Projet de géodésie et de SIG



Auteurs : Pour l’ENSG, Lecompte Hugo et Messiaen Benoit

Pour l’HEIG-VD, Della Casa Bruno / Bobillier Quentin

Professeurs référents : Pour l’ENSG, Botton Serge, Anna Cristofol

Pour L’HEIG-VD, Ingensand Jens, Touzé Thomas et Cannelle Bertrand

Table des matières

[Table des matières 2](#_Toc512503869)

[Table des illustrations 3](#_Toc512503870)

[1 Introduction 1](#_Toc512503871)

[2 Géodésie 2](#_Toc512503872)

[2.1 Transformations Françaises 2](#_Toc512503873)

[2.2 Transformations Suisses 2](#_Toc512503874)

[2.2.1 Planimétrie 3](#_Toc512503875)

[2.2.2 Altimétrie 5](#_Toc512503876)

[2.2.3 Déviation de la verticale 7](#_Toc512503877)

[2.2.4 Tests de validations des transformations 8](#_Toc512503878)

[3 Système d’information géographique 8](#_Toc512503879)

[3.1 Maquette 9](#_Toc512503880)

[3.2 Interface du site internet 9](#_Toc512503881)

[3.3 Données 10](#_Toc512503882)

[3.4 Base de donnée 11](#_Toc512503883)

[4 Gestion de projet 11](#_Toc512503884)

[4.1 Déroulement des contacts 11](#_Toc512503885)

[5 Analyse du projet 11](#_Toc512503886)

[5.1 Définition des objectifs 11](#_Toc512503887)

[6 Conclusion 11](#_Toc512503888)

[7 Documentations 12](#_Toc512503889)

[8 Annexes 12](#_Toc512503890)

Table des illustrations

[Figure 1 Schéma de transformations planimétriques 4](#_Toc512504627)

[Figure 2 Schéma des transformations altimétriques 6](#_Toc512504628)

[Figure 3 Schéma de la déviation de la verticale 8](#_Toc512504629)

[Figure 4 Interfaces basiques 11](#_Toc512504630)

# Introduction

Notre projet consiste à la création d’un guichet cartographique permettant la transformation de coordonnée entre 2 pays (France-Suisse). Le projet réunit deux branches, SIG et géodésie. Il a été établi en collaboration avec 2 écoles, la HEIG-VD en Suisse et l’ENSG en France. Quatre étudiants seront sur le projet, 2 de l’ENSG et 2 de la HEIG-VD. Un autre enjeu du projet et de veiller à s’échanger, organiser la création du guichet cartographique à distance. Des visio-conférences devront être mis en place.

Les coordonnées doivent ainsi pouvoir être transformées vers un système cartésien, géographique ou planimétrique projeté dans les différents systèmes suivants :

* ETRS89 / RGF92 et IGN69
* NTF et IGN69
* ETRS89 / CHTRS95
* CH1903 et NF02
* CH1903+ et NF02
* CH1903+ et RAN95

Pour l’altimétrie, les transformations doivent pouvoir calculer les hauteurs ellipsoïdales (Bessel1841 / GRS80) et les altitudes (IGN69 / NF02 / RAN 95).

Notre WebLogiciel devra également pouvoir transformer la cote du géoïde et la déviation de la verticale entre les systèmes.

# Géodésie

Concernant la partie géodésique du projet, nous nous sommes réparties les tâches en fonction des pays des étudiants respectifs. Les étudiants de l’ENSG s’occuperont donc des transformations françaises et nous-mêmes, des transformations suisses.

Pour ce faire, nous avons dû définir « un lien » entre nos deux systèmes. Le système de référence commun est l’ETRS89. Ce système est intéressant pour nos 2 pays, car il est presque équivalent au WGS84.

Pour la suisse, nous pouvons considérer aussi que le CHTRS95 est égale au WGS84 et à l’ETRS89. Effectivement, le CHTRS95 est de conception tridimensionnelle au sens stricte et est identique système WGS84, au niveau du mètre voir du décimètre. Il utilise aussi l’ellipsoïde GRS80 qui est le même que l’ETRS89. ¨

Selon swisstopo « p*our être compatible avec les autres géodésies nationales d'Europe et respecter les recommandations de la sous-commission EUREF,* ***seul ETRS89 entre en considération comme système de référence global****. Mais la situation tectonique complexe des Alpes nécessite le choix additionnel d'un système suisse particulier CHTRS95, strictement identique à ETRS89 en première approximation et à l'époque t0. Les faibles écarts (quelques mm par année) entre ETRS89 et CHTRS95 sont décrits par le modèle cinématique CHKM95 inclus au système. Il est ainsi possible au besoin d'utiliser pour la Suisse un modèle cinématique particulier et distinct de celui de l’ETRS89.* ***A l'avenir, c'est le système CHTRS95 qui devrait être utilisé pour toutes les tâches de la mensuration nationale*** *et pour les besoins des grands projets de génie civil. »*

Pour la partie « codage » des calculs, nous nous sommes mis d’accord sur le type de programmation. Nous programmerons les transformations en php en créant des fonctions pour chaque changement de système, puis nous utiliserons le fichier « transfo\_coord.php » qui appellera toutes les fonctions de nos autres fichiers et qui sera mis en lien avec notre guichet cartographique.

