

RAPPORT D'ANALYSE

REPRÉSENTATION DYNAMIQUE DE VECTEURS DE DÉFORMATION GNSS EN CONTEXTE VOLCANOLOGIQUE



Auteurs :

Clément Monat
Bastien Doré
Nicolas Zito

Commanditaires :

Pierre Sakic, IPGP
François Beauducel, IPGP

Table des matières

1	Introduction	2
2	Contexte du projet	2
2.1	Pour qui?	2
2.2	Pourquoi?	2
2.3	Enjeux	3
2.4	Aspects financiers et sociaux	3
2.4.1	Coûts du projet	3
2.4.2	Équipe et répartition des rôles	3
3	Objectifs de l'étude - Reformulation du besoin	3
3.1	Les objectifs de l'étude	3
3.2	Les contraintes	3
3.3	Le recueil du besoin - Les acteurs	4
3.4	Diagramme de cas d'utilisation	4
4	Analyse fonctionnelle - Solutions proposées	5
4.1	Diagramme de séquence	6
4.2	Diagramme de composant	7
5	Étude technique : Choix des logiciels et langages-Architecture	7
5.1	Diagramme de déploiement	7
5.2	Choix des bibliothèques	8
6	Réalisation et suivi de projet	10
6.1	Les difficultés rencontrées	10
6.2	Le planning prévisionnel	11
6.3	Organisation	12
7	Conclusion et résultat	12

1 Introduction

Ce projet vise à développer une représentation dynamique des vecteurs de déformation GNSS pour améliorer la surveillance volcanologique effectuée par l'Institut de physique du globe de Paris (IPGP) via WebObs. Actuellement limité à des cartes statiques, WebObs devra intégrer un module interactif avec l'apparition d'une temporalité permettant une visualisation fluide des variations de déformation.

2 Contexte du projet

2.1 Pour qui?

Ce projet est conçu pour répondre aux besoins de l'IPGP et des chercheurs qui utilisent WebObs.

2.2 Pourquoi?

L'IPGP surveille les quatre volcans actifs du territoire national via ses trois observatoires volcanologiques et sismologiques. Une part essentielle de cette surveillance s'appuie sur des réseaux denses de stations GNSS positionnées sur les volcans, dont le suivi des déplacements constitue un indicateur clé de leur activité. L'ajout d'une dimension temporelle permettrait de mieux visualiser ces mouvements, ouvrant ainsi la voie à des études basées sur des données hebdomadaires. En effet sur les cartes déjà produites sur WebObs, il s'agit de carte statique ou une fois que les paramètres (dates et période d'acquisition) sont rentrés la carte est chargée et les vecteurs sont statiques comme on peut le voir sur la figure [1].

