



ÉCOLE NATIONALE  
DES SCIENCES  
GÉOGRAPHIQUES

Ecole Nationale des  
Sciences Géographiques



Galigéo

Rapport de stage

Cycle des Ingénieurs diplômés de l'ENSG 3<sup>ème</sup> année

---

## **Stage de fin d'étude ENSG**

### **Estimation, analyse et prédiction de flux piétons**

### **BigData et Machine Learning**

---



ÉCOLE NATIONALE  
DES SCIENCES  
GÉOGRAPHIQUES

**Jules Pierrat**

Septembre 2022

☒ Non confidentiel   ☐ Confidentiel IGN   ☐ Confidentiel Industrie   ☐ Jusqu'au ...

ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GÉOGRAPHIQUES  
6-8 Avenue Blaise Pascal - Cité Descartes - 77420 Champs-sur-Marne  
Téléphone 01 64 15 31 00 Télécopie 01 64 15 31 07

## Jury

### Président de jury :

Le président de jury

### Commanditaire :

M. Sebastien Connesson  
COO de Galigeo [sconnesson@galigeo.com](mailto:sconnesson@galigeo.com)

### Encadrement de stage :

M. Jean-Michel Gaudin, Responsable du pôle Recherche et Développement à galigeo

### Enseignant référent :

M. Loic Landrieu, Chercheur MATIS / IGN, Professeur de l'ENSG

### Rapporteur expert :

qui est rapporteur du mémoire ?

### Responsable pédagogique du cycle Ingénieur - TSI :

Victor Coindet Professeur de l'ENSG, Responsable du cycle TSI

### Gestion du stage :

Delphine Genès, Relation entreprise de l'ENSG

## Stage de fin d'étude du 2 mai 2022 au 28 Octobre 2022

**Diffusion web :** ☒ Internet ☒ Intranet Polytechnicum ☒ Intranet ENSG

### Situation du document :

Rapport de stage de fin d'études présenté en fin de 3<sup>ème</sup> année du cycle des Ingénieurs

**Nombres de pages :** 25 pages dont 5 d'annexes

**Système hôte :** L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

### Modifications :

EDITION	REVISION	DATE	PAGES MODIFIEES
1	0	09/2016	Création

# Remerciements

---

Je remercie

## Résumé

Ceci est mon résumé bla bla bla

**Mots clés :** clés, clés, clés

## Résumé

This is my abstract blah blah blah...

**Key words :** key, key, key



# Table des matières

<b>Glossaire et sigles utiles</b>	<b>5</b>
<b>Introduction</b>	<b>7</b>
<b>1 La nouvelle feuille de style Ensg</b>	<b>9</b>
1.1 Les fichiers . . . . .	9
1.2 Commandes personnalisées . . . . .	9
1.3 Fichier source de cette doc . . . . .	9
<b>Conclusion</b>	<b>11</b>
<b>A Filtre de Kalman</b>	<b>23</b>
<b>B Moindres carrés</b>	<b>25</b>





# Glossaire et sigles utiles

---

**ENSG** École Nationale des Sciences Géographiques

**GNSS** Global Navigation Satellite Systems

**GPS** Global Positionning System



# Introduction

---

J'introduis



*Voici la version 2 de la feuille de style ENSG.*

## 1.1 Les fichiers

- `themeensg.cls` : contient les personnalisations et macros utiles
- `jury.tex` : pour la feuille de présentation du jury
- le dossier `images` : il doit contenir toutes les images, il contient déjà le dossier `logo` avec celui de l'ENSG
- `bibliographie.bib` contient la bibliographie

## 1.2 Commandes personnalisées

- `\newevenpage` : identique à `\newpage` mais en insère une page blanche de façon à débiter la nouvelle page sur un numéro de page impaire.
- `\evenchapter{titre}` : démarre un nouveau chapitre sur une page impaire, `\evenchapter[titre sommaire]{titre}` fonctionne aussi mais pas `\evenchapter*{titre}`
- idem pour `\evenpart{titre}`

## 1.3 Fichier source de cette doc

Ce fichier `tex` contient toute la structure d'un rapport mais une bonne partie est désactivée car commentée par l'environnement `\begin{comment} ... \end{comment}`

### 1.3.1 Une sous-partie...

On évitera si possible de faire des sous-sous-parties (`\subsubsection`). Si vous en avez besoin, peut-être faut-il revoir la structures du document...