L'objectif de notre code de transformation sera de récupérer le point ou la liste des points à transformer pour les convertir en coordonnées cartésiennes dans le système ETRS89.

Une fois que nous posséderons les coordonnées de tous les points dans ce dernier système de coordonnées nous les transformerons dans tous les systèmes de coordonnées possibles pour notre site web.

Les coordonnées seront ensuite récupérées par la partie client de notre site sous la forme d'un json avec une structure définie (objets array que nous transformons en json).

## Transformations Françaises

Pour la partie des transformations Française, ce sont les étudiants de l’ENSG qui ont effectué les calculs. Par la suite, ils nous ont expliqués « grossièrement » comment les transformations se faisaient. Voici ce que nous avons compris.

En France métropolitaine, ils sont amenés à travailler avec trois différents types de coordonnées.

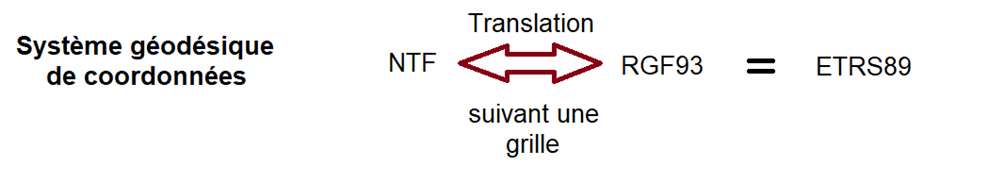
* Les coordonnées cartésiennes ;
* Les coordonnées géographiques ;
* Les coordonnées projetées ;

Il existe aussi deux systèmes géodésiques de références différents :

* Le système de la Nouvelle Triangulation Française ;
* Le RGF93 qui est cohérent avec le système ETRS89 ;

Figure Schéma de transformation français

Pour passer d'un système à l'autre il faut appliquer une translation aux coordonnées cartésiennes donnée par une interpolation à partir d'une grille de référence.

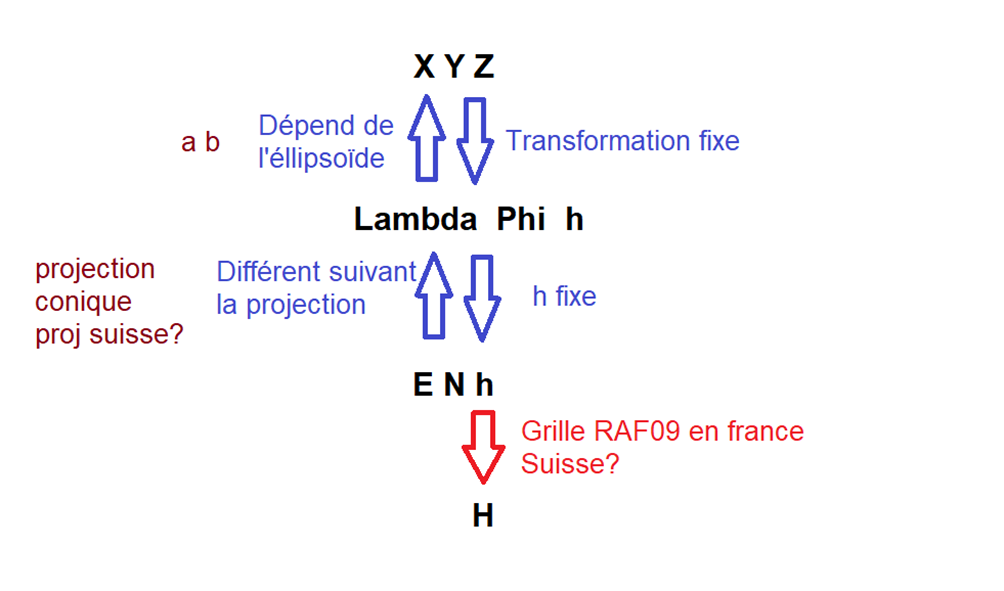


Une fois que nous possédons les coordonnées des points dans le système de coordonnées RGF93, nous pouvons donc prendre ses coordonnées pour continuer les transformations cotées Suisse.

Les codes de transformations de coordonnées pour la France sont répartis en quatre codes de transformations et un code qui permet la lecture de fichier texte.

Le code *alti\_fr.php* permet de transformer une hauteur ellipsoïdale en altitude et inversement à partir de la grille de conversion française RAF09. Les coordonnées sont récupérées sous la forme de coordonnées géographiques dans le système RGF93 pour correspondre à la grille en donnée.

Le code *variable.php* défini des objets php tels que des ellipsoïdes ou des cônes de projections que nous utiliserons ensuite pour les transformations de coordonnées.

Le code *fonctions\_fr.php* utilise les objets cônes de projections pour transformer des coordonnées géographiques dans les systèmes NTF ou RGF93 en coordonnées projetées ou inversement. L'utilisation de l'objet pour ce code est dû au grand nombre de projections possible en France, et ce dans les deux systèmes géodésiques. Nous avons ainsi des projections sur des cônes tangents ou alors possédant deux parallèles automécoïques.

Le code *cartesiennes.php* permet de transformer des coordonnées cartésiennes en coordonnées géographiques et inversement. Il utilise l'objet ellipsoïde pour que ce code soit réutilisable pour tous les ellipsoïdes que nous sommes susceptibles d'utiliser pour ce projet.

