

## Module de Géodésie GMST203M

### Master 1, 1<sup>ière</sup> semestre

\* **Responsable** : C. Champollion, P. Vernant, M. Ferry

\* **Intervenants potentiels** : E. Doerflinger, S. Mazzotti, C. Masson, S.

\* **Guest stars potentielles** : J.-L. Carme (GEOID/FUGRO), Doctorant (J. Grosset, O. Malcles)

#### \* **Objectifs**

Apporter des connaissances **théoriques et pratiques** sur les outils de la **géodésie terrestre et spatiale** en développant plus particulièrement les techniques spatiales de positionnement du type GPS. Une place importante est donnée à la **manipulation des outils sur le terrain** ainsi qu'aux exemples d'**applications des mesures géodésiques pour l'analyse et l'interprétation des mouvements verticaux, de la géomorphologie quantitative ou de des glissements de terrain** suivant les années.

#### \* **Descriptif** (50h)

##### 1) connaissances et culture G 6h

- \* Introduction : Histoire de la Géodésie et Géodésie spatiale + projet de l'année (1h30)
- \* Les systèmes de navigation satellitaires GPS/GNSS (1h30)
- \* Référentiels et systèmes de projection terrestre (1h30)
- \* MNT, Lidar et DEM (3h)

→ **Références dans support de cours pour aller plus loin dans les TP/TD. Cours non exhaustif.**

##### 2) Etude de cas (cf ci-dessous suivant les années)

#### \* **Déclaration** (cf sensei 2020-2021)

##### LMD5

Heures CM : 12

Heures TD : 12

Heures TP : 12

MF : 3CM + 3TD + 6TP

CC : 4.5CM + 4.5TD + 9TP

PV : 4.5CM + 4.5TD + 9TP

## Contenu du module

- 1) CM1 : Historique géodésie (nivellement, laser) et type erreur CC 1h30
- 2) CM2 : GNSS (code / phase / absolu / différentiel) CC 1h30
- 3) CM3 : Système de référence PV 1h30
- 4) CM4&5 : lidar 3D / MNT / MNS / photogrammetrie MF 3h00
- 5) TP1 découverte instruments (avec nivellement pour qu'ils le voient une fois) CC (+ PV) 1h30
- 6) TD1 Traitement données PV 1h30
- 7) TP2 Préparation terrain (chgt de base / calibration station totale) PV (+ CC) 1h30
- 8) TD2 Traitement données Traitement données et comparaison mesures (biais, erreur p/r distance) PV 1h30
- 9) Terrain 6h CC + PV (+ ED)
- 10) TP3 Terrain 3h PV
- 11) TP4 terrain 3h CC
- 12) TP5 terrain 3h PV
- 13) TP6 terrain 3h CC
- 14) ~~TD3 Présentation / discussion / interprétation 3h CC (+ PV)~~

### Evaluation du travail

- Connaissances (0.25) ; rapport TP1 (0.25) ; rapport + présentation terrain (0.5)
- travail par groupe de 4 avec un rôle à chaque étudiant. Evaluation de cette partie spécifique (0.5) pour chaque étudiant + évaluation continue (tous les deux TP).
- Rapport méthodologique (présentation expérience, mesures, traitement et résultats)
- ~~A l'oral, présentation des résultats uniquement et interprétation (évaluation et question par prof et autre groupe)~~ → plus le temps

### Objectifs TP1 (en bas du bat) :

- Objectif 1 : maîtriser les instruments (chgt de base et référencement notamment)
- Objectif 2 : travail sur les erreurs / incertitudes → rapport 1
  - a) répétabilité des mesures (plus de mesures GPS et station totale)
  - b) intercomparaison des mesures (sans changement de base pour simplifier le TP/rapport)

### Objectifs CM : culture générale sur les points clés de la géodésie appliqué à des cas réels

### Objectif Terrain :

- Maîtriser les outils et les concepts de géodésie terrestre (GPS, nivellement, station totale) appliqués aux géosciences
- Autonomie et rigueur
- Travail en groupe sur projet
- Traitement de données réelles avec incertitudes

