

## Syllabus du Master 2 SIGMA (Agrogéomatique)

### Descriptions des unités d'enseignement (UE) : M2

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

Coordination : David Sheeren

Intervenants : G. Cabanac , L. Jegou, M. Lang, S. Le Corre, M. Paegelow, D. Sheeren + nombreux intervenants (CNES, IGN Espace...)

#### 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

- 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. 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, <http://cybergeog.revues.org/27397>
- 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. <http://cybergeog.revues.org>
- Meeks, E., D3.js in action, 2017, Manning Publications.
- Flores-Anderson A., Herndon K., Thapa R. B., Cherrington. 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

Coordination : Laurent Jégou

Intervenants : Laurent Jégou, Guillaume Sueur, Vincent Thierion

### 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 : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971516300023>

## **UE 903 : Algorithmique avancée en traitement de données spatiales – 25h – 4 ECTS – semestre 9**

Coordination : Claude Monteil

Intervenants : Marc Lang, Sarah Moure, N. Lagarrigue

### **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**

Coordination : David Sheeren

Intervenants : multiples conférenciers

### **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 de données spatiales – 25h – 3 ECTS – semestre 9

Coordination : Laurent Jégou

Intervenants : Laurent Jégou, , Marc Lang, intervenants extérieurs

## 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, *clustering*.
- 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**

Coordination : David Sheeren

Intervenants : David Sheeren, , Mathieu Fauvel + intervenants extérieurs

### **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. et apprentissage des critères et mesures. Introduction à la fouille de données 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-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., Tibshirani, Friedman, J. 2009. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Second Edition.

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

Coordination : Claude Monteil, Martin Paegelow

Intervenants : toute l'équipe

### **Objectifs**

- Mise en application des enseignements dans un contexte de professionnalisation

### **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**

Coordination : Claude Monteil, Martin Paegelow

Intervenants : toute l'équipe

### **Objectifs**

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

### **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**

Coordination : Martin Paegelow

Intervenants : multiples conférenciers

### **Objectifs**

- Cette UE a pour objectif de compléter 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**

Coordination : Sébastien Le Corre

Intervenants : S. Le Corre, C. Calastrenc, D. Sheeren, Intervenants extérieurs

### **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

maitriser 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://cnig.gouv.fr/?page\\_id=12592](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/>