



Monitoring et Modélisation de l'Environnement

M²E

Spécialisation: contenu, projets et perspectives professionnelles

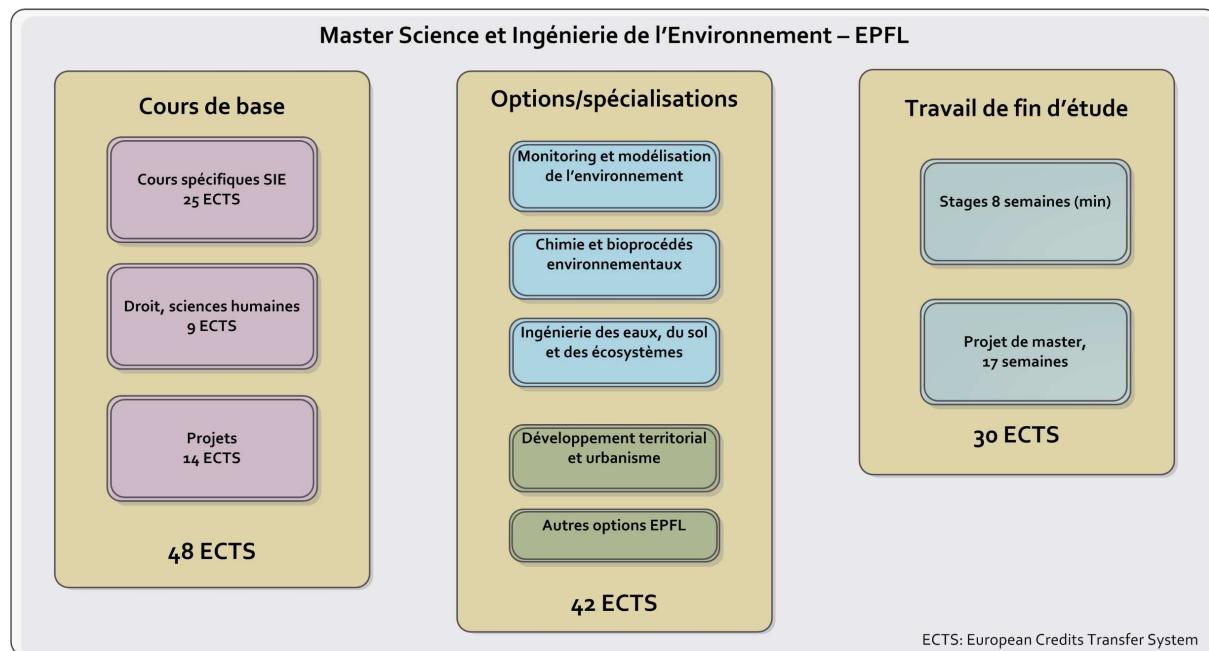
Table des matières

1.	Contexte et objectifs.....	4
1.1.	Buts	4
1.2.	Entrez dans le monitoring des dangers naturels	4
1.3.	Place du monitoring et de la modélisation.....	5
2.	Contenu de la spécialisation M ² E.....	7
2.1.	Introduction	7
2.2.	Contenu.....	7
2.3.	Perspectives professionnelles	7
3.	Résumé des cours en M ² E.....	8
3.1.	Tableau	8
3.2.	Vue synoptique	9
4.	Projets d'étudiants	10
4.1.	Projets de semestre/ENAC	10
4.2.	Design projet.....	13
4.3.	Projet de master	18
5.	Stages	24
5.1.	Liste de stages.....	24
5.2.	Impressions de stage.....	25
6.	Contacts	28
7.	Annexe	29
7.1.	Géomonitoring.....	29
7.2.	Spatial statistics and analysis.....	29
7.3.	Advanced Satellite Positioning.....	30
7.4.	Design de projet SIG	30
7.5.	Distributed intelligent systems	31
7.6.	Distributed information systems.....	31
7.7.	Geocomputation.....	32
7.8.	Géovisualisation environnementale.....	32
7.9.	Imagerie du territoire	33
7.10.	Introduction to database system.....	33
7.11.	Sensor orientation	34
7.12.	SIG et aide à la décision.....	34
7.13.	Gestion foncière et droit foncier	34

1. Contexte et objectifs

1.1. Buts

Ce document a pour objectif de présenter, aux étudiant(e)s en début de Master en Sciences et ingénierie de l'environnement, la spécialisation « Monitoring et modélisation de l'environnement » (M²E). Celle-ci est obtenue en choisissant et en réussissant 30 crédits de cours à option avec le label « spécialisation C ».



Plan général du master SIE avec les différents options et spécialisations

Les buts de ce document sont :

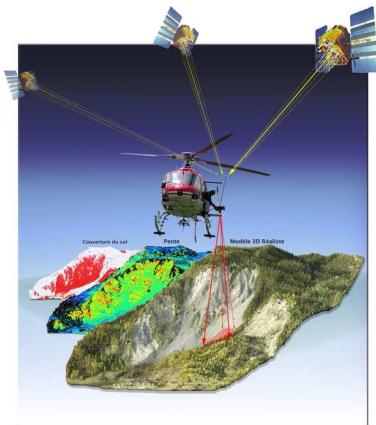
- de donner une vue d'ensemble du contenu de la spécialisation M²E ;
- d'illustrer le potentiel d'apprentissage et de recherche au travers de projets réalisés ;
- de donner quelques perspectives professionnelles ainsi que des exemples de stages.

1.2. Entrez dans le monitoring des dangers naturels

Les plans et les cartes fournissent une image instantanée du territoire. Jusqu'à présent, l'intervalle entre deux mises à jour pouvait être de plusieurs années. Les techniques modernes de la géomatique permettent aujourd'hui une acquisition et une mise à disposition rapides de données liées au territoire par le biais de systèmes d'information géographique (SIG).

Ces nouvelles possibilités peuvent être illustrées à travers le suivi d'une zone de glissement de terrain en région de montagne. Compte tenu de la dynamique du phénomène, la région doit être **surveillée en permanence** avec des dispositifs de mesure placés dans le terrain. Toutefois, une vue générale est indispensable pour **quantifier les mouvements** dans leur ensemble. C'est dans cette perspective que des moyens de mesure qui intègrent des technologies de navigation (p.ex. GPS) et d'imagerie (caméra haute résolution, balayage laser) ont été embarqués dans un hélicoptère pour saisir des données servant à établir de modèles détaillés du paysage. L'exploitation de ces derniers permet d'anticiper l'évolution du glissement et d'aider les responsables des administrations à prendre les décisions pour assurer la sécurité de la population.

Cette technologie de pointe, qui répond notamment aux besoins d'une **cartographie rapide** des dangers naturels, s'inscrit pleinement dans la ligne de spécialisation de la section SIE en **monitoring de l'environnement**. A plusieurs reprises, les étudiants ont utilisé ce système d'acquisition ou ont eu accès aux données qui en sont issues pour leurs projets, par exemple en exploitant des modèles du paysage dans des SIG.

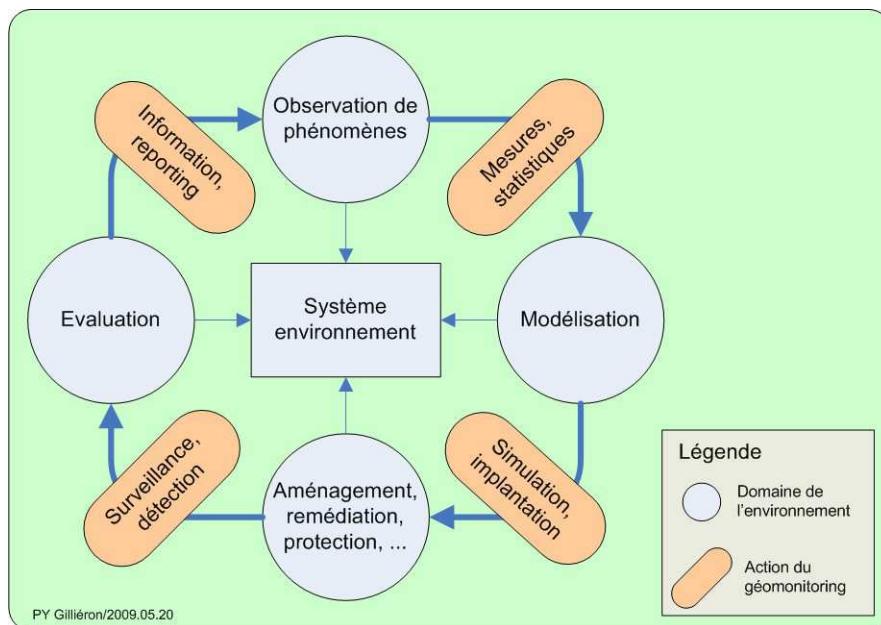


Système de lever aérien laser développé à l'EPFL et avec des entreprises spécialisées. Le système permet de réaliser des modèles numériques 3D pour la couverture du sol, l'altimétrie, la pente et l'orientation du terrain.

1.3. Place du monitoring et de la modélisation

Toute action d'ingénierie de l'environnement s'appuie sur un cycle composé de méthodes pour l'observation de phénomènes, de modélisation spatiale et de processus, de mesures de remédiation ou d'aménagement et finalement de moyens pour l'évaluation des mesures et leurs impacts.

Dans un tel cycle, on peut considérer l'environnement comme un système qui nécessite une surveillance à chaque étape. Selon les phénomènes qui sont étudiés, divers moyens sont mis en œuvre.



Cycles et actions du monitoring de l'environnement

La gestion de l'environnement naturel et construit nécessite donc l'acquisition et le recouplement de nombreuses données sur le sol, l'eau, l'atmosphère, etc...