## PLANNING 2021

**Initiales en gras : qui est là.** (entre parenthèses : qui déclare)

Lundi 20/09 9h-10h30 : **CM1 CC** (CC 1.5 CM) introduction / présentation du projet / culture générale

Lundi 20/09 10h30-12h : **CM2 CC** (CC 1.5 CM) GNSS

Mercredi 22/09 9h-12h : **CM4 MF** (MF 3 CM) DEM/MNT/Lidar/photogrammétrie

Lundi 27/09 9h-10h30: TP1 découverte instruments (avec nivellement pour qu'ils le voient une fois) **PV +MF** +CC pour aider au démarrage → Nivellement AR\*2 + MNT GPS + Mesure station totale (+ mise en station GPS) + photogrammétrie intro : **groupe AG**

Lundi 27/09 10h30-12h00 : TP1 découverte instruments (avec nivellement pour qu'ils le voient une fois) **PV** (PV 3 TP) **+MF** (MF 3 TP) +CC pour aider au démarrage → Nivellement AR\*2 + MNT GPS + Mesure station totale (+ mise en station GPS) + photogrammétrie intro : **groupe GCL**

Mercredi 29/09 9h00-10h30 : **CM3 PV**(PV 1.5 CM) Référentiel / champs de vitesse GPS

Mercredi 29/09 10h30-12h00 : **TD1 PV** (PV 1.5 CM) Traitement données TP découverte nivellement. (Nivellement / + visu QGIS)

Lundi 04/10 9h-12h : **TD2 PV** (PV 3 TD) Traitement données TP → calibration station totale + Préparation terrain

Mercredi 06/10 9h00-11h00 : **TP2 CC** (PV 3TP)+ (CC 3 TP) Préparation terrain : → chgt de base / calibration station totale + GPS cinématique: **groupe AG**

Mercredi 06/10 11h00-13h00 : **TP2 CC** Préparation terrain : → chgt de base / calibration station totale + GPS cinématique: **groupe GCL**

**Jeudi 07/10 14h00-15h30: CC Evaluation des connaissances (QCM) SALLE A TROUVER NPP**

Lundi 11/10 9h00-12h : **PV +CC +MF** (CC 3 TP) + (PV 3 TP) TP3 Terrain par demi-groupe ??: groupe GCL Sur le terrain : ??? + ref GNSS + scanner ou photogrammétrie

Lundi 11/10 14h-17h : **PV +CC +MF** (CC 3 TP) + (MF 3 TP) TP4 terrain par demi-groupe ??: groupe AG Sur le terrain : ??? laser + GNSS + scanner ou photogrammétrie

Mercredi 13/10 14h-17h : **MF** (PV 1.5 CM) + (CC 1.5 CM) TD5 terrain

Lundi 18/10 9h-12h : **PV** (MF 3 TD) Eval avancée + TD6 terrain

Lundi 18/10 14h-17h : **PV** (CC 3 TD) TD7 terrain

**Tous : mise en référence commune.**

Mercredi 20/10 9h-12h : **CC** (PV 1.5 TD) (CC 1.5 TD) **Présentation des résultats**

Vendredi 15/11 Rendu rapport

**Etude de cas 2021**  
**Glissement de Pégairolles-de-l'Escalette**  
**Problématique: Mesure de la déformation de surface**

Pourquoi:

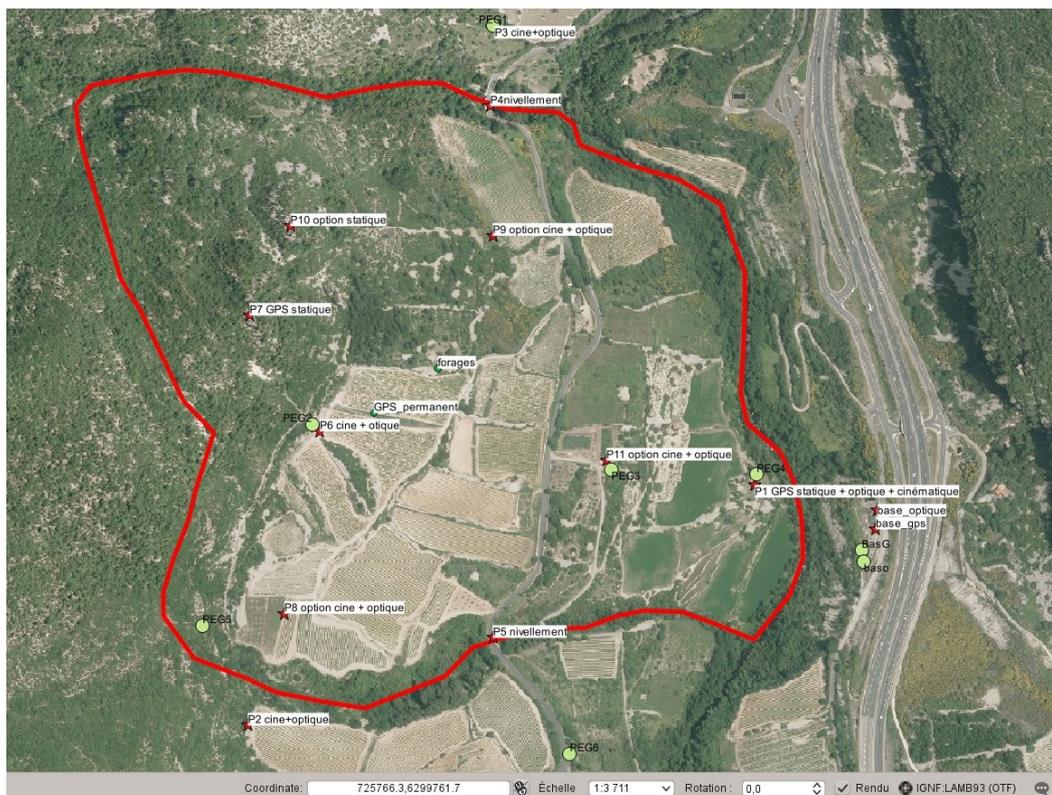
- glissement actif, peut-on quantifier sa déformation et les processus associés (temporalité, type de glissement,... )

Mesures et analyses:

- Corrélation d'image sur 1 ou 2 points en bordure du glissement.
- Traitement et analyses de séries GNSS continues
- Traitement et analyses de mesures GNSS répétées (GPS cinématique et semi-statique).
- Pas de Laser a priori (à tester en fonction des 2 TPs)
- Pas de nivellement a priori.

Méthodes de travail et rendu :

- Un rapport collectif par promo à destination de S. Gautier (resp. scientifique de suivi scientifique du glissement).
- Travail par petit groupe avec reporting et responsables.



**Etude de cas 2021**  
**Géométrie et connexion cavité souterraine**  
**Problématique: combien reste à creuser ?**

Pourquoi:

- Deux cavités sur le Larzac : sont elles connectées ? Relation avec la topo de surface ?