Avec ces différents codes nous possédons toutes les briques élémentaires pour effectuer nos transformations de coordonnées.

## Transformations Suisses

### Planimétrie

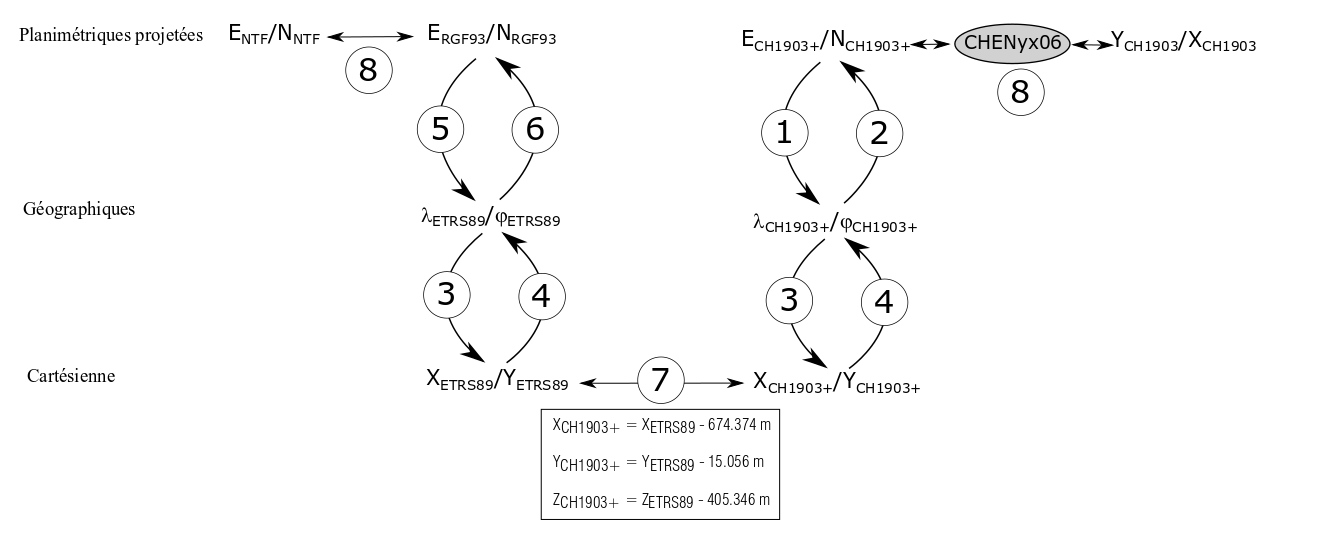


Figure Schéma de transformations planimétriques

Sur le schéma ci-dessus, nous voyons le chemin « grossier » des transformations à effectuer pour arriver d’un système à l’autre. Les transformations 1 à 4 sont facilement programmables. Pour chaque point, les calculs seront les mêmes (aux coordonnées près). Les valeurs de constante des calculs ne changent pas en fonction de la position de notre point. Ce n’est malheureusement pas le cas pour passer entre 2 systèmes projetés (CH1903+ 🡪 CH1903). Les constantes de transformations diffèrent en fonction de la position du point. Effectivement, la transformation CH1903+ 🡪 CH1903 n’est pas régulière. Elle doit prendre en compte le réseau de maillage de swisstopo, Fineltra (triangle CHENyx06), qui permet de connaitre les paramètres de transformation de chaque point suivant leurs coordonnées respectives.

Pour passer entre ces 2 systèmes projetés, étape 8, nous utilisons une API de reframe qui va nous permettre de faire les changements de systèmes (voir documentation).

Les formules de transformations de l’étape 1 et 2 sont issues du formulaire de Swisstopo et les étapes 3, 4 et 7 sont issues du document Géodésie appliquée de Messieurs Thomas Touzé, Françoise et Henri Duquenne (voir documentation).

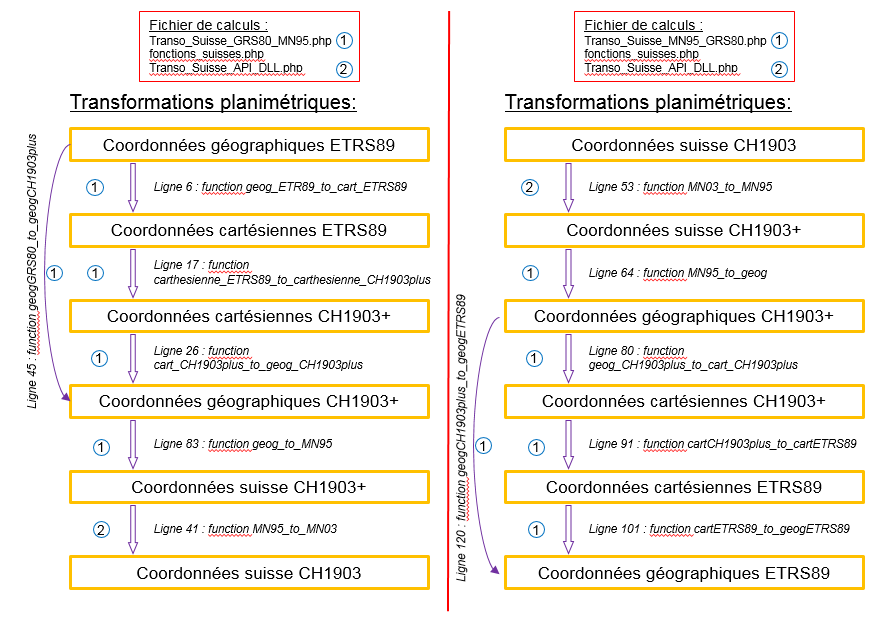
Ci-dessous, un schéma avec toutes les transformations effectuées pour passer des coordonnées géographiques ETRS89 aux coordonnées suisse CH1903 (MN03). Les fonctions associées à chaque calcul ainsi que les fichiers où se trouve le code sont indiquées sur le schéma.