Cela implique en particulier :

- des instruments et techniques d'acquisition des données (satellites, réseaux de capteurs fixes et mobiles... et Internet !) ;
- des bases de données susceptibles d'intégrer, de ranger et de retrouver de grandes quantités de données et d'en extraire l'information souhaitée ;
- des outils permettant de représenter et d'explorer des données environnementales et géodonnées ;
- des algorithmes et des logiciels permettant de modéliser et de simuler le comportement des systèmes environnementaux.

2. Contenu de la spécialisation M²E

2.1. Introduction

Les ingénieurs en environnement étudient des phénomènes de nature complexe, qui ont de multiples interactions et se manifestent à des échelles très diverses. Pour comprendre ces phénomènes et leurs impacts, il faut d'abord observer l'environnement de manière adéquate. Bien le gérer nécessite le recouplement de nombreuses données sur le sol, l'eau et l'atmosphère, ce qui implique des instruments et des techniques pour acquérir, transmettre et stocker les données, ainsi que des algorithmes et des logiciels pour explorer ces données et simuler le comportement de systèmes environnementaux. Ainsi équipée, l'ingénieur-e peut évaluer l'impact de travaux sur l'environnement, comparer des alternatives et proposer un plan d'action cohérent à ses partenaires.

La spécialisation « Monitoring et modélisation de l'environnement » (M²E) apporte les connaissances d'ingénierie pour mesurer, modéliser et représenter les paramètres fondamentaux ainsi que les interactions entre les phénomènes naturels et anthropiques.

2.2. Contenu

Le monitoring et la modélisation de l'environnement ont pour objets :

- la mesure de paramètres environnementaux à différentes échelles dans le temps et dans l'espace ;
- la description de l'évolution de ces paramètres, leur recouplement et leur analyse afin de comprendre les phénomènes naturels ;
- l'intégration des résultats dans des modèles pour évaluer l'impact des interventions envisagées.

Cette spécialisation propose une série de cours dans les domaines :

- **de la gestion de l'information et modélisation** : bases de données, systèmes d'information géographique (SIG), systèmes d'information distribués ;
- **des systèmes de mesures et d'observation** : géomonitoring, les systèmes intelligents distribués, l'imagerie du territoire, la télédétection satellitaire, les techniques de navigation ;
- **des méthodes d'analyse** : la géostatistique et l'analyse spatiale, la géovisualisation environnementale.

2.3. Perspectives professionnelles

Les ingénieurs en environnement spécialisés en monitoring et modélisation renforcent leurs compétences de base en informatique, en mathématiques et en statistiques. Ils développent ainsi un profil original en systèmes de mesures, SIG et modélisation. Ces compétences sont requises dans la plupart des projets et – par rapport à de nombreuses formations universitaires en environnement – elles sont approfondies dans cette spécialisation. Cette situation offre un avantage compétitif évident à nos diplômé-e-s, avec d'excellentes perspectives dans l'industrie, les bureaux d'ingénieurs et l'administration.

3. Résumé des cours en M²E

3.1. Tableau

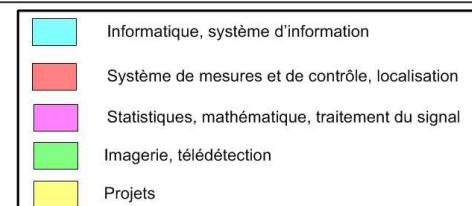
Label	Titre	Enseignant(s)
ENV-445	Géomonitoring	Merminod/Vallet
ENG-440	Spatial statistics and analysis	Berne/Golay
ENV-542	Advanced Satellite Positioning	Skaloud
ENV-547	Design de SIG	Buogo/Golay/Soutter
ENG-466a	Distributed intelligent systems	Martinoli
ENG-466b	Distributed intelligent systems project	Martinoli
CS-423	Distributed information system	Aberer
ENV-546	Geocomputation	Joost
ENV-444	Géovisualisation environnementale	Joost
ENV-540	Imagerie du territoire	Pointet, Tuia
CS-322	Introduction to database system	Ailamaki
ENV-541	Sensor orientation	Skaloud
ENV-443	SIG et aide à la décision	Golay
ENV-460	Gestion foncière et droit foncier	Prélaz-Droux/Wermelinger

Un résumé des fiches de cours est donné en annexe.

Le tableau suivant présente une vue d'ensemble des cours du Bachelor et du Master SIE en relation avec la spécialisation M²E. Les cours sont répartis dans les thématiques suivantes :

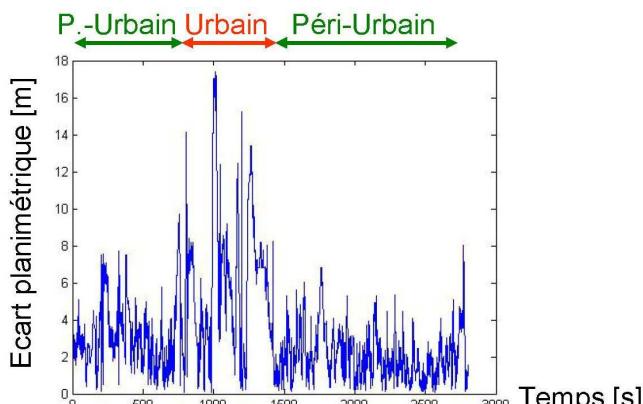
- informatique, système d'information ;
- systèmes de mesures et de contrôle, localisation ;
- statistiques, mathématiques, traitement du signal ;
- imagerie, télédétection ;
- projets.

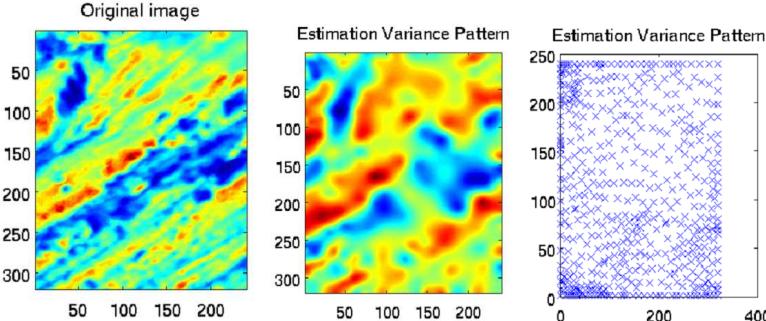
3.2. Vue synoptique

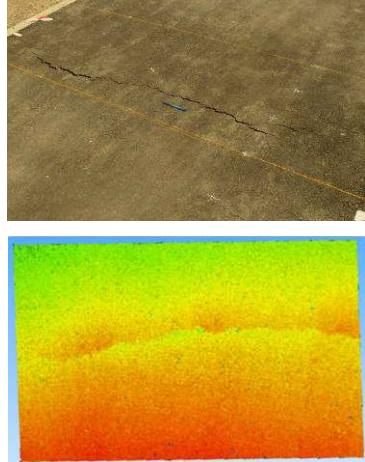
EPFL - Section SIE – Spécialisation Monitoring et Modélisation de l'Environnement																				
Programme général des cours : Bachelor + Master - 2013-14																				
Master 2 Printemps	Thèse de Master (div., 30cr)		Design Project (div., 10cr)		Sensor orientation (JS, 4cr)	Introduction to databases (AA, 4cr)	SIG et aide à la décision (FG, 3cr)													
Master 1&3 Automne	Spatial Statistics and Analysis (FG, AB, 5cr)	Géomonitoring (BM, JV, 5cr)	Distributed Intelligent Systems (AM, 6cr)	Advanced Satellite Positioning (JS, CB 4cr)	Distributed Information Systems (KA, 4cr)	Design de SIG (AB, MS 4cr)	Geocomputation (SJ, 3cr)	Imagerie du territoire (AB, DT 3cr)	Géovisualisation environnementale (SJ, 3cr)											
									Gestion foncière et droit foncier (RPD, AW, 3cr)											
									Pas donné en 2013-14											
Bachelor 3e année	Unité d'enseignement ENAC (divers)	Systèmes d'information géographique (FG, TH, 5cr)	Signals, instrument and Systems (AM, 5cr)	Quantitative methods II (SA, JF, 4cr)	Localisation par satellites (PYG, 3cr)	Topométrie (BM, 3cr)	Photo-interprétation (FGx, BG, 3cr)													
Bachelor 2e année	Semaines ENAC (divers, 4cr)	Informatique pour l'ingénieur (JDB, 2cr)	Méthodes quantitatives I (BM, 4cr)	Intro commande syst. dynamique (PM, 3cr)																
Bachelor 1ère année	Obligatoire				Option															
Enseignants EPFL SIE: FG: François Golay JS: Jan Skaloud BM: Bertrand Merminod SJ: Stéphane Joost AB: Alexis Berne JDB: Jean-Daniel Bonjour AM: Alchero Martinoli SA: Sam Arey PYG: P.-Yves Gilliéron JF: Jiannong Fang DT: Devis Tuia MS: Marc Souter																				
Enseignants EPFL: TL: Thomas Lochmatter (IN) PM: Philippe Müllhaupt (GM) TH: Thomas Heinis (IN) KA: Karl Aberer (IN) AA: Anastasia Alamaki (IN) CB: Cyril Botteron (STI)																				
Enseignants externes: AW: Amédéo Wermelinger AP: Abram Pointet BG: Bernard Graf AB: Alain Buogo (swisstopo) FGx: François Gervaix JV: Julien Vallet MR: Marc Riedo RPD: Roland Prélaz-Droux (Heig-VD)																				
																				