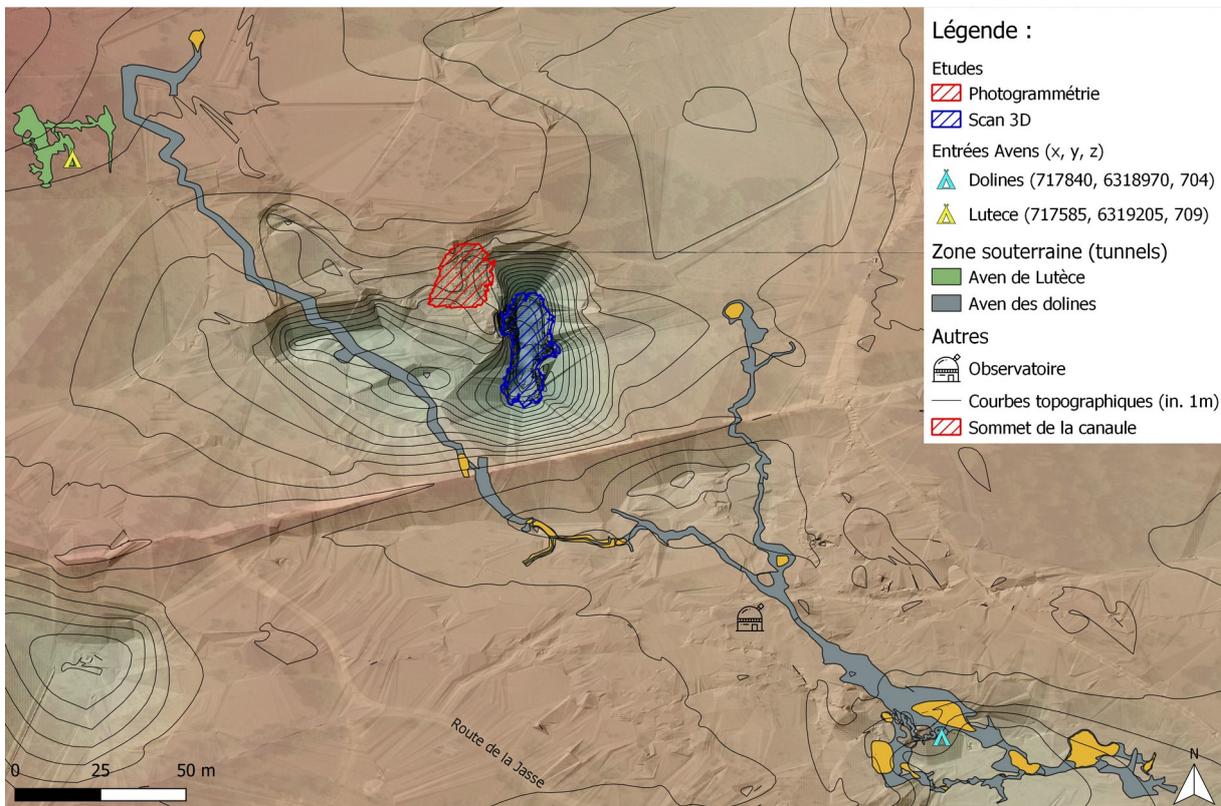
Sur le terrain:

- Topo en condition de terrain complexe avec forêt. Précision finale < 1m. Jeu de donnée mixte (GNSS, Laser, topo sout,??)

En TP:

- Récupérer la topo 3D des cavités ?
- Mesure terrain (traitement, analyse des erreurs et représentation scientifique)

Figure de synthèse : zone de l'observatoire - Aven de Lutèce et Aven des dolines



**Etude de cas 2020**  
**Géométrie et déformation du Pont du Gard**  
**Problématique: déformation ou biais de construction**

Pourquoi:

- Le Pont du Gard, 2000 ans d'archive de la déformation et de la sismicité: caractérisation de la structure en cours (mesures sismo / GPS GM + modèle école des Mines Paris). Quel désordre en fonction de la magnitude du séisme?

Sur le terrain:

- Dans la conduite: mesure laser + nivellement géométrie 3D + topo des marqueurs de construction et d'écoulement
- Depuis l'extérieur: mesure de la verticalité des piles du pont par visée Laser Directe.
- GNSS ? Une idée ? Topo du pont piéton?

En TP:

- Récupérer le scan 3D du pont et extraire la surface des piles?
- Mesure terrain (traitement, analyse des erreurs et représentation scientifique)



## Etude de cas 2019: subsidence Vauvert et suivi de digue

**Objectif : dynamique de la subsidence (« académique ») et suivi de digue (« appliqué »)**

### Mesures sur le terrain :

- GPS Statique avec trépied (2 points en diagonale) ?
- Station totale entre sur les repères.
- Nivellement (??)
- discussion nivellement / exploitation et géologie avec machin / visite foreuse ?

### Mesures complémentaires :

- INSAR PS traité (S. Doucet)
- GPS permanent traité
- Thèse S. Doucet Suivi production + carte géol + coupes

### Biblio :

- Rapport M1 de Master (M. Jolivet)
- Thèse S. Doucet

### TD préparation :

- 3h bat 23 apprentissages des outils
- 2h traitement des données
- 1h préparation de la mission de terrain (groupes / mesures)

### TP Traitement des données par groupe :

Traitement par groupe de travail

- Subsidence : étude série temporelle GPS (régression linéaire sur une durée bien choisie). Option : retirer les signaux saisonniers.
- Suivi digue : traitement mesures optiques (niveau + station totale + GPS différentiel) + intégration suivis passés.
- Modélisation Okada plusieurs patchs et « inversion » des paramètres clés.