Figure Schéma des transformation planimétrique suisse

### Altimétrie



Figure Schéma des transformations altimétriques

Pour les transformations altimétriques, nous utiliserons une API de Reframe qui va nous permettre de faire les changements de systèmes (voir documentation), pour passer des hauteurs ellipsoïdales Bessel 1841 à l’altitude RAN95 et RAN95 au NF02. Cela nous permet de passer de la hauteur ellipsoïdale à l’altitude NF02.

Le passage de la hauteur ellipsoïdale GRS80 vers la hauteur ellipsoïdale CH1903+, se fera à l’aide des mêmes documents que la planimétrie.

Ci-dessous, un schéma avec toutes les transformations effectuées pour passer des hauteurs ellipsoïdales ETRS89 à l’altitude suisse RAN95. Les fonctions associées à chaque calcul ainsi que les fichiers où se trouve le code sont indiquées sur le schéma.

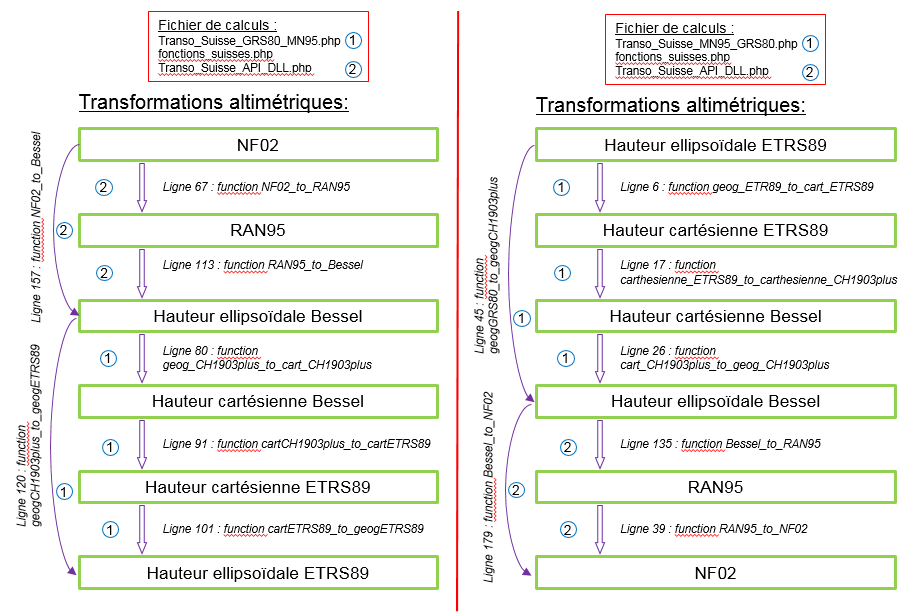


Figure Transformations altimétrique suisse

### Déviation de la verticale

La déviation de la verticale correspond à la différence entre l’axe perpendiculaire à l’ellipsoïde et à l’axe de gravitation du lieu. L’axe de gravitation est défini en trait-tillé sur le schéma ci-dessous.



Figure Schéma de la déviation de la verticale

Le but de notre projet est de transformer une déviation de la verticale pour l’ellipsoïde de Bessel vers celui du GRS80 et inversement. Pour se faire, nous devons connaître la position sur l’ellipsoïde de Bessel, du GRS80 ainsi que les paramètres de déviation (eta, ksi, zéta en radians) au point voulu en Suisse ou en France. Ensuite, nous pourrons trouver la direction de la perpendiculaire à l’ellipsoïde passant par le point. Connaissant, la déviation de la verticale nous pouvons donc trouver la direction de l’axe de gravité.

Il nous suffit alors de trouver la différence de rotation entre nos 2 directions et nous avons la déviation de la verticale de l’autre système.

Les données en entrée pour nos calculs sont les suivants différents selon la transformation voulu (S = Suisse et F = France).

Pour calculer la déviation en Suisse , nous avons besoin des coordonnées géographiques CH1903+, des coordonnées géographiques ETRS89 (=CHTRS95 et WGS84) et du vecteur français . Pour calculer la déviation en France , nous avons besoin des coordonnées géographiques CH1903+, des coordonnées géographiques ETRS89 (=CHTRS95 et WGS84) et du vecteur suisse . Les paramètres du vecteur « unitaire » est dans notre cas en radians.