4. Projets d'étudiants

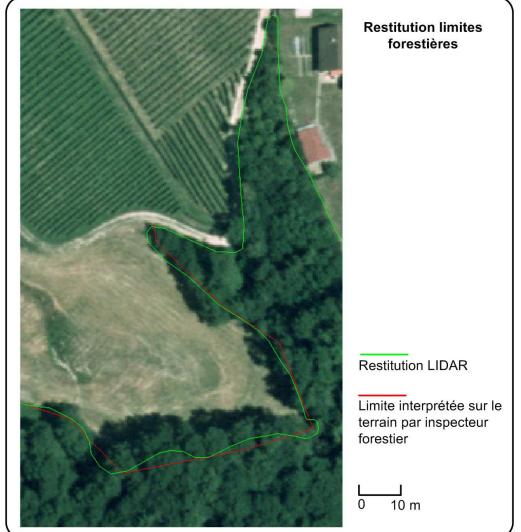
4.1. Projets de semestre/ENAC

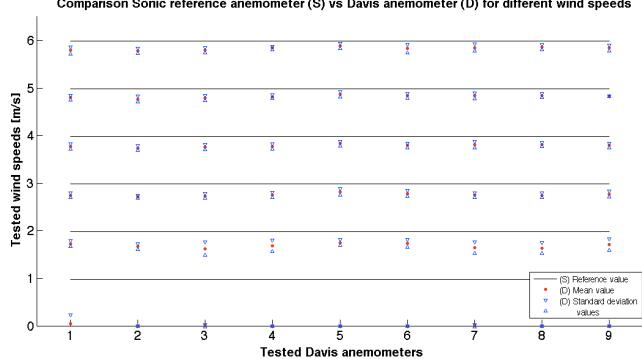
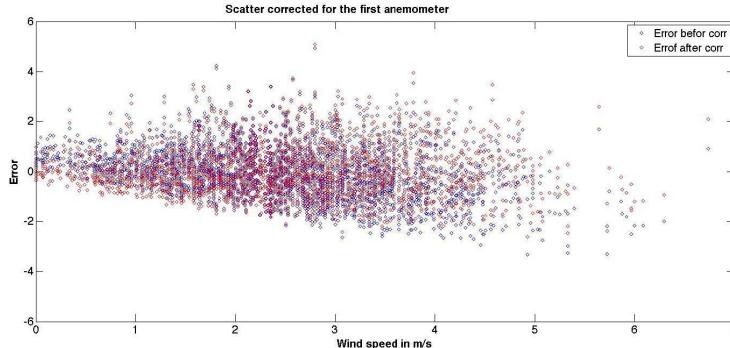
Titre : Calibrage et simulation de modèle de trafic basé sur mesures GPS	
Type : projet ENAC	Partenaire : LAVOC, A. Bhaskar
Etudiants : P. Cavadia Alvarez S. Sahaleh Amir	Encadrant : P.-Y. Gilliéron
Résumé : <p>Les modèles de simulation sont conçus pour émuler le comportement du trafic dans un système de transport dans le temps et dans l'espace afin d'évaluer les performances du système.</p> <p>Les modèles informatiques de simulation du trafic sont les outils d'analyse technique de la circulation. Ces modèles ont la capacité d'évaluer les performances détaillées du trafic dans les intersections et le long des axes de route. Ils jouent un rôle essentiel en permettant aux gestionnaires de trafic d'évaluer les situations complexes qui ne peuvent pas être analysées directement.</p> <p>Mais le défi principal ne réside pas seulement dans la création et l'implémentation d'un modèle, mais dans sa validation. Ainsi, la calibration et la validation, déterminent la crédibilité du modèle pour son usage dans l'aide à la décision. Par conséquent, le défi se traduit dans la récolte de données pertinentes sur le trafic. C'est là qu'intervient le GPS comme un moyen auxiliaire de mesurer des temps de parcours de véhicules dans le réseau.</p> <p>Ce travail interdisciplinaire a permis l'explorer la potentialité de GPS comme outil très efficace pour la récolte des données spatiales dans le contexte de la gestion et de la simulation de trafic.</p>	
	 <p>Graph showing the difference between GPS "low cost" and reference trajectory over time. The y-axis is "Ecart planimétrique [m]" (0 to 18) and the x-axis is "Temps [s]" (0 to 3000). The plot shows a highly oscillatory blue line representing the difference, with major peaks around 1000s, 1200s, and 2800s.</p> <p>Ecart planimétrique entre GPS "low cost" et trajectoire de référence</p> <p>Test de mesures GPS en ville de Lausanne pour les besoins du calibrage d'un modèle de trafic</p>  <p>Map of Lausanne area showing test trajectories. The map includes a lake and various urban and peri-urban areas. Three regions are highlighted with colored ovals: a large green oval labeled "Péri-Urbain", a purple oval labeled "Urbain", and a smaller red oval. A purple line represents the test trajectory, which starts in the green area, enters the purple area, and ends in the red area.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trajet test: 18 km, env. 40 min • Comparatif: GPS "low cost" – GPS/INS de haute précision
Année : 2010	

Title : Measuring strategies for mobile nodes in a heterogeneous sensor network	
Type : Semester project	Partner : Sensorscope
Candidates : O. Monod	Supervisor : A. Martinoli, W. Evans
Summary :	
<p>This work is a pre-study that investigates measuring strategies for mobile nodes in a heterogeneous sensor network, composed by fixed sensing stations and autonomous vehicles. The sampling patterns are created with strategies based on the tools developed by the geo-statistical science. Different evaluations are done using image of temperature on a mountain side recorded with a thermal camera.</p> <p>As the pictures from thermal camera that can be considered as near-perfect, it's possible to measure an absolute error between the interpolated picture (using fixed and mobile measurements points) and the "real" one.</p> <p>Beside absolute errors, the number of points added by each tested strategies is also an important criteria as there is an interest for finding the strategy that produce the best image with the fewer points. It means that for a fixed number of points, the best strategy is the one with the smallest absolute error, but that for a given interpolation quality, the best strategies is the one that requires the less points.</p> <p>As the quality of a kriging interpolation is known thanks to the estimation variance estimator, one can add measurements points on the "hot spots" represented by high estimations variance areas. The main advantage of this strategy is to be adaptive relative to the signal. Indeed, the shorter the de-correlation distance, the more sampling points are added. Points should be added only where needed and nowhere else. The main limitation of this approach is that it is not really robust. To ensure robustness, one must make sure the underlying assumptions required by the statistical estimators used are met.</p> <p>A common idea that comes into consideration when attempting to complement a fixed sensor deployment with mobile node is to add measurements points on the largest gaps that affects the network. This approach is intuitive and different mathematical tools exist to solve the point localization problem. The most used among them is probably the Delaunay Triangulation, which is already implemented in various programming languages. The image below shows the main idea of Delaunay triangulation. In our case, the black dots represent the fixed network and the yellow ones the positions where additional measurements should be made.</p>	
	
<p>Designing the best sampling pattern for environmental measurements has always been a challenging task and no magic solution does exist. The upcoming of autonomous vehicles able to sample in natural environment not only adds a new difficulty to this old challenge but opens promising new horizons for the scientific research on environmental phenomena.</p> <p>This project underlined the potential and limits of the geo-statistical tools for designing these sampling patterns. Solving the identified problems will require a large set of competences ranging from computer scientist and statistician to environmental scientist.</p>	
Year : 2010	

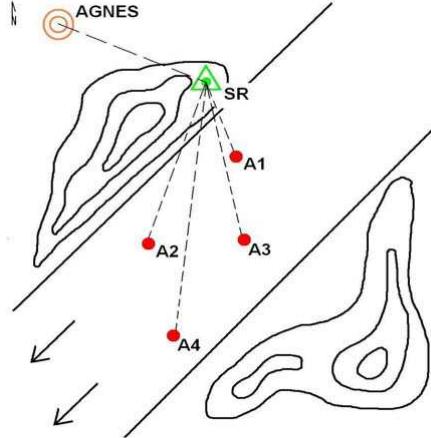
Titre : Application du scanner laser à la surveillance de ponts		
Type : Semestre	Partenaire : I-BETON, LAVOC, EPFL	
Etudiant : N. Roussel F. Tisserand	Encadrants : P.-Y. Gilliéron, A. Ueberschlag, O. Burdet	
Résumé :		
<p>Les ponts constituent une partie importante du patrimoine des ouvrages d'art au service de la communauté et il est donc essentiel de surveiller leur évolution et leurs éventuelles déformations. Le scanner laser terrestre offre aujourd'hui un potentiel intéressant pour cette surveillance grâce, notamment, à la rapidité d'intervention et à la possibilité d'effectuer des mesures sans contact sur des zones difficilement accessibles.</p> <p>Ce projet a eu pour principal objectif d'évaluer le potentiel réel du scanner laser pour la mesure de la déformation d'un pont en confrontant les besoins du génie civil aux possibilités d'un scanner laser (précision, ...). Ces tests ont été effectués in-situ sur la reconstitution d'une culée de pont actionnée par des vérins hydrauliques (banc d'essai d'un projet à l'EPFL, dirigé par IBETON).</p>		
		<i>Figure 1 : Site d'expérimentation</i>
		
		<i>Figure 2 : Aperçu de la fissure due au mouvement de la culée de pont : réalité et nuage de points résultant du laser scanner</i>
Année : 2011		

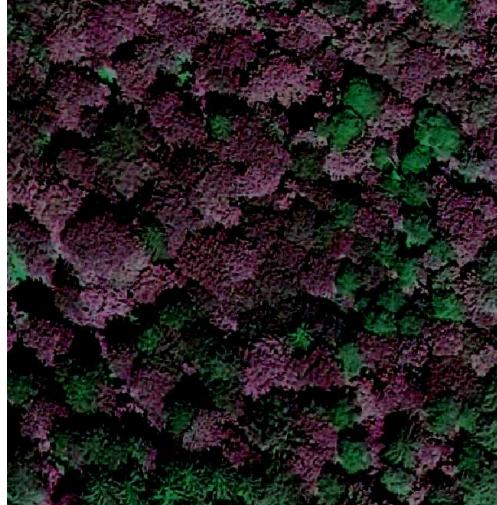
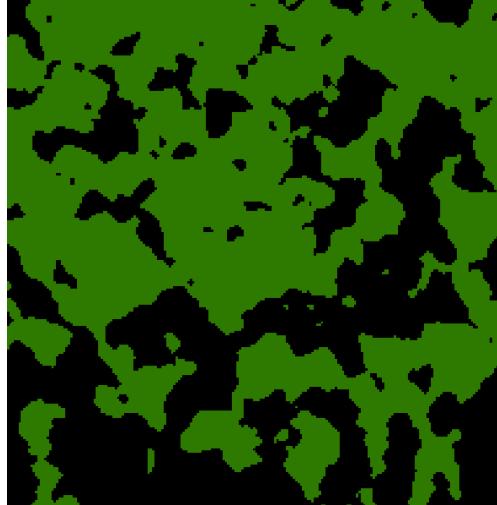
4.2. Design projet

