

Cours Systèmes d'Information Géographique

Durée : 55 h

Intervenants : Pr. Amadou Tahirou Diaw¹⁻³, Dr Gualbert S. Dorégo²⁻³, Dr Alla Manga³, Ing. Aminata Diokhané⁴, Dr El hadji Balla Dièye⁵⁻³, Dr Cheikh Mbow¹⁻³, Dr Grégoire Leclerc⁷⁻³, Mme Aminata Guèye⁸, M. Amadou Kâ²⁻³, M. Sabayti Fall⁹⁻³.

Université Cheikh Anta Diop¹, Institut Sénégalais de Recherches Agricoles², Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique³, Centre de Recherche de la Qualité de l'Air⁴, Université de Ziguinchor⁵, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement⁷, Comité International de la Croix-Rouge⁸, ASForCAD⁹

1. Objectifs du cours

Fournir une pratique en termes de conception et d'élaboration de produits cartographiques fondés sur les outils d'analyse spatiale.

Maîtriser les principales fonctionnalités d'Arcview Gis par l'apprentissage.

Le premier objectif de ce cours est d'amener les étudiants à se familiariser avec les notions de base de la cartographie et ses principaux champs d'applications.

Le deuxième objectif est de leur fournir les connaissances théoriques et pratiques attendues, le savoir-faire et l'autonomie nécessaires pour l'implémentation, à des fins de gestion, de *projets* en Systèmes d'Information Géographique.

Objectifs spécifiques

Dans le but d'atteindre ces objectifs globaux, il est nécessaire de répondre aux objectifs spécifiques suivants :

1. Savoir pourquoi et comprendre comment mettre en place un SIG : «Qu'est ce qu'un SIG ?»
2. Maîtriser la terminologie et acquérir la culture générale de base nécessaire à la mise en place d'un SIG et à la manipulation de l'outil SIG : « l'Information Géographique »
3. Acquérir, manipuler, sauvegarder les sources de données dans un SIG
4. Se familiariser avec la fonctionnalité propre au SIG : « l'analyse spatiale »
5. Maîtriser la restitution et la diffusion des résultats d'un *projet* SIG.
6. Concevoir et implémenter un *projet* SIG
7. Présenter les logiciels et les sources de données SIG disponibles sur le marché actuel

8. Maîtriser un outil de création de bases de données, le S.G.B.D Microsoft Access par exemple.
9. Découvrir et utiliser le World Wide Web pour des ressources en SIG

Logiciels

La formation à l'outil SIG sera réalisée à partir d'une monographie sur certains SIG, en l'occurrence le logiciel ArcGIS 9.2. Ce logiciel est un produit de la société ESRI. Il est actuellement l'un des plus couramment utilisés dans le monde, par les professionnels du public et du privé, les universités, les chercheurs, les collectivités territoriales et d'aménagement, les bureaux de développement... Il a l'avantage de posséder une interface facile pour l'utilisateur. Il convient donc au simple utilisateur SIG tout comme à celui qui est intéressé par des applications plus sophistiquées. Il a des potentialités de développement d'applications et des fonctionnalités avec possibilité de programmation (ArcView Script avenue par exemple).

Ses capacités d'import-export lui valent d'être une passerelle idéale vers d'autres logiciels SIG (MapInfo, Géoconcept... et les logiciels de traitement d'images, GRASS, ENVI, IDRISI...), mais aussi de Dessin Assisté par Ordinateur (DAO), de Cartographie Assistée par Ordinateur (CAO), de bases de données (Excel., Dbase...).

Les étudiants seront également familiarisés avec les levés par Global Positioning System (GPS) et l'intégration de données dans un SIG.

Documents de travail

- Manuel d'utilisation ArcView
- Ormsby Tim & Alvi Jonell, *Extending ArcView GIS. Teach yourself to use ArcView GIS extensions*. ESRI Press, 1999, 527 p. + CD-ROM.
- www.esri.com
- Images aériennes et satellitaires, documents cartographiques thématiques de la base de données du Laboratoire, de la Direction des Travaux Géographiques et Cartographiques et des services étatiques du Sénégal.

Horaires et Esprit du cours

Le cours de « Systèmes d'Information Géographique » compte 55 heures, 20 heures de théorie et 35 heures de pratique et de travaux personnels sur *projets*. Le détail sur les jours et horaires de cours seront communiqués ultérieurement.