#### Formules des matrices de rotations

La matrice de passage recherchée est (selon développement du document « esgtGeodesie… » annexé) :

*RTG = Repère terrestre géodésique / RLG = Repère local géodésique*

Nous devons ensuite faire un produit matriciel, en utilisant cette matrice avec et soit depuis le système suisse ou français et sa transposer. Le choix entre le système suisse ou français dépendra du vecteur unitaire et du résultat voulu. Pour terminer le calcul, nous faisons encore un produit matriciel du résultat précèdent avec le vecteur « unitaire » .

Pour calculer la déviation de la verticale en Suisse, nous utilisons la formule ci-dessous :

La déviation de la verticale en France peut se calculer en faisant des opérations mathématiques sur la formule précédente. La formule finale est la suivante :

Pour tous les calculs, la valeur de est par définition de 1, car la valeur « vraie » est ≈ 1. La valeur de devrait, pour un calcul tous à faire rigoureux (voir document « esgtGeodesie… » annexé) être issus de ce calcul :

Les calculs de la déviation de la verticale se trouvent dans le fichier : *Deviation\_verticale.php*

Faire schéma de transfo et indiquer le fichier

### Gestion des erreurs éventuelles

Divers problèmes peuvent survenir dans nos calculs de géodésie, nous avons trouvé les suivants :

* Coordonnées en entré qui ne sont compris dans l’emprise du géoïde ;
* Coordonnées en entré qui ne sont compris dans la grille des triangles CHENyx06 ;
* Le service API Reframe peut être hors service ou indisponible ;

Pour ne pas transformer des coordonnées incorrectes, nous avons dû faire tester les coordonnées en entré selon les différentes transformations. Si les coordonnées ne sont pas conformes aux conditions que nous avons définies, la transformation ne se fait pas et une erreur est renvoyé. Pour de plus ample détail, voir le fichier *Transo\_Suisse\_API\_DLL.php*

### Tests de validations des transformations

Pour vérifier nos codes, nous avons utilisé différentes coordonnées.

Pour la vérification du passage des coordonnées géographiques ETRS89 🡨 🡪 coordonnées géographiques CH1903+ et vice versa en passant par tous les systèmes demandés, nous avons fait des comparaisons entre les coordonnés obtenues par le programme Reframe en ligne et nos transformations fait sur notre géoportail. Vous pouvez voir différences dans le tableau ci-dessous : sont de l’ordre de XX.

# Système d’information géographique

La partie SIG consiste à la création du WebLogiciel qui permet de rentrer les diverses données de base pour calculer les transformations. Nous devons également créer un support visuel de guichet cartographique pour nos différents points. Pour stocker et gérer tous nos fichiers (modification par plusieurs élèves du même fichier), nous avons décidé de travailler avec GitHub.

## Maquette

Afin de ne pas programmer dans le vide, une maquette de notre site a été construite afin d’avoir un fil conducteur tous le long de la construction de notre guichet cartographique de transformation de coordonnées. Cette maquette a été présentée aux professeurs en charge du projet, afin de leur expliquer ce que nous avons prévu de faire. La validation de notre maquette auprès des professeures, nous a permis d’être sûr d’avoir bien compris la demande du mandat.

La maquette se trouve en annexe ([*Maquette.pptx*](maquette.pptx)). Les points qui ont été soulevé par les professeurs lors de la présentation sont :

* Bien préciser les unités à donner et les unités de sorties de nos calculs de transformations.
* Indiquer que les coordonnées données en temps réel de la position de la souris sont approximatives.
* Se mettre d’accord sur l’unité de travail des formules (Radian / Mètre) lors de la programmation.
* Faire attention à bien différencier les coordonnées approximatives calculées par OpenLayers pour l’affichage des points sur la carte et les coordonnées précises utilisées pour les calculs de transformation et qui doivent s’afficher dans la popup sur la carte.

## Interface du site internet

Nous avons séparé notre projet en plusieurs dossiers (java, php, lib, css, …). Ces différents fichiers nous permettent d’avoir un tri dans notre travail de codage. En dehors des dossiers, un fichier php est créé afin de réunir les différents codes dans un même fichier pour permettre la création de la page de base.

Nous décidons de programmer le site pour que l’interface ne se charge qu’au moment de l’ouverture de la (et que les modifications d’interface du site se fasse à l’aide de la programmation orientée (java). Grâce à ce langage, nous pouvons faire apparaître ou disparaitre des éléments en effectuant une action (par ex : cliquer sur un bouton).

Dans un premier temps, nous nous consacrons à la mise en page pour qu’il soit lisible. Nous passerons ensuite à la programmation pour le lancement des différents calculs de transformations.

L’esthétique sera améliorée en deuxième temps, car le but premier est de pouvoir exécuter des calculs. Nous avons donc passé outre l’esthétique pour nous consacrer au cœur de notre projet.