Titre : Etude des moyens de vérification des levés de limites naturelles par scanner laser aérien	
Type : Design projet	Partenaire : BBHN SA
Etudiant : L. Kleiner, J.Ph. Robra	Encadrant : P.-Y. Gilliéron
Résumé : <p>La qualité offerte pour les mesures de l'environnement par des moyens de télédétection (par ex. le LIDAR) augmentant constamment, leur application au domaine de la mensuration se développe de plus en plus. Après des campagnes de mesures en Suisse liées aux surfaces agricoles utiles et des expériences pilotes dans divers cantons, ce projet tente d'évaluer la qualité de la détermination des limites naturelles dans le contexte d'une mensuration officielle selon les exigences de précision fédérales et cantonales. Des relevés sur le terrain et une comparaison des divers jeux de données constituent l'essentiel du travail. L'évaluation a permis, d'une part, de valider la méthode en ce qui concerne les limites de cours d'eau. D'autre part, elle propose une recommandation concernant la méthode de restitution des limites forestières, en soulevant notamment la nécessité d'interprétation sur le terrain, suivant les cas, par un ingénieur forestier.</p>	
 	
Date : 2008	
Publication/référence : <p>Levés de limites naturelles par scanner laser aérien (LIDAR) : évaluation et perspectives dans le cadre de la mensuration cadastrale, L. Kleiner, J. Robra, PY Gilliéron, Ph. Schaefer, Géomatique Suisse, avril 2010</p>	

Title : Automatic Calibration Methods for Sensor Networks	
Type : Design projet	Partner : Sensorscope: D. Daidie, G. Barrenetxea
Candidates : P. Emery E. Sauthier	Supervisor : A. Martinoli A. Bahr W. Evans
Summary :	
<p>The purpose of this semester project is to study automatic calibration methods for sensors networks. Automatic calibrations have been used in this project to test anemometer performance in different wind speeds.</p> 	
<p>Figure 1: Results of indoor experiments</p> <p>The indoor experiment, in the wind tunnel, testing new anemometers has given good results. All anemometers were consistent and reacted in the same way. Their accuracies, comparing to a high quality and high accuracy reference anemometer, were more than two times better than the World Meteorological Organization's (WMO) recommendations, which is 0.5 m/s in wind speeds below 5 m/s and 5 % accuracy for wind speeds higher than 5 m/s.</p> 	
<p>Figure 2: Results of outdoor experiments</p> <p>In the outdoor experiment, the uncontrolled environment leads to more uncertainties because of perturbation effects and non-linear wind speeds. This method gave more data to correct and was less time-consuming than the indoor experiment. Correction coefficients could be determined thanks to the repartition of error on the different wind speeds. Applied back to the anemometer's data, the error repartition was centered on zero and smoothed.</p>	
Year : 2010	

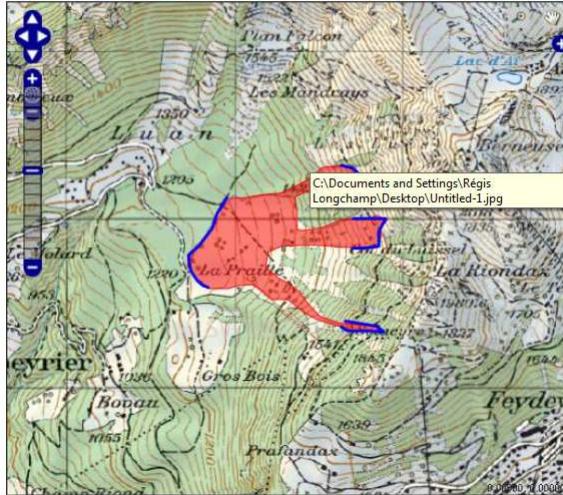
Title : Energy Forecast for Environmental Sensing Nodes	
Type : Design projet	Partner : Sensorscope : D. Daidie, G. Barrenetxea
Candidates : M. Schoger J. Waehlti	Supervisor : A. Martinoli A. Bahr W. Evans
Summary :	
<p>Understanding the properties of batteries and their behaviour in response to internal or external parameters – such as state-of-charge, temperature, storage time, charge and discharge current, battery age, etc. – is the starting block for tackling the power management issues linked to the common utilization of a SensorScope station. The two major challenges are on one hand, finding a method for state-of-charge estimation that is not only accurate but also be applicable to all types of batteries, while on the other hand, developing a prediction monitor that estimates the battery's remaining time of use for a best and a worst case scenario based on the solar activity of the previous days.</p>	
	
<p>Focusing on the first challenge, a thoroughly lead research through today's literature on batteries points out basically two different methods of estimating the state-of-charge: direct measurement systems that require only periodic voltage measures (as well as some parameters eventually) and book-keeping systems that require continuous voltage and parameter measures. Considering the applications that involve using a SensorScope station, the EMF method shows the best attributes as it is applicable to all types of batteries, is a direct measurement system meaning minimal power consumption, is easily implemented, shows relatively little dependence on parameters such as temperature and battery aging, has an adaptable degree of accuracy (piecewise linearization, increasing the curve spectrum to reduce the effects of certain parameters, etc.), and can be completed with other measurement methods (e.g. coulomb counting).</p>	
<p>A slightly modified EMF method was actually tested after several sampling periods; a typical 12 volt lead-acid battery with a delivered capacity of 12 ampere-hours and a common solar panel were used. The collected data was treated by applying piecewise linearization, paving the way to the second challenge, i.e. developing a prediction monitor. The objective of this report here was to shed light on the possibilities a prediction monitor could offer, basing itself on the state-of-charge estimation and the collected data of the incoming and outgoing current during the previous days. In the case of a sustainable sensing schedule, it revealed that a generation factor can easily be calculated to determine by how much the data sampling and broadcasting could be increased without jeopardizing the ongoing operating condition.</p>	
Year : 2010	

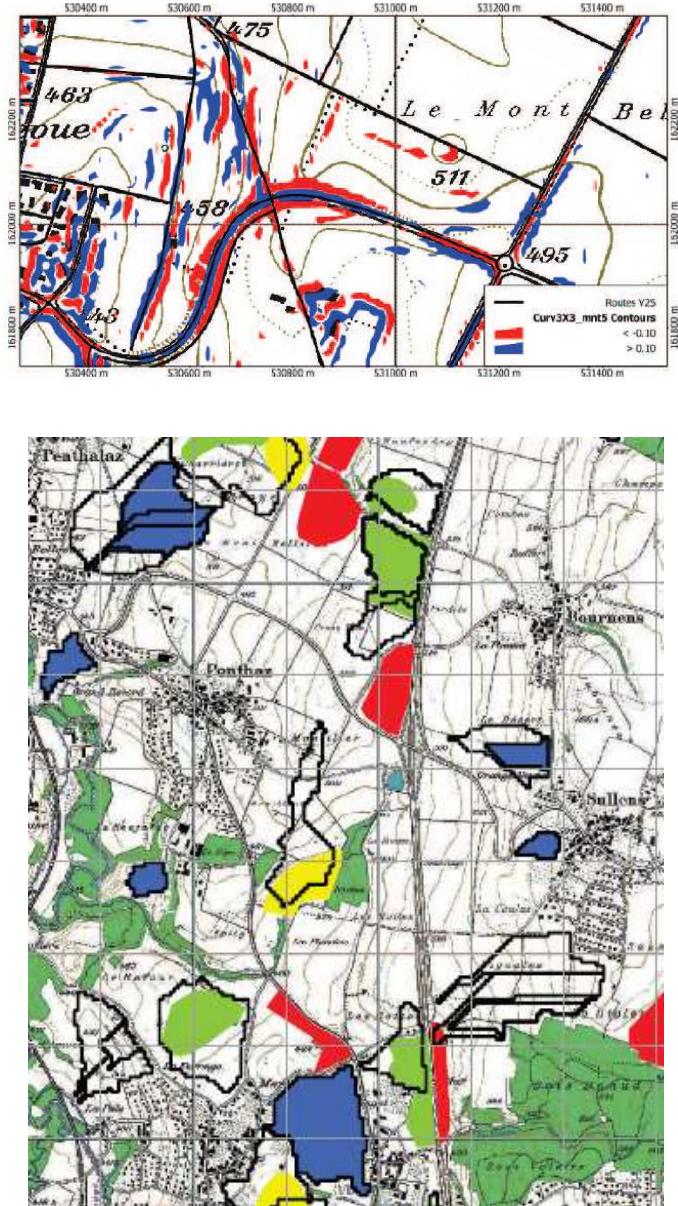
Titre : GPS et surveillance de glaciers	
Type : Design projet	Partenaire : Geosat SA Ch. Hagin
Etudiant : Romain Mabillard Léonard Evéquoz	Encadrant : P.-Y. Gilliéron Y. Stebler
<p>Résumé :</p> <p>De plus en plus de zones de dangers naturels doivent être contrôlées périodiquement afin de détecter d'éventuels mouvements de terrain qui pourraient engendrer des situations à risque. En collaboration avec la société Geosat, ce design projet a permis d'optimiser l'usage de stations GPS permanentes dans le contexte de la surveillance de glaciers. Les concepts proposés ont permis d'étudier des variantes de dispositifs de mesures et de calculs, sur les plans opérationnel, technique et économique.</p> <p>Afin de vérifier certaines hypothèses, une campagne de terrain a permis de récolter des données GPS en région de montagne et les calculs ont montré des résultats en adéquation avec les exigences de surveillance de telles zones.</p> <p>Finalement, les perspectives de cette étude sont très prometteuses et proposent de s'orienter vers une automatisation de l'ensemble du processus d'acquisition, de traitement de d'analyse.</p>	
 	