Il sera parfois demandé aux étudiants de lire ou commenter un certain nombre de documents (articles, chapitre de livres) ou de faire certains exercices en vue de préparer le cours suivant. Le travail de groupe est fortement encouragé. Les étudiants doivent pouvoir lire et comprendre en français et en anglais. Il leur sera demandé de participer en classe et de ne pas hésiter à poser des questions, de faire partager leurs connaissances et discuter de problème particulier.

2. Articulation du cours

La formation se déroule en séances de 3 H (matin et après-midi) mêlant concepts et définitions, travaux pratiques dirigés et études de cas, etc.)

3. Contenu du cours

Le cours se déroule selon les étapes ci-après :

Plan Détaillé de Cours

Jour 1

Introduction : « L'état de la Géomatique au Sénégal »

Ce chapitre introductif a pour objectif de situer le contexte et l'état d'évolution de la Géomatique au Sénégal, avec un accent particulier sur la continuité et le renouvellement méthodologique de cette discipline, le renforcement des sciences cartographiques par le biais de techniques nouvelles dans un environnement multidisciplinaire et complexe. Les points de détail particuliers développés seront déclinés sous la forme ci-après :

- Les fondements historiques de la cartographie au Sénégal ;
- L'évolution de la télédétection et l'implantation des SIG ;
- Les acteurs de la Géomatique au Sénégal ;
- Conclusion sur la géomatisation ! ... et les besoins.

Jour 1

« Qu'est ce qu'un SIG et Pourquoi mettre en place un SIG ? »

Objectif Général

Présenter les objectifs du cours en SIG et introduire le SIG.

Objectifs spécifiques

Plus spécifiquement, il s'agira de :

- évaluer la compréhension qu'ont les étudiants du SIG,
- évaluer les connaissances en SIG des étudiants
- évaluer les besoins des étudiants en SIG
- définir le concept de SIG

Section 1 : Présentation respective du professeur et des étudiants

Il sera demandé aux étudiants de remplir une fiche avec leur nom et prénom, leur date et lieu de naissance, leur appréciation de leur niveau d'anglais et de français, leur appréciation de leurs connaissances informatiques et en SIG, le titre, le sujet et le nom de leur Directeur de Mémoire afin de voir les centres d'intérêt et spécialisation de chacun.

Une discussion libre sera ensuite ouverte sur le SIG avec des questions sur :

- La connaissance en SIG de chacun,
- Si connaissance il y a, il sera demandé aux étudiants de développer s'il s'agit d'une connaissance théorique et/ou pratique, les logiciels utilisés, le thème analysé,
- L'idée de chacun sur ce qu'est un SIG, à quoi il peut servir, ce qui le distingue de la cartographie classique

- Il sera ensuite demandé aux étudiants de préciser leurs attentes du cours en SIG, Théorie vs. Pratique, besoins actuels et futurs, problèmes actuels rencontrés.

Section 2 : Structure de la section

Comme le titre l'indique, il sera présenté aux étudiants l'objectif général et les objectifs spécifiques du cours, le plan de cours avec détails sur la répartition entre théorie et pratique. Seront incluses les adaptations nécessaires résultant de la discussion préalable sur les connaissances, les besoins et les attentes des étudiants. Seront annoncés le rythme des examens et les types d'examen (quiz, compte rendu de lecture, exposé oral, test écrit, travaux pratiques). Il sera rappelé aux étudiants quelques règles simples mais utiles au bon déroulement du cours (respect de l'heure, assiduité...) mais surtout l'accent sera mis sur le besoin de participation active des étudiants pendant le cours. Il sera encouragé le travail de groupe sur des thèmes particuliers, avec recherche bibliographique ou compte-rendu de chapitre de livre, restitué et discuté. Il est demandé aux étudiants d'intervenir en classe, de poser des questions, de mentionner les difficultés de compréhension. Seront passés en revue les livres, articles, logiciels et matériels de référence qui seront utilisés comme support de cours.

Section 3 : « Qu'est ce qu'un SIG et Pourquoi mettre en place un SIG ? »

Les thèmes abordés seront :

- SIG : de leurs définitions
- Historique : de la naissance du SIG à la « sophistication » actuelle
- Terminologie : comparaison dans la communauté internationale
- Différences et similarités entre SIG, DAO et CAO
- Fonctionnalités
- De l'intérêt du SIG.