Ci-dessous, nous pouvons voir l’interface brute de notre projet :

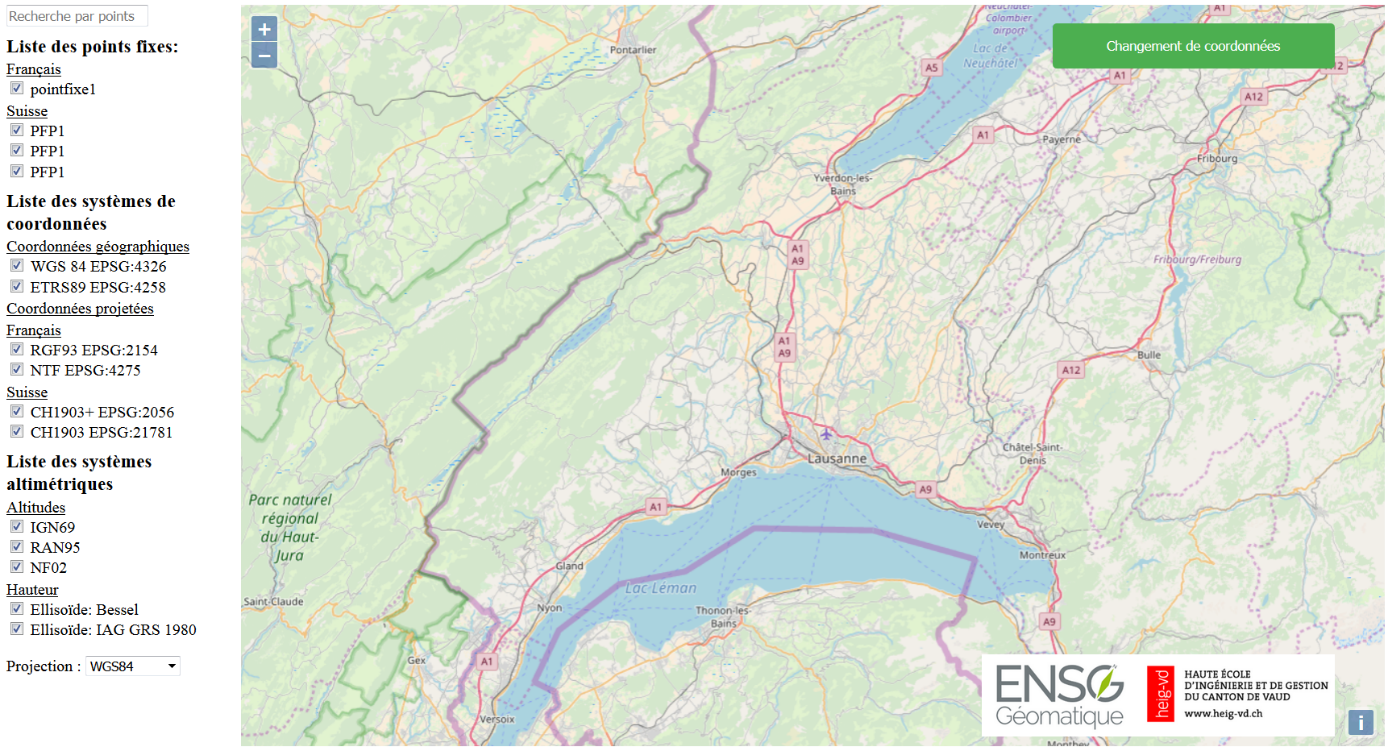


Figure Interfaces basiques

## Données

Pour la Suisse, nous avons demandé les points fixes 1 et 2 à Swisstopo. Suite à leur réponse, nous avons décidé de garder que les points fixes 1 car ils ont le droit sur ces données et peuvent donc nous les transmettre sans problème. Au contraire, les points fixes 2, sont gérés par les cantons. Nous devrions donc demander l’accord des cantons. Pour faciliter la rapidité de mise en place de notre projet, nous avons donc décidé de garder que les points de premier ordre. Ils seraient alors possibles de rajouter ensuite les autres si c’est nécessaire au projet.

Du côté de la France, ….

## Base de donnée

Afin de pouvoir importer nos points dans notre site internet, nous avons décidé de mettre nos dans la base de données Postgres et d’utiliser GeoServer comme transition avec le site internet.

# Gestion de projet

La plus grande difficulté du projet était de se coordonner entre les 2 groupes d’étudiants. Effectivement, la distance séparant Paris d’Yverdon-les-Bains ne nos a pas permis d’avoir des contacts « physique » entre les étudiants.

L’organisation général du projet est comme suit :