<p>Date : 2012</p> <p>Publication/référence : Rapport de projet</p>	

Titre : Exploitation combinée des données altimétriques LiDAR et images PIR pour la reconnaissance des essences forestières	
Type : Design projet	Partenaire : G. Gachet, Etat de Vaud - OIT
Etudiants : Léna Faivre Alann Rey	Encadrant : D. Tuia
<p>Résumé :</p> <p>Les cantons de Vaud et Neuchâtel disposant d'orthophotos multispectrales (Rouge, Vert, Bleu, Infrarouge) et d'acquisitions LiDAR (données altimétriques) sur tout leur territoire, ils ont souhaité développer une technique de reconnaissance automatisée des essences forestières.</p> <p>Ce projet a eu pour rôle d'évaluer le potentiel de fusion des données, de développer une méthode de classification robuste qui assure dans un premier la distinction feuillus/conifères, et éventuellement la détection d'essences particulières par la suite, et enfin de guider les cantons pour leurs futurs travaux.</p> <p>Pour ce faire, deux parcelles « test », sur lesquelles nous disposions d'un martéoscope, c'est-à-dire des informations supplémentaires sur chacun des arbres (position, espèce, diamètre de tronc ...), ont été utilisées.</p> <p>Les premières conclusions de cette étude se sont révélées prometteuses (distinction feuillus/conifères), bien que les orthophotos et les informations du LidAR n'aient pas pu être fusionnées.</p>	
<p>Date : 2013</p>	
  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p><i>Cartes thématiques</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Conifères Feuillus Ombres Bâtiments et sols </div> <p style="text-align: center;">Exemple d'une des deux zones de test</p>	

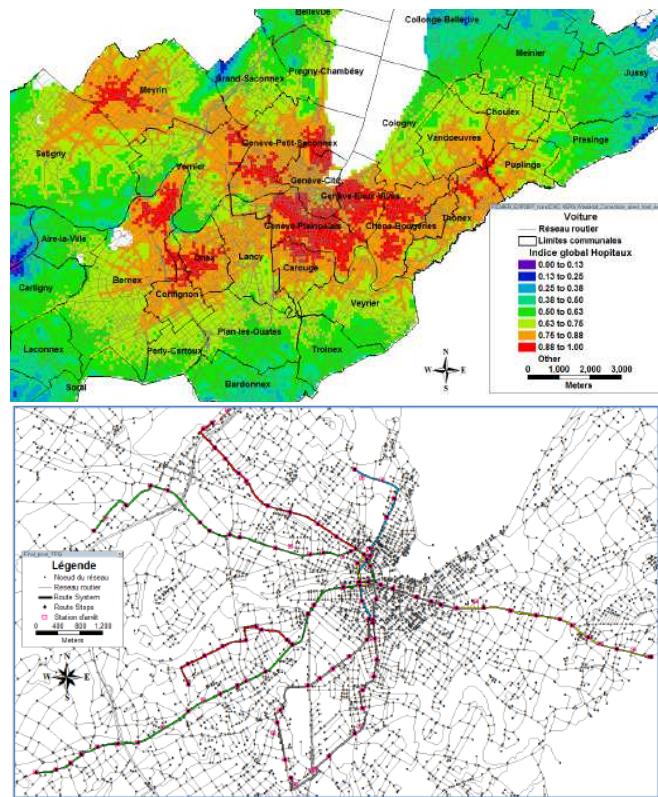
4.3. Projet de master

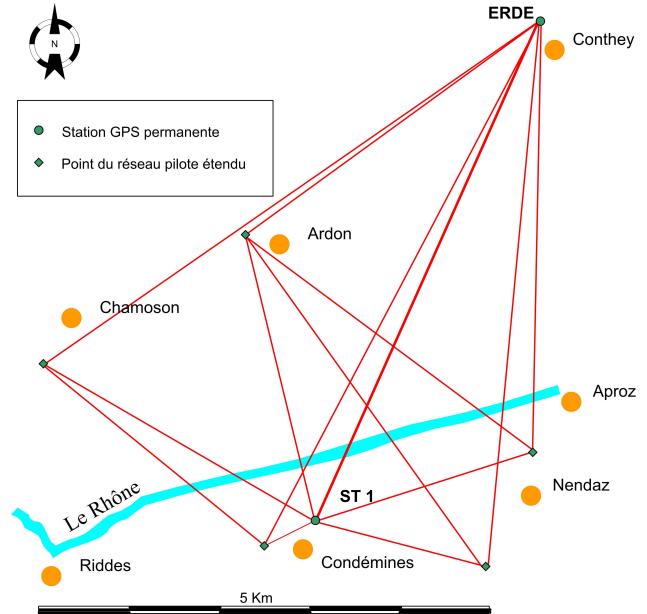
Titre : Développement d'un outil pour la gestion du cadastre des événements naturels du canton de Vaud

Type : Master	Partenaires : Office de l'information sur le territoire vaudois (OIT), Commission cantonale des Dangers Naturels (CDN), Service des Forêts, de la Faune et de la Nature (SFFN), Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA)	Visualisation des données géographiques 
Etudiant : R. Longchamp	Encadrants : J. Ingensand, F. Golay	
Résumé : Des événements naturels se produisent régulièrement sur le sol vaudois. Afin de se prémunir contre ces phénomènes, la Confédération impose aux Cantons d'élaborer des cartes de dangers sur tout son territoire ainsi que la mise en place de structures capables de répertorier et d'archiver ces événements. Le présent document relate le développement d'un prototype de plate-forme cartographique collaborative sur internet simulant un cadastre des événements. La gestion des dangers naturels dans le canton de Vaud est une problématique impliquant plusieurs services de l'administration cantonale. Ce projet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre l'Office de l'information sur le territoire (OIT), la Commission cantonale des Dangers Naturels (CDN), le Service des Forêts, de la Faune et de la Nature (SFFN) ainsi que le Service des Eaux, Sols et Assainissement (SESA).		
Date : 2009		
Publication/référence : Régis Longchamp (2010) Développement d'un outil pour la gestion du cadastre des événements naturels du canton de Vaud, Projet de Master, SSIE, ENAC, EPFL		

Titre : Elaboration d'une méthodologie pour l'identification par SIG des sites favorables à l'implantation de dépôts pour matériaux d'excavation	
Type : Master	Partenaires : Impact-Concept SA, M. Valéry Beaud
Etudiant : C. Roussel	Encadrants : M. Kalbermatten, F. Golay
Résumé : <p>Ce travail a pour objectif d'élaborer une méthode d'identification de topographies particulières favorables à l'implantation de dépôts pour matériaux d'excavation sur la base d'un modèle numérique de terrain à haute résolution et de données géoréférencées. D'une part, il a été nécessaire d'identifier des talus routiers aptes à recevoir des matériaux d'excavation en quantité intéressante dans une zone test de 96km² située dans le Canton de Vaud. D'autre part, il a été nécessaire d'identifier l'ensemble des zones favorables à l'implantation d'un dépôt pour matériaux d'excavation dans le canton de Vaud. Les conclusions montrent qu'il est possible d'identifier des sites qui répondent aux critères d'implantation avec l'aide d'un MNT.</p>	
	
Date : 2010	
Publication/référence : Cédric Roussel (2010) Elaboration d'une méthodologie pour l'identification par SIG des sites favorables à l'implantation de dépôts pour matériaux d'excavation, Projet de Master, SSIE, ENAC, EPFL	

Titre : Construction d'un modèle de transport multimodal désagrégé pour la région genevoise	
Type : Master	Partenaires : CITEC ingénieurs conseils SA, Direction générale de la mobilité du Canton de Genève
Etudiant : L. Maret	Encadrants : N. Lachance-Bernard, F. Golay
Résumé : Ce projet appliqué à la ville de Genève illustre les différentes étapes nécessaires ainsi que les technologies disponibles à ce jour dans le but de créer un modèle de simulation qui intègre les trois principaux modes de transports privés : la marche, le vélo et la voiture. Un tel modèle doit permettre de fournir de nouvelles perspectives d'analyse du territoire qui se basent sur la caractérisation de l'accessibilité des lieux de résidence par rapport à différents types de destinations comme les commerces, les écoles ou les hôpitaux. De nouveaux outils utiles pour les collectivités publiques et professionnelles sont développés afin de permettre l'optimisation de l'aménagement du territoire par rapport à l'utilisation de la mobilité douce.	
Date : 2009	
Publication/référence : Laurent Maret (2009) Construction d'un modèle de transport multimodal désagrégé pour la région genevoise, Projet de Master, SSIE, ENAC, EPFL	



Titre : Impact de l'atmosphère sur la localisation GPS pour la surveillance étendue d'ouvrage d'art	
Type : Master	Partenaire : Cleuson Dixence
Etudiant : L. Rey	Encadrant : P.-Y. Gilliéron
<p>Résumé :</p> <p>Depuis quelques années les réseaux géodésiques nationaux sont équipés d'un certains nombre de stations GPS permanentes. Les systèmes et cadres de coordonnées sont ainsi disponibles aisément et permettent un rattachement efficace et cohérent d'autres réseaux géodésiques. C'est dans ce contexte que s'inscrit cet article qui présente une approche régionale de la surveillance géodésique avec l'étude d'un réseau pilote couvrant une partie du Valais central. Il présente notamment le rattachement à la mensuration nationale et un test de détection de mouvements.</p>	
 <p>Extension du réseau de surveillance GPS</p>	
 <p>Antenne GPS et simulation de mouvements</p>	
<p>Date : 2006</p> <p>Publication/référence :</p> <p>Surveillance géodésique : une approche régionale, L. Rey, P.-Y. Gilliéron, A. Waegli, Géomatique Suisse, 11/2006</p>	

