M, Camacho Olmedo MT, Mas JF, Houet T (2014) Benchmarking of LUCC modelling tools by various validation techniques and error analysis. Cybergeo 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.

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

Responsible 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 chaines 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://www.safe.com/fme/fme-desktop/
- 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

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 (« dans la peau d'un relecteur de revue ») et présentation de l'article (« dans la peau d'un conférencier »).
- La parole à des chercheurs en géomatique : interventions variées incluant des doctorant.e.s

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 Geo. 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, 2nd edition, 314 p.

UE 905 : Analyse statistique de données spatiales – 25h – 3 ECTS – semestre 9

Responsable pédagogique : Laurent Jégou

Objectifs

Étude de techniques avancées de l'analyse de données (spatiales) avec R : analyses multivariées, partitionnements, modèles linéaires simples, GLM et GLMM, GWR, théorie des graphes.

Contenu

- Les analyses factorielles (ACP, ACM, CAH).
- Partitionnements, segmentations, clusters.
- Modèles linéaires généralisés (GLM), mixtes (GLMM), 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

Introduction au contrôle qualité dans les bases de données spatiales et des différentes composantes de la qualité. Approfondissement de la démarche d'apprentissage automatique.

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.

Bibliographie

- Azencott C.-A. 2019. Introduction au Machine Learning, Dunod, 240 p.
- Brunsdon 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., R., , 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 qui peut préparer à une thèse de doctorat. 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.

Remarque : dans le cadre de l'alternance, cette UE est évaluée à travers les projets menés en entreprise

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 un 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 (dGPS avec le réseau Centipède RTK).
- 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 maitriser l'intégration de la campagne de collecte sous SIG. Ces travaux seront déployés avec des outils comme Qfield, ArcGIS Collector, ODK Collect.
- 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://cnig.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/