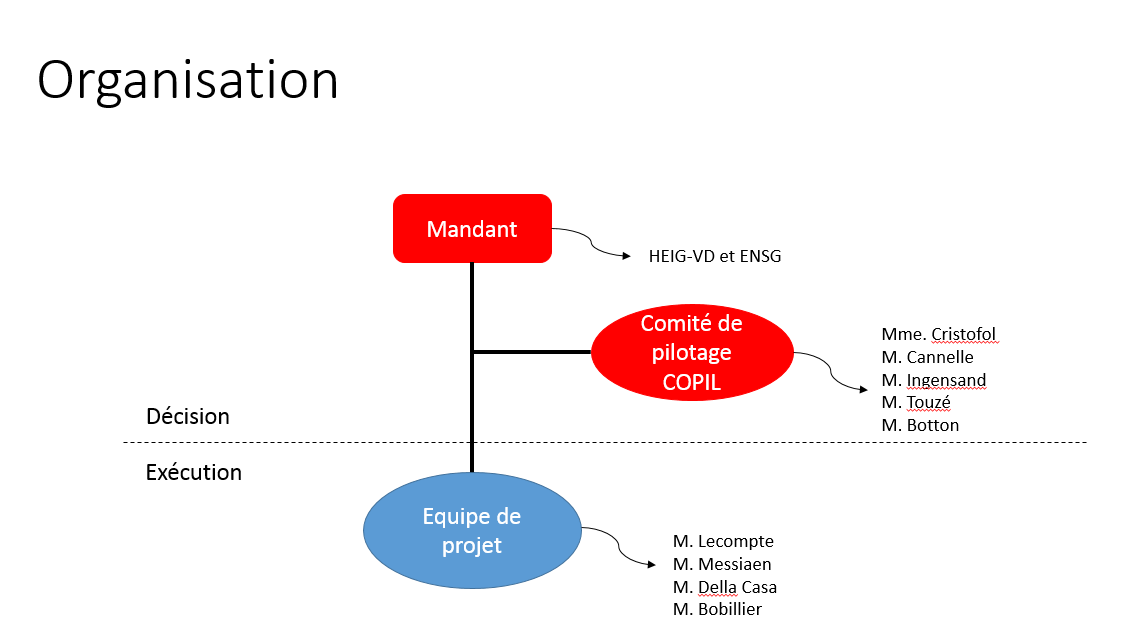


Figure Organisation du projet

## Equipe

Pour communiquer dans le groupe, nous avons dû mettre en place divers systèmes de communications et de partage de fichiers, les voici :

* Création d’un groupe WhatsApp pour les échanges courants ;
* Utilisation et mise en place de visioconférence Skype hebdomadaire ;
* Utilisation de Repository GitHub pour le stockage des fichiers ;
* Utilisation de la machine virtuelle mise en place pour le projet par la HEIG-VD pour les débungage, base de données, pour les contrôles et test ;
* Echange par e-mail avec les contacts externes aux étudiants ;

Nous avons aussi réparti les tâches de chacun pour optimiser l’efficacité de notre travail, tous en collaborant et en connaissant le travail de chacun.

Les tâches ont été reparties selon l’illustration ci-dessous :

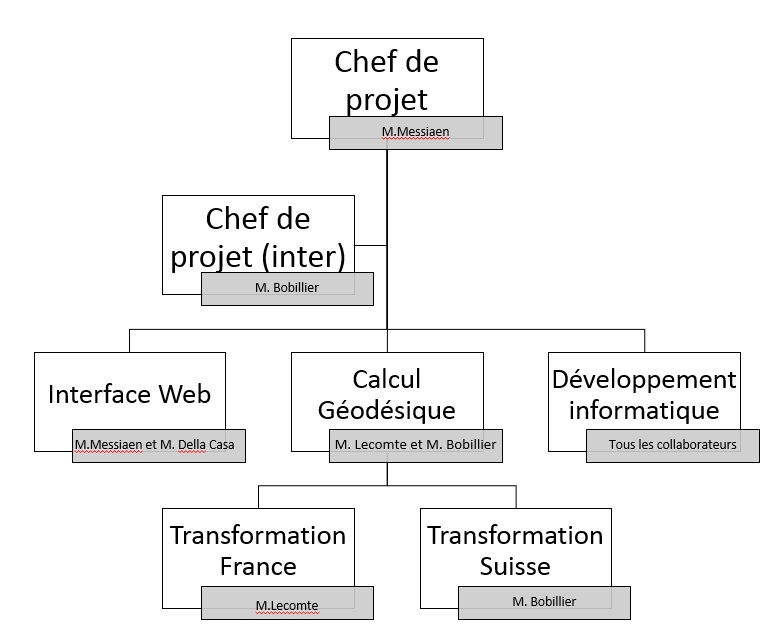


Figure Schéma de la répartition des tâches

Pour pouvoir nous identifier facilement, il nous était demandé de donner un nom de projet et de créer un logo.



## Outils de suivi

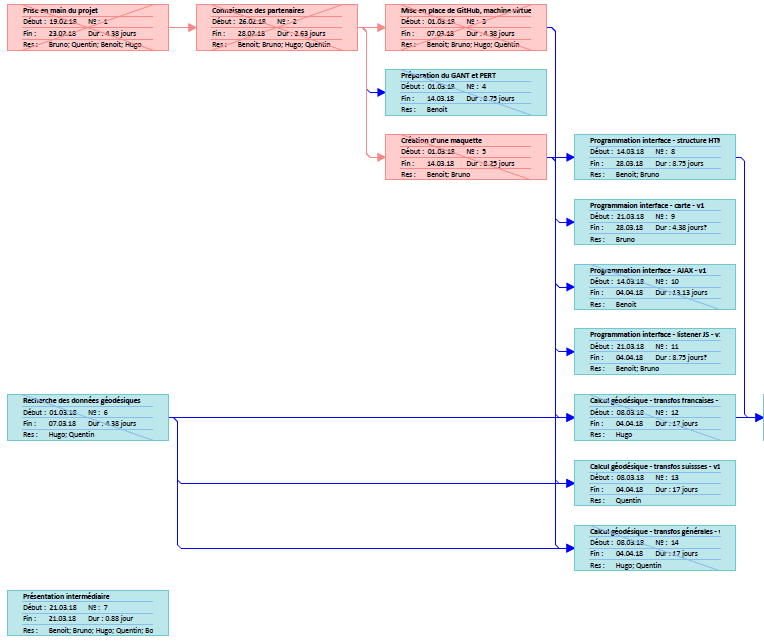
Tous le long du projet, nous avons également dû utiliser des outils de planification et de suivi de projet. Nous avons donc mise en place un GANT et un PERT en collaboration avec les étudiants de l’ENSG.