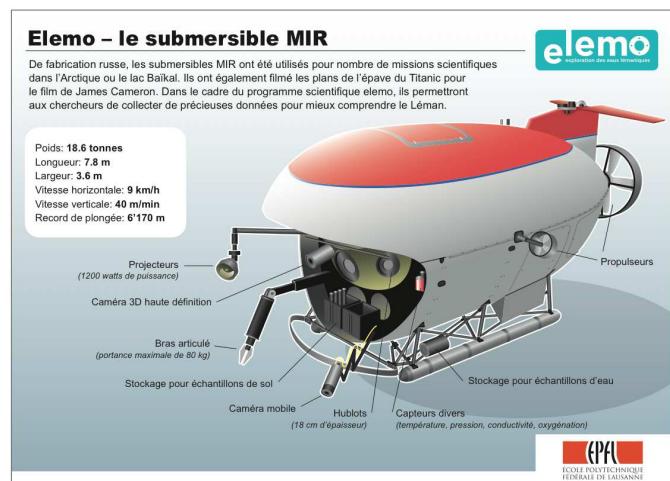
**Titre : Design of a Collaborative Web-based Geovisualisation Platform:
An application for underwater exploration (Elémo Project)**

Type : Master	Partenaire : Elémo
Etudiante : Olga Grandjean	Encadrant : Y. Akhtman B. Merminod L. Martelletti

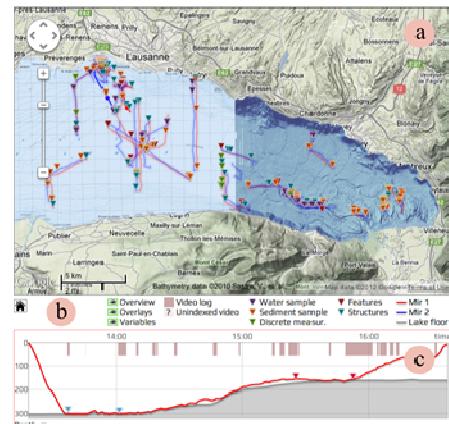
Résumé :

This research present the development and the deployment a Web-based GIS data management framework, which facilitates an effective and highly structured search, retrieval and visualisation of multi-modal scientific data, as well as its subsequent dissemination in multiple and standardised forms beneficial for both the research partners involved in the project and the general public. In the context of the long term objectives of the Élémo project, the developed methodology may be utilised for automated and systematic collection of the multifaceted scientific data and with the goal of assembling a comprehensive database encompassing all aspects of currently planned and future scientific investigations.

<http://www.elemo.ch/>



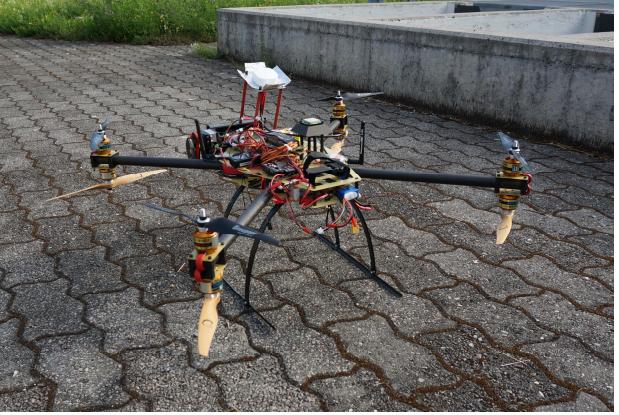
Caractéristiques de sous-marin MIR



Web-based interface for geovisualisation

Date : 2012

Publication/Référence : Y. Akhtman, L. Martelletti, O. Grandjean, U. Lemmin, Collaborative platform for systematic exploration of Lake Geneva, XXII Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Melbourne, Australia, August 25 – September 1, 2012

Titre : Sensor Orientation with Gecko4Nav RIMU	
Type : Master	Partenaire :
Etudiant : Romain Mabillard	Encadrant : J. Skaloud M. Rehak
Résumé :	
<p>Le progrès dans la miniaturisation de la technologie inertuelle ainsi que des récepteurs et antennes GNSS permet de créer des petits systèmes intégrés légers et peu coûteux qu'il est possible d'embarquer sur des micros drones dans le but de faire du géoréférencement direct d'images.</p> <p>Malheureusement, la miniaturisation a un gros désavantage, elle conduit à l'augmentation du bruit des capteurs. Ainsi il est nécessaire de trouver des solutions à ce problème. Dans cette optique, le laboratoire de topométrie de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) en collaboration avec HuCE-microLab a mis au point un capteur appelé Gecko4Nav comportant quatre centrales inertielles du fabricant InterSense. Le but de ce capteur est de pouvoir utiliser les mesures inertielles des quatre capteurs de manière redondante afin de faire diminuer le bruit du système complet. Le Gecko4Nav est un capteur récent et avant de pouvoir atteindre l'objectif souhaité plusieurs étapes doivent être franchies.</p> <p>Ce projet de master s'intéresse aux performances réelles qu'il est possible d'atteindre avec le Gecko4Nav. Une grande partie du temps a été consacrée à résoudre les quelques problèmes de fonctionnement qui empêchaient sa bonne utilisation et à la mise au point du modèle d'erreur pour chaque centrale inertielle.</p>	
Date : 2013	
<p>Publication/référence : M. Rehak, R. Mabillard, J. Skaloud, A Micro-UAV with the Capability of Direct Georeferencing, In proceedings of Unmanned Aerial Vehicles in Geomatics (UAV-g), Rostock, Germany, Sep. 4-6, 2013.</p>	
 <p>Centrale inertielle NavChip d'InterSense</p>  <p>Micro-drone pour la cartographie</p>	

5. Stages

5.1. Liste de stages

Liste de stages effectués par des étudiants SIE ces dernières années :

Etudiant		Bureau	Responsable		Lieu	Année
Nom	Prénom	Nom	Nom	Prénom		
Mattenberger	Yann	Gasser	Gasser	J.-C	1008 Prilly	2004
Augu	Hélène	Rivière	Rivière	Jean-David	F-44270 Machecoul	2005
Constantin	Francine	Berthousoz, Salamin	Luyet	Stany	1964 Conthey	2005
Wasser	Frédéric	swisstopo	Kummer	Patrick	3084 Wabern	2005
Mulon	Adrien	CERN			Meyrin	2005
Fayot	Bertrand	Kuhn-Wasser	Wasser	J.-C.	1227 Carouge	2005
Constantin	Véronique	Pétrequin	Pétrequin	Olivier	1260 Nyon	2005
Bachmann	Sabine	DCMO- Genève	Niggeler	Laurent	1211 Genève 8	2006
Etique	Aurélia	Rolf Eschmann SA	Studer	Bernard	2830 Courrendlin	2006
Herzig	Léa	Géométral SA	Lazeyras	Antoine	2019 Rochefort	2006
Constantin	Véronique	Vectornix AG	Vanderstraeten	Céline	9435 Herrbrugg	2006
Stebler	Yanninck	Berthousoz, Salamin	Berthousoz	Alain	1964 Conthey	2006
Stebler	Yanninck	Geosat SA	Hagin	Christian	1950 Sion	2007
Ackermann	Nicolas	Uni Zürich- RSL	Kellenberger	Tobias	Zürich	2007
Maret	Laurent	Géomètre Centre SA	Boll	Christian	1964 Conthey	2007
Produit	Timothée	S. Bessero SA	Bessero	Stéphane	1908 Riddes	2007
Fournier	Hugues	INGEO SA	Bourban	Narcisse	1997 Haute-Nendaz	2007
Delavy	Thomas	JM Vuadens SA	Vuadens	Philippe	1870 Monthey	2007
Rouzaud	Denis	Helimap SA	Valet	Julien	1066 Epalinges	2007
Savary	Daniel	Geosud SA	Genoud	Jean	1630 Bulle	2008
Produit	Timothée	Geosat SA	Hagin	Christian	1950 Sion	2008
Fournier	Hugues	INGEO SA	Bourban	Narcisse	1997 Haute-Nendaz	2008
Kleiner	Leila	HKD Géomatique SA	Dunant	Samuel	1213 Onex	2008
Emery	Pauline	CSD Ingénieurs SA	Baudraz	Michel	1000 Lausanne	2011
Mabillard	Romain	Geosat SA	Hagin	Christian	1950 Sion	2011
Nicod	Joachim	INGEO SA	Cotter	David	1997 Haute-Nendaz	2012
Favre	Léna	DTP SA	Daenzer	Pierre	1350 Orbe	2012
Gandor	Florian	HKD Géomatique SA	Dunant	Samuel	1213 Onex	2013

5.2. Impressions de stage

Yannick Stebler

Désirant me spécialiser en géomatique, j'ai jugé judicieux de concrétiser ma formation théorique et d'accumuler mes premières expériences dans le domaine professionnel. C'est le bureau d'ingénieurs et de géomètres BSS SA à Conthey (VS) qui m'a accueilli comme stagiaire

Les attentes que j'avais de ce stage résidaient principalement dans l'acquisition de notions pratiques telles que le maniement d'un théodolite ou encore l'apprentissage de nouveaux logiciels. Mais je dois avouer que le bilan en a été tout autre. Je me suis rendu compte que la réalité sur le terrain était bien souvent très différente de celle abordée en théorie. L'approche d'un projet sur le chantier n'est en effet pas aussi évidente que sur un plan.

Mes notions théoriques étaient au point mais la concrétisation sur le terrain n'était pas toujours évidente. J'ai ainsi appris à aborder un problème sur le terrain, de la manière la plus optimale possible.



Mes notions théoriques étaient au point mais la concrétisation sur le terrain n'était pas toujours évidente. J'ai ainsi appris à aborder un problème sur le terrain, de la manière la plus optimale possible.