Au passage voici le code pour appeler une référence de la biblio [**globalpositioning**] : `\cite{globalpositioning}`

Pour plus d'infos sur la bibli, aller sur <http://bertrandmasson.free.fr/index.php?article27/>



# Conclusion

---

Il est l'heure de conclure : bonne nuit !





# Bibliographie

---

- [1] Balhorn R et AL. "Frequency Stabilization of Internal-Mirror Helium-Neon Lasers". In : *Applied Optics* (1972), p. 742-744.
- [2] Niebauer T.M. et AL. "A new génération of absolute gravimeters". In : *Metrologia* 32 (1995), p. 159-180.
- [3] Niebauer T.M. et AL. "Frequency stability measurements on polarization-stabilized He-Ne lasers". In : *Applied Optics* (1988), p.1285-1289.
- [4] Jacques BEILIN. "Compensation combinées d'observations gravimétriques absolues et relatives – MCGRAVI". Projet de fin d'étude. ENSG, 2005.
- [5] Helmut Moritz BERNHARD HOFMANN-WELLENHOF. *Physical Geodesy*. T. XVII. 2nd, corr. ed., Springer, 2006, p. 403.
- [6] Pilot laboratory BIPM. *7th International comparison of absolute gravimeters, ICAG-2005, Technical protocol*. Rapp. tech. BIPM, 2005.
- [7] BRGM. *Site web du BRGM - SIG Mines France*. BRGM. Nov. 2009. URL : [http://sigminesfrance.brgm.fr/geophy\\_gravi.asp](http://sigminesfrance.brgm.fr/geophy_gravi.asp).
- [8] Michel CAPDEROU. *Satellites : orbites et missions*. Springer, 2002, p. 511. ISBN : 9782287597725.
- [9] Frédéric CHAMBAT. "Voir la planète avec la pesanteur". In : *Dossiers Pour la Science* 67 (2010), p. 72-73.
- [10] Michel DIAMENT. "Mesure du champ de pesanteur terrestre". In : *Techniques de l'ingénieur* R 1814 (2005).
- [11] Bernard DUCARME. *MT80 - Theoretical tides computation*. Observatoire Royal de Belgique.
- [12] Françoise DUQUENNE et al. *GPS : localisation et navigation par satellites*. Hermès science publications, 2005, p. 330. ISBN : 9782746210905.
- [13] Henri DUQUENNE. "Altitude, nivellement, systèmes de référence altimétrique". In : *Cours aux étudiants PPMD*. ENSG, 2005.
- [14] Germinal GABALDA et Sylvain BONVALOT. *CG3TOOL, Programme interactif de traitement de données gravimétriques Scintrex CG3/3M*. IRD. Juin 2000.
- [15] Germinal GABALDA, Sylvain BONVALOT et Roger HIPKIN. "CG3TOOL : an interactive computer program to process Scintrex CG3/3M gravity data for high resolution applications". In : *Computer & Geosciences* 29 (2003), p. 155-171.
- [16] Scott GLEASON et Demoz GEBRE-EGZIABHER. *GNSS Applications and Methods*. Artech House, août 2009, p. 528. ISBN : 9781596933293.
- [17] GPSW. *IS-GPS-200 rev e, Navstar GPS Space Segment/Navigation User Interfaces*. Rapp. tech. El Segundo, California : Global Positioning System Wing (Gpsw) Systems Engineering & Integration, 2010.
- [18] Mohinder S. GREWAL et al. *Global positioning systems, inertial navigation, and integration*. Wiley-Interscience, jan. 2007, p. 553. ISBN : 9780470041901.