Figure Illustration de notre PERT en cours de projet

En plus de cela, après chaque visioconférence hebdomadaire, nous faisions un PV de la séance avec ce qui a été discuté ainsi que les tâches à effectuer pour la suite du bon déroulement du projet.

## Echanges avec les commanditaires

Au commencement du projet nous avons participé à plusieurs séances avec les professeurs des 2 école pour définir les objectifs définitives et l’organisation du projet.

Par la suite, d’autres séances avec les commanditaires ont dû être effectué pour régler les problèmes liés aux transformations de coordonnées entre les 2 pays. Suite à cela, nous sommes allés faire des mesures statiques au GNSS de 2h30 sur 2 points simultanément à l’Auberson (CH) et au Fourgs (FR). Ces mesures ont été envoyées à l’ENSG. Nous avons pu échanger avec les autorités des Fourgs sur le projet et un communiquer de presse a été fait par M. Touzé. Un article a paru dans un journal local (l’est républicain). L’article est mis en annexe.

Les échanges ont toujours été constructifs.

## Retour d’expérience « humaine »

Le retour d’expérience suite à ce projet est positif. Nous avons à notre sens remplit les objectifs du projet autant du côté du produit rendu que dans la collaboration avec nos collègues de l’ENSG. Chaque étudiant a pu à un moment ou un autre apporter ces connaissances et expérience dans le projet pour l’améliorer.

Le groupe c’est depuis le début jusqu’à la fin très bien entendu. La collaboration a été saine et chacun à fait le travail. La communication a aussi été bonne. Tous le groupe s’écoutait, proposait des solutions et s’entraidait.

Au niveau des connaissances de chacun, nous avons constaté que nos connaissances en programmation sont inférieures aux étudiants de l’ENSG. Divers langages que nous ne connaissions pas, tels que l’AJAX nous ont bien aidé pour le projet. La structure de programmation, termes employés, structure du code est bien plus poussé et cela est presque inconnu pour nous. Nous pouvons dire que nous avons dû nous « conformer » à leur structure par rapport à leur exigence. Nous pouvons dire que c’est un mal pour un bien, car grâce à cela nous avons l’impression d’être devenu un peu plus structuraux et rigoureux en programmation.

Le projet vu de l’ENSG été un projet « technique » avec un interface web avec des boutons. De notre côté, l’utilisation de carte (Webmapping) a été proposé. L’utilisation de carte sur un web était pour eux presque inconnu. Nous avons dans ce cas pu leur transmettre une partie de nos connaissances. Nous avons aussi pu leur transmettre des indications sur l’utilisation d’une base de données en lien avec un site web.

Le seul point noir du projet de notre côté était un problème de concordance de calendrier académique. Effectivement, nos collègues ont commencé 2 semaines avant nous. Après il n’avait que peut de temps à mettre sur le projet (1 jour par semaine max). De plus nous avons une semaine de vacance qui n’était pas la même qu’eux. Ils ont eu 2 semaine de vacance juste après la nôtre ce qui à compliquer et ralenti le développement de notre projet (pas pris en compte). Par contre, ils ont 2 semaines à temps pleins, qui est réservé pour le développement de se projet en fin de semestre. Malheureusement, ces 2 semaines sont en même temps que nos révisions d’examens et d’examens. Par conséquence, nous ne pouvons plus nous consacrer au projet. Peut-être faudrait-il optimiser ces quelques points noirs si l’expérience est renouvelée.

Nous avons été ravis de participer au projet en collaboration avec d’autres étudiants issus d’une école plus technique que la nôtre.

# Analyse du projet

## Définition des objectifs

# Conclusion

# Documentations

Formules de transformations de coordonnées géographique ch1903+ 🡨🡪 mn95

www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/fr/online/calculation-services/\_jcr\_content/contentPar/tabs/items/documents\_publicatio/tabPar/downloadlist/downloadItems/14\_1467103550482.download/refsys\_f.pdf

Formules de transformations de coordonnées géographique GRS80 🡨🡪 coordonnées géographique CH1903+

www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/fr/online/calculation-services/\_jcr\_content/contentPar/tabs/items/documents\_publicatio/tabPar/downloadlist/downloadItems/14\_1467103550482.download/refsys\_f.pdf

tst-Geodesie-Geometrique.pdf

Formules des composantes de la déviation de la verticale (matrice)

esgtGeodesie-duquenne---techniquesTerrestresGeodesie.pdf

api reframe

www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/fr/online/calculation-services/m2m/\_jcr\_content/contentPar/tabs/items/dokumente\_und\_publik/tabPar/downloadlist/downloadItems/55\_1489059323854.download/Report16-03.pdf

Système de référence chtrs95 / etrs89

www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/fr/topics/survey/reference-frames/\_jcr\_content/contentPar/tabs/items/dokumente\_publikatio/tabPar/downloadlist/downloadItems/295\_1466773230951.download/ltber08-fr.pdf+&cd=5&hl=fr&ct=clnk&gl=ch

# Annexes

Article du 8 avril paru dans l’est républicain