Jour 2

Les données géographiques, les cartes et le SIG : « L'Information Géographique »

Objectif Général

L'objectif de ce chapitre est de revoir un certain nombre de principes de base nécessaires à la mise en place de SIG et l'importance des informations géographiques ainsi que la question des associations de phénomènes ou d'objets au travers de relations spatiales.

Objectifs spécifiques

Plus précisément, il s'agira de voir ou revoir :

- Les Connaissances de base en analyse spatiale
- La représentation du monde réel dans un SIG
- La structure des données dans un SIG : le Modèle Conceptuel de Données

Section 1 : L'analyse spatiale, une fonctionnalité enrichie par la géographie moderne

Section 2 : La question de la représentation dans un SIG

Section 3 : L'organisation des données dans un SIG

Jour 3

Les sources de données, leur acquisition, leur manipulation et leur sauvegarde dans un SIG

Objectif

L'objectif de ce chapitre est de passer en revue les différents types de données venant en *input* dans un SIG, procéder à leur acquisition, les manipuler et les sauvegarder. Fonction du matériel à disposition (table à numériser, scanner, bases de données numériques disponibles), l'accent sera mis sur la pratique avec la manipulation de données et la création de bases de données.

Objectifs spécifiques

Plus précisément, il s'agira de :

- Présenter les différents types de données : les données vecteur, les données raster, les données alphanumériques ou données attributaires,
- Connaître le matériel nécessaire à l'intégration des données et apprendre les procédures d'utilisation
- Présenter le cas particulier des images satellitales
- Acquérir des bases de données externes
- Savoir manipuler et sauvegarder les données dans un SIG

Section 1 : Les sources de données

Section 2 : Le matériel et les procédures d'utilisation

Section 3 : Cas particulier, les images satellitales et les bases de données externes

Section 4 : La manipulation et la sauvegarde des données dans un SIG

Jour 4

L'analyse des données dans un SIG

Objectif Général

Ce chapitre sera entièrement consacré à la fonctionnalité propre au SIG : l'analyse spatiale. L'objectif du cours est de donner aux étudiants les principes de base afin de les préparer à des applications plus avancées. Accent sera mis sur la pratique.

Objectifs spécifiques

Il s'agira plus précisément de familiariser les étudiants avec un certain nombre de principes de base en analyse spatiale que sont :

- la localisation et recherche de renseignements par requête spatiale,
- les caractères spatiaux des objets géographiques,
- l'interrogation de la base de données par la requête attributaire SQL
- les mesures

- La classification : proximité, adjacence, zones-tampon ou buffer-zones
- Analyse de surfaces avec Modèle Numérique de Terrain (MNT) ou Digital Elevation Model (DEM), les surfaces raster et l'interpolation
- La distribution spatiale
- L'analyse par superposition et croisement (intersection-union-fusion) de couches
- La modélisation cartographique : définition, les modèles en géographie, les types de modèles cartographiques, exemples, la mise en place du modèle et sa vérification.

Section 1 : L'analyse spatiale, éléments de base

Section 2 : Mesures

Section 3 : Classification

Section 4 : Analyse de Surfaces

Section 5 : Distribution spatiale

Section 6 : Analyse de données par superposition de couches

Section 7 : La modélisation cartographique

Jour 5

La présentation des résultats d'analyse

Objectif Général

Tout résultat d'analyse spatiale, aussi pertinent soit-il, doit pouvoir être présenté de manière claire, simple et attrayante. La force du SIG est de pouvoir utiliser le graphisme, et notamment la carte, pour communiquer un résultat, une idée, d'où souvent un grand impact du SIG chez les décideurs. L'objectif de ce cours est par conséquent d'enseigner aux étudiants comment utiliser le SIG pour présenter ces résultats mais aussi donner des éléments de base pour la production de résultats de bonne qualité. En fonction du matériel à disposition, nous verrons dans quelle mesure il est possible d'utiliser différents supports de communication comme le support papier (imprimer ses résultats sous forme de carte unique mais aussi de poster), le projecteur PowerPoint, les transparents...

Cette partie du cours intègre donc un point important de la cartographie qui est l'initiation à la sémiologie graphique (langage cartographique) ; ce langage permettant d'aboutir à la construction de cartes 'lisibles et efficaces'.