- [19] Jérôme Verdun HENRI DUQUENNE. "Le champ de pesanteur : notions fondamentales et méthodes modernes de détermination". In : *Cours aux étudiants PPMD*. ENSG, 2006.
- [20] Bernhard HOFMANN-WELLENHOF, Herbert LICHTENEGGER et Elmar WASLE. *GNSS Global Navigation Satellite Systems : GPS, GLONASS, Galileo, and more*. 1<sup>re</sup> éd. Springer, déc. 2007. ISBN : 3211730125.
- [21] Bernhard HOFMANN-WELLENHOF et Helmut MORITZ. *Physical Geodesy*. 1<sup>re</sup> éd. Springer, sept. 2005. ISBN : 3211235841.
- [22] J. IDHE, J. MAKKINEN et M. SACHER. "Conventions for the Definition and Realisation of a European Vertical Reference System (EVRS) - EVRS conventions 2007". In : 2008.
- [23] Len JACOBSON. *GNSS markets and applications*. Artech House, juin 2007, p. 240. ISBN : 9781596930421.
- [24] KLOBUCHAR. "A first order worldwide ionospheric time-delay algorithm". In : *Ionospheric Physics Laboratory, Air Force Cambridge Research Laboratories* (1975). Hanscom AFB, Massachusetts Klobuchar John A.
- [25] François L'ECU. "Calcul du quasi-geoïde QGF16 et de la grille de conversion altimétrique RAF16, état d'avancement et perspectives". In : XYZ (2017).
- [26] I.M. LONGMAN. "Formulas for Computing the Tidal Accelerations Due to the Moon and the Sun". In : *Journal of Geophysics Research* 64 (1959), p. 2351-2355.
- [27] J. Hinderer M. AMALVICT N. Debeglia. "The Absolute Gravity Measurements Performed By Sakuma In France, Revisited 20 Years Later". In : *Gravity and Geoid 3rd meeting of the IGGC* (2002), p. 76-83.
- [28] Ahmed EL-RABBANY. *Introduction to GPS : the Global Positioning System*. Artech House, 2002, p. 202. ISBN : 9781580531832.
- [29] M. SACHER et al. "EVRF2007 as Realization of the European Vertical Reference System". In : *Symposium oh the IAG sub-commision for Europe (EUREF) in Brussels, June 18-21 2008*. 2008.
- [30] Nel SAMAMA. *Global positioning : technologies and performance*. Wiley-Interscience, 2008, p. 440. ISBN : 9780471793762.
- [31] Wilfred SCHOFIELD et Mark BREACH. *Engineering surveying*. Butterworth-Heinemann, avr. 2007, p. 637. ISBN : 9780750669498.
- [32] SCINTREX. *User's guide : CG-3/3M Gravity Meter*. Scintrex Ltd. 1995.
- [33] Gunter SEEBER. *Satellite Geodesy*. 2 Revised. Walter de Gruyter, sept. 2003. ISBN : 3110175495.
- [34] Victor G. SZEBEHELY et Hans MARK. *Adventures in celestial mechanics*. Wiley-VCH, 1998, p. 328. ISBN : 9780471133179.
- [35] Wolfgang TORGE. *Geodesy*. 3rd ed., De Gruyter, 2001, p. 416.
- [36] Wolfgang TORGE. *Gravimetry*. Walter de Gruyter, déc. 1989, p. 488. ISBN : 9783110107029.
- [37] James Bao-yen TSUI. *Fundamentals of global positioning system receivers : a software approach*. John Wiley et Sons, 2005, p. 373. ISBN : 9780471706472.
- [38] P. WESSEL et W.H.F. SMITH. "Free software helps map and display data". In : *EOS Trans. Amer. Geophys. U.* 72 (1991), p. 445-446.
- [39] P. WESSEL et W.H.F. SMITH. *The Generic Mapping Tools Technical Reference and Cookbook*. SOEST-NOAA. 2010.
- [40] Derek Van WESTRUM. *A10 absolute portable gravimeter*. Micro-g Solutions, Inc., 2005.
- [41] Guochang XU. *GPS : theory, algorithms, and applications*. Springer, 2007, p. 354. ISBN : 9783540727149.

- [42] Guochang XU. *Orbits*. Springer, 2008, p. 236. ISBN : 9783540785217.



## Table des figures



## Liste des tableaux





# Annexes

A	Filtre de Kalman . . . . .	23
B	Moindres carrés . . . . .	25



# FILTRE DE KALMAN

---

ANNEXE  
**A**

Contenu de l'annexe sur Kalman...



# MOINDRES CARRÉS

---

ANNEXE  
**B**

Contenu de l'annexe sur MC...