Véronique Constantin



Après quatre années d'études en Sciences et Ingénierie de l'environnement, j'ai profité de mon été pour effectuer une immersion dans le milieu professionnel. Je trouvais très intéressant de compléter la formation en environnement acquise à l'EPFL par un stage en entreprise. C'est l'entreprise Vectronix AG qui m'a accueillie durant un peu plus de six semaines. J'ai ainsi pu participer à une recherche sur la mise au point d'un système de navigation pour les piétons. Il était très enrichissant de pouvoir alterner travaux à l'extérieur avec les instruments de mesure et travail au bureau sur des algorithmes. De plus, le fait d'être confrontée à la vie quotidienne en entreprise change de la vie d'étudiant: expérimenter cette réalité m'a beaucoup appris.

Romain Mabillard



Afin de conforter ma décision de choisir la spécialisation Modélisation et Monitoring, j'ai décidé d'effectuer mon stage dans un bureau d'ingénieur géomètre. J'ai été accueilli par l'entreprise Geosat SA à Sion.

Durant mon stage, je n'ai pas été cantonné à des activités répétitives. J'ai eu la chance de pouvoir toucher à plusieurs aspects de la modélisation et du monitoring. J'ai fait de la surveillance de falaises, des contrôles de barrage et de conduites forcées par théodolite et « scanner laser », des bathymétries et de l'implantation sur chantier sans oublier des SIG. Il m'a également été proposé de suivre toute la conception et la mise en place d'un nouveau réseau de surveillance de falaises à Derborence (VS).



Travaux de bathymétrie (mesure de profondeurs d'un lac par échosondeur).

Ce stage m'a permis de combler mes lacunes en manipulations d'instruments (GPS, théodolites, « laser scanner ») et de me rendre compte de la difficulté d'un travail sur le terrain qui ne se déroule jamais comme prévu malgré toutes les planifications faites auparavant au bureau. J'ai aussi approfondi quelques notions théoriques déjà bien développées dans le cadre de ma formation à l'EPFL. La découverte du travail en équipe et des interactions avec d'autres corps de métier ont également constitué une agréable surprise pour moi.

Pauline Emery



J'ai réalisé un stage d'un semestre (printemps 2011) chez CSD Ingénieurs SA afin de m'immerger complètement dans le métier d'ingénieur conseil en environnement. Lors de ce stage « découverte du métier », j'ai pu rapidement réaliser que la composante « SIG–Modélisation–Monitoring » fait entièrement partie du métier d'ingénieur en environnement. J'ai effectué de nombreuses saisies de données, des cartes et analyses de mesures de terrain. Grâce à mes compétences en programmation, j'ai pu gagner beaucoup de temps et diversifier les tâches à effectuer : Finalement, pourquoi faire des opérations ennuyeuses « à la main » si l'ordinateur peut aller chercher « tout seul » les données et effectuer des calculs dessus en un temps record ?

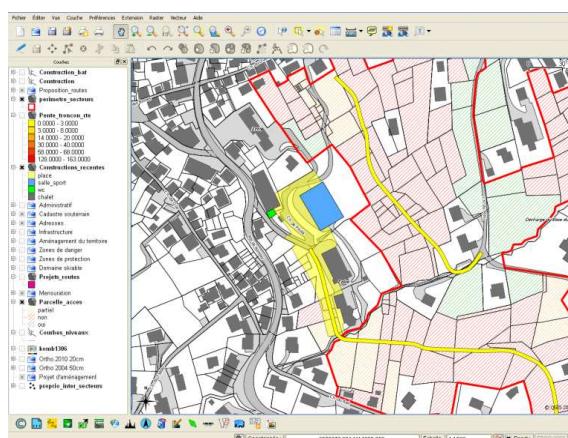
Au quotidien de l'ingénieur, des cartes et modèles 3D sont réalisés afin de mieux communiquer avec les clients mais également afin comprendre les phénomènes et d'analyser des problématiques du cas d'étude.

Joachim Nicod



Après avoir obtenu mon Bachelor dans la section de génie civil, j'ai cherché à élargir ma formation au niveau master en choisissant des cours de la spécialisation « Monitoring et modélisation de l'environnement ». Toujours avec la même idée, j'ai opté pour un stage dans un bureau de géomètre. L'envie de prendre de l'altitude et de passer l'été au soleil m'a amené à Haute-Nendaz.

J'ai effectué un stage de dix semaines dans le bureau d'ingénieurs INGEO SA, où j'ai intégré une équipe dynamique. Au cours de cette immersion dans le milieu professionnel j'ai réalisé des nivelllements de précisions, tant la partie des mesures sur le terrain que les calculs au bureau. L'opportunité m'a également été donnée de participer à un travail sur l'aménagement du territoire. Tâche au cours de laquelle j'ai analysé différents secteurs à l'aide d'un SIT (Système d'Information du Territoire) et établi diverses propositions d'équipements des zones à bâtir.



Travail avec le SIT sur un secteur de Haute-Nendaz.

Léna Faivre



A la suite du Bachelor en section SIE, la formation exige un stage en entreprise. Même si je n'étais pas fixée sur mon choix, j'avais déjà dans un coin de ma tête l'idée de faire le Master C. J'ai donc demandé à M. Merminod s'il avait des entreprises à me conseiller. J'ai envoyé mon dossier à ces différents contacts, et j'ai dit oui au premier qui m'a répondu. C'est donc un peu par hasard que j'ai passé mes huit semaines de stage au sein de DTP SA, bureau de géomètres officiels à Orbe (VD), et cela a été un très bon apprentissage pour moi. L'équipe d'une dizaine de personnes qui m'a accueillie était très sympathique, et mon expérience s'est fortement enrichie car j'ai participé à de nombreux travaux différents : levés topographiques au tachéomètre, dessins de plans, dimensionnement de conduites ou encore essais d'infiltration. J'ai beaucoup été sur le terrain, à manipuler les différents instruments. J'ai aussi développé des outils internes, notamment un programme informatique pour le calcul du cheminement orthogonal.

Ce stage est pour moi un très bon souvenir car je ne connaissais rien au métier, je ne savais même pas précisément ce que voulais dire « géomètre ». Grâce à des encadrants accueillants et prêts à m'aider, j'ai pu apprendre beaucoup et ne pas m'ennuyer car je faisais des choses très différentes.

6. Contacts

N'hésitez pas à prendre contact avec les enseignants impliqués dans cette spécialisation.

TOPO	Bertrand Merminod	bertrand.merminod@epfl.ch
	Jan Skaloud	jan.skaloud@epfl.ch
	Pierre-Yves Gilliéron	pierre-yves.gillieron@epfl.ch
LASIG	François Golay	francois.golay@epfl.ch
	Stéphane Joost	stephane.joost@epfl.ch
	Devis Tuia	devis.tuia@epfl.ch
DISAL	Alcherio Martinoli	alcherio.martinoli@epfl.ch
LTE	Alexis Berne	alexis.berne@epfl.ch

Consultez les pages web de *IS-Academia* ainsi que celles des labos afin de voir l'offre de projets de semestre/master :

Topométrie - TOPO : <http://topo.epfl.ch/page-33464-fr.html>

Système d'information géographique - LASIG : <http://lasig.epfl.ch/page-10594-en.html>

Distributed Intelligent Systems and algorithms lab. - DISAL : <http://disal.epfl.ch/teaching>

Télédétection environnementale - LTE : <http://lte.epfl.ch/page-24885-en.html>

7. Annexe

Cette annexe résume le contenu des fiches de cours proposé au master SIE pour la spécialisation en monitoring et modélisation de l'environnement (M²E).

Pour accéder à une info complète, se référer au site de la section SIE :

<http://enac.epfl.ch/page-3421-fr.html>

7.1. Géomonitoring

Contenu résumé	Objectifs	
Techniques de lever Systèmes et cadres de coordonnées Qualité des données Applications	Comprendre les techniques de surveillance spatiale de l'environnement, notamment la géodésie, la photogrammétrie aérienne et le laser scanning. Développer la collaboration entre géologues et ingénieurs pour la surveillance de risques naturels (mouvements de roches, glissements de terrain, avalanches) et la maintenance d'infrastructures.	

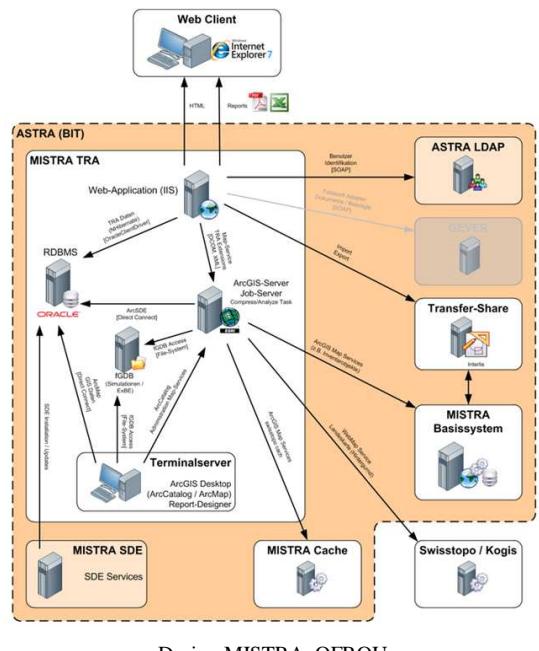
7.2. Spatial statistics and analysis

Contenu résumé	Objectifs	
Modélisation, analyse et statistique de phénomènes discrets et continus Classification, régionalisation Analyse de données topographiques Exercices et projets appliqués	Le principal objectif de ce cours est de familiariser les étudiants avec l'importance de la dimension spatiale dans le cadre des sciences et de l'ingénierie de l'environnement, par exemple pour l'interpolation ou la cartographie. Différents concepts, méthodes et techniques adaptées à l'analyse de données spatiales, dans toute leur diversité, seront présentés. À la fin du cours, les étudiants seront capables d'identifier les enjeux spatiaux des problèmes environnementaux, de les représenter par des modèles pertinents et de proposer des voies de solution.	

7.3. Advanced Satellite Positioning

Contenu résumé	Objectifs	
Concept de la localisation par satellites Modélisation et structure du signal Technologies des récepteurs Modèles d'erreurs Algorithmes de localisation et pour l'estimation de paramètres de l'environnement	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les principes de la localisation par satellites (structure des signaux, acquisition, traitement). - Développer des algorithmes pour la démodulation des signaux, leurs suivis, et l'estimation de positions. <p>Saisir l'importance des sources d'erreurs, leur atténuation en localisation précise et leur estimation pour des applications de monitoring de l'environnement.</p>	

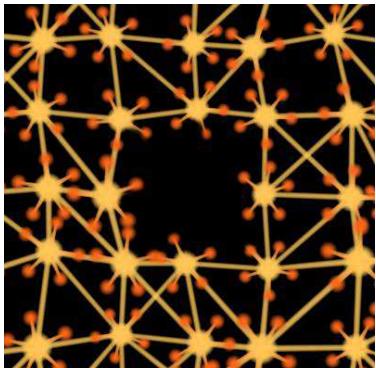
7.4. Design de projet SIG

Contenu résumé	Objectifs	
Principes fondamentaux du design de projets SIG, illustré par des exemples de réalisation concrets. Etude du potentiel et de la variété des solutions logicielles existantes pour proposer des choix pertinents suivant le domaine d'application. Intégration d'infrastructures de données et de géoservices existants	Acquisition de connaissances et expérience de mise en oeuvre pour le design et la réalisation de projets SIG : <ul style="list-style-type: none"> - Principes méthodologique de conception et de design de systèmes d'information géographiques, - Technologies et logiciels, - Infrastructures de données, géoservices 	

7.5. *Distributed intelligent systems*

Contenu résumé	Objectifs	
Introduction aux concepts fondamentaux tels que l'auto-organisation	De nombreux systèmes naturels et artificiels sont intrinsèquement distribués et composés de nœuds présentant un certain degré d'intelligence.	
Méthodes de modélisation	Des exemples typiques de systèmes intelligents distribués sont les colonies d'insectes sociaux, les groupes de vertébrés, les systèmes multi-agents, les systèmes de transport, les systèmes multi-robots, et les réseaux de capteurs sans fil.	
Méthodes de machine-learning: techniques		
Stratégies de coordination et contrôle distribué	Ce cours a deux buts : premièrement, fournir à l'étudiant une connaissance générale en mathématique et en informatique pour analyser des systèmes intelligents distribués à travers des modèles appropriés et, deuxièmement, illustrer différentes stratégies de coordination et montrer comment les implémenter et les optimiser concrètement. Le cours est un mélange équilibré de théorie et de travaux pratiques avec du matériel réel et en simulation	

7.6. *Distributed information systems*

Contenu résumé	Objectifs	
Distributed data management: fragmentation de base de données, gestion des données mobile, gestion des données	Prendre conscience des défis spécifiques de la gestion distribuée de l'information.	
Semistructured Data Management: modèles de données semi-structurés, extraction de schéma et indexation, enchaînement sémantique;	Identifier les différentes classes de problèmes dans la gestion distribuée de l'information et les techniques correspondantes pour les résoudre, pour comprendre les diverses méthodes standards dans la gestion distribuée de l'information et pour appliquer ces méthodes aux problèmes pratiques.	
Information Retrieval: indexation des textes, recherche documentaire standard, moteurs de recherche du Web;	Présenter les niveaux croissants d'abstraction : aspects physiques des données distribuées et mobiles, structure logique des documents d'enchaînement.	
Data Mining : exploitation de règle d'association, classification, regroupement	Présenter les méthodes de base pour traiter la sémantique des documents et des données, pour la recherche et pour l'extraction de nouvelles informations.	

7.7. Geocomputation

Contenu résumé	Objectifs	
Connaissances globales de geocomputation Approches de calcul : Kernel density estimator, fonction M cumulative GRID computing Applications à diverses thématiques : biodiversité, commerce, urbain Base de données spatiales	Approfondir les connaissances en informatique et les utiliser pour résoudre des problèmes complexes liés à la distribution d'objets dans l'espace géographique. Analyser des grands volumes de données. Utiliser du High Performance Computing pour résoudre efficacement de problèmes à référence spatiale.	

7.8. Géovisualisation environnementale

Contenu résumé	Objectifs	
Mise en œuvre dans le contexte de recherches menées à l'Institut d'Ingénierie Environnementale Les données utilisées dans le cadre des travaux pratiques seront principalement issues de travaux de recherche menés par des laboratoires de l'IIE. Des tâches de géovisualisation seront effectuées lors des travaux pratiques avec l'aide de logiciels spécialisés	- Appliquer une approche de géovisualisation à n'importe quel jeu de données géoréférencées; - Appliquer la GVIS dans le but de découvrir des structures géographiques sous-jacentes ou de détecter des irrégularités dans tout jeu de données analysé; - Formuler des hypothèses de travail dans le cadre de l'utilisation de la GVIS et de les vérifier avec des outils standards en statistiques confirmatoires; - Appliquer une approche systématique d'exploration des données en GVIS (par exemple le "Information Seeking Mantra").	

7.9. Imagerie du territoire

Contenu résumé	Objectifs
Principes de l'imagerie numérique	Maîtriser les concepts et processus du traitement numérique d'image du territoire.
Sources et programmes actuels d'images satellites	Être capable d'évaluer, pour les domaines de l'environnement et de l'aménagement territorial, les avantages et les limites de l'imagerie par satellites et de l'exploiter.
Corrections géométriques	Évaluer les apports pour les Systèmes d'information géographique
Corrections radiométriques	
Rehaussement d'image à des fins d'interprétation	
Classification d'image	
Imagerie non-spectrale et indices	
Segmentation d'image	



7.10. Introduction to database system

Contenu résumé	Objectifs
Les modèles Entité-association et relationnel	Ce cours couvre des sujets fondamentaux relatifs aux bases de données tels que les principes architecturaux des Systèmes de Gestion de Bases de Données, les modèles de données, la conception de bases de données, les stratégies de stockage de requêtes, la gestion des requêtes et des transactions.
L'algèbre et les calculs relationnels	
Le langage de requêtes SQL	Objectifs :
Les techniques de stockage de données, les organisations de fichiers et l'indexation	<ul style="list-style-type: none"> - Exprimer les besoins en information des applications, - Concevoir une BD avec une démarche d'ingénieur, - Créer et utiliser une base de données sur un système de gestion de bases de données (SGBD) relationnel, - Comprendre comment un SGBD fonctionne, et - Maîtriser les facteurs d'optimisation des performances d'applications SGBD.
Les fonctions de hachage et de tri	
L'évaluation de requêtes et les opérateurs algébriques	
L'optimisation de requêtes	
La normalisation de schéma	
La gestion des transactions (gestion de la concurrence et fiabilité)	

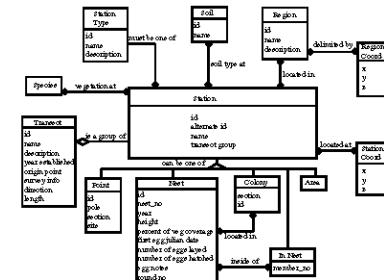
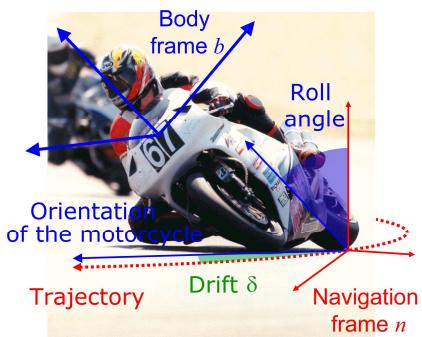


Figure 3. The Relational Module of the Relational Database Object Model

7.11. Sensor orientation

Contenu résumé	Objectifs
Concepts et principes des instruments de navigation	- Apprendre les principes de la modélisation cinématique et de l'estimation des vitesses en 3D par rapports aux cadres globaux de coordonnées.
Modèles de mouvement et d'attitude, mécanisation	- Comprendre les bases de capteurs inertiels et leurs modèles d'erreur.
Techniques de filtrage	- Développer des algorithmes pour l'estimation optimale des paramètres d'une trajectoire en utilisant le filtre de Kalman.
Intégration INS/GNSS et fiabilité	
Logiciel de navigation	- Saisir l'importance de l'acquisition de positions et de paramètres d'orientations en relation avec des données environnementales (cartographie mobile, télédétection)
Applications	



7.12. SIG et aide à la décision

Contenu résumé	Objectifs
Situations et cas de prise de décision en planification et management territorial et environnemental	Compréhension des principes et des enjeux de la prise de décisions en planification et management territorial et environnemental
Processus et étapes de prise de décision	Capacité à choisir et à encadrer des processus de décision susceptibles de résoudre les problèmes ou situations conflictuelles survenant en planification et management territorial et environnemental
Processus et outils d'aide à la décision à référence spatiale	Acquisition de compétences de base dans l'application des SIG et de logiciels spécialisés dans l'aide à la décision à référence spatiale
Prise de décision multicritères et ses applications à l'espace géographique	



7.13. Gestion foncière et droit foncier

Contenu résumé	Objectifs
La propriété foncière	L'articulation entre l'aménagement du territoire et le droit foncier est de première importance pour la mise en œuvre du développement territorial.
Les principales démarches foncières	
Le remaniement parcellaire et les syndicats AF	Les différents types de mesures de gestion et d'aménagement du territoire ont des conséquences sur les droits d'usage, notamment des droits à bâtir, et par là sur les possibilités de mise en valeur du bien immobilier.
L'expropriation	Ce cours se propose de présenter les fondements du droit foncier et les apports des principaux instruments de gestion foncière pour la mise en œuvre du développement territorial.