Objectif Spécifiques

A la fin de ce chapitre, l'étudiant sera capable de :

- Concevoir une carte dans un SIG avec l'intégration des éléments cartographiques et des symboles, leur organisation, leur mise en page
- Présenter ses résultats sous forme non cartographique par cartogramme, graphiques, tableaux
- Utiliser et maximiser une particularité de la présentation des résultats dans un SIG : la possibilité d'utiliser des résultats éphémères
- Sauvegarder ses résultats dans un SIG
- Utiliser les différents supports matériels de communication

Section 1 : La présentation du résultat cartographique

Section 2 : Le résultat non cartographique

Section 3 : Sauvegarde et communication des résultats

Jour 6 Etude de Cas

Objectif Général

Amener l'étudiant par le biais de cas étudiés à voir la pertinence des outils SIG et à se projeter sur des cas d'étude à venir. Les cas ci-dessous seront, entre autres, examinés.

1^{er} cas : Utilisation des indices de végétation pour l'estimation des superficies agricoles.

2^e cas : Les meules de charbon de bois comme marqueurs de sites d'exploitation.

3^e cas : L'analyse des températures des eaux de surface marines à partir des données du satellite MSG.

4^e cas : L'étude des feux de brousse au Sénégal.

5^e cas : Pollution atmosphérique, mobilité urbaine dans la région de Dakar.

6^e cas : Cartographie de l'évolution spatiale du port de Dakar

7^e cas : L'évolution des formations de mangrove du delta du Saloum et de Joal-Fadiouth.

Jour 7 La conception de projets SIG et leur mise en place

Objectif Général

Il ne suffit pas seulement de savoir comment intégrer, manipuler, analyser et présenter des données. Encore faut-il savoir pourquoi on met en place un SIG, quel est le problème à analyser, pour quelle demande et quel objectif?... L'étudiant doit donc être capable d'identifier et de savoir quelles sont les étapes à suivre dans la conception et la mise en place d'un SIG.

Objectifs spécifiques

L'étudiant sera capable à la fin de ce chapitre :

- d'expliquer la « conception » d'un SIG
- de reconnaître les différentes étapes nécessaires à la conception
- de connaître les différentes approches.

Section 1 : Comment concevoir un SIG ?

Section 2 : Quels sont les besoins liés à cette conception

Section 3 : Les approches de la conception

Section 4 : Modèle de Conception et d'Implémentation

Jour 8

Logiciels, sources de données et le web

Objectif Général

Ce chapitre est destiné à fournir aux étudiants certaines ressources d'information de base concernant les logiciels et les sources de données disponibles, en particulier les données disponibles sous format numérique. Le Web étant une mine d'information essentielle, il sera donné, et montré en pratique, aux étudiants une liste de sites Web fortement utiles pour trouver des données et pour la mise en place en général de projets SIG (logiciels, exemples...).

Section 1 : Logiciels et Sources de données

Section 2 : L'utilisation du Web et SIG

Synthèse

Jour 9

Système de gestion de bases de données

Structure du cours (Théorie et travaux pratiques) :

- Introduction aux bases de données et modélisation
- Manipulation des données
- Requêtes et optimisation
- Création d'états et intégration de graphiques
- Macro
- Travaux pratiques

Jour 10

Le Système de positionnement Global (GPS)

Structure du cours (Théorie et travaux pratiques)

- Qu'est-ce que le GPS ? Les référentiels de coordonnées
- Evolution technique des systèmes de positionnement
- Comment fonctionne le GPS ?
- Les sources d'erreurs
- Manipulation du récepteur Garmin
- Collecte de données sur une carte et avec un récepteur Garmin
- Intégration des données GPS dans un SIG
- Domaines d'application (cadastre, géographie, gestion de trafic, guidage de camions, topographie, coordonnées géographiques,...).

4. Synthèse finale

Elle sera établie sous forme d'évaluation des connaissances théoriques et pratiques acquises sur l'ensemble du programme de cours. Pour ce faire, des groupes d'étudiants seront formés auxquels il sera demandé de choisir une application « real-world » et de concevoir et implémenter un *projet* SIG correspondant (sélection des meilleurs outils, définir les objets géographiques et leurs relations, choix de la zone d'étude, de l'échelle dans le temps et l'espace, les données disponibles, la faisabilité en temps et argent...). Présentation sous forme de rapport écrit avec cartes ou par projection PowerPoint.

L'évaluation doit permettre de savoir si les principaux concepts sont bien maîtrisés et le savoir-faire des étudiants établi.