3h : interprétation

- Mini-restitution des groupes de travail (1h)
- Discussion / interprétation (1h)
- Plan restitution et perspectives

## Etude de cas 2018: incision et datation de la Vis

**Objectif : topographie pour datation de l'incision par CL36.**

**Zone d'étude :** Gorge de la Vis (Gornies)

Mesures sur le terrain :

- GPS Statique avec trépied (pour le référencement).
- GPS différentiel (MNT en topo continue et point rapide avec canne) : topo + lit rivière
- Station totale en réflexion pure ? Et prisme ? (rattachée au GPS) pour la topo de la cavité (toit + murs + sol).
- Nivellement pour le lit de la rivière

Mesures complémentaires :

- MNT 5m IGN

Biblio :

- Stage M2 Oswald

TD préparation (2\* 3h) :

- 3h bat 23 apprentissage des outils
- 2h traitement des données
- 1h préparation de la mission de terrain (groupes / mesures)

TD évalué

TD répétition (3h) :

- dédié changement de base optique et étalonnage station totale

Terrain 6h :

TP Traitement des données par groupe :

- 3h : traitement par groupe de travail ( + travail perso)
- Traitement mesures optiques (niveau + station totale)
  - Etude biblio

3h : interprétation

- Mini-restitution des groupes de travail (1h)
- Discussion / interprétation (1h)

## Etude de cas 2017 : incision de l'hérault

**Objectif : mesure de l'incision différentielle : actuel (niveau de la rivière) et passé (terrasse d'abrasion)**

**Zone d'étude :** Pont du Diable et Saint Guilhem le désert

Mesures sur le terrain (deux zones d'études sur deux demi-journées) :

- GPS Statique avec trépied (pour le rattachement des 2 zones)
- GPS différentiel (MNT en topo continue et point rapide avec canne) sur la terrasse
- Station totale en réflexion pure (rattachée au GPS) pour le niveau de l'eau en plusieurs points)

Mesures complémentaires :

- MNT 5m IGN
- Débit de l'Hérault
- Lidar IGN ???
- Datation dans la grotte des Demoiselles ?

Biblio :

- ??

TD préparation (2\* 3h) :

- 3h bat 23 apprentissage des outils
  - 2h traitement des données
  - 1h préparation de la mission de terrain (groupes / mesures)
- TD évalué

TD répétition (3h) :

- dédié changement de base optique et étalonnage station totale

Terrain 6h :

TP Traitement des données par groupe :

- 3h : traitement par groupe de travail ( + travail perso)
- Traitement GPS en ligne + étude série temporelle
  - Traitement mesures optiques (niveau + station totale)
  - Etude biblio + INSAR

3h : interprétation

- Mini-restitution des groupes de travail (1h)
- Discussion / interprétation (1h)

## Etude de cas 2016 : glissement de terrain

### Objectif : dynamique du glissement et climat

#### Mesures sur le terrain :

- GPS semi-permanent sur repère (10 min → 3-4 mesures \* 3 ou 4 groupes)
- GPS Statique avec trépied
- Nivellement sur 1 ligne de base au travers du pont (\*3)
- Station totale depuis le versant opposé ?

#### Mesures complémentaires :

- INSAR PS traité (M. Peyret)
- GPS permanent à traiter
- Suivi hydro-chimie en forage et pluviométrie (S. Gautier)

#### Biblio :

- Rapport de Master (voir avec Stéphanie : 1 M1 et 1 M2 ?)
- Biblio sur glissement équivalent ?

#### TD préparation :

- 3h bat 23 apprentissage des outils
- 2h traitement des données
- 1h préparation de la mission de terrain (groupes / mesures)

#### TP Traitement des données par groupe :

3h : traitement par groupe de travail

- Traitement GPS en ligne + étude série temporelle
- Traitement mesures optiques (niveau + station totale)
- Etude biblio + INSAR

3h : interprétation

- Mini-restitution des groupes de travail (1h)
- Discussion / interprétation (1h)
- Plan restitution et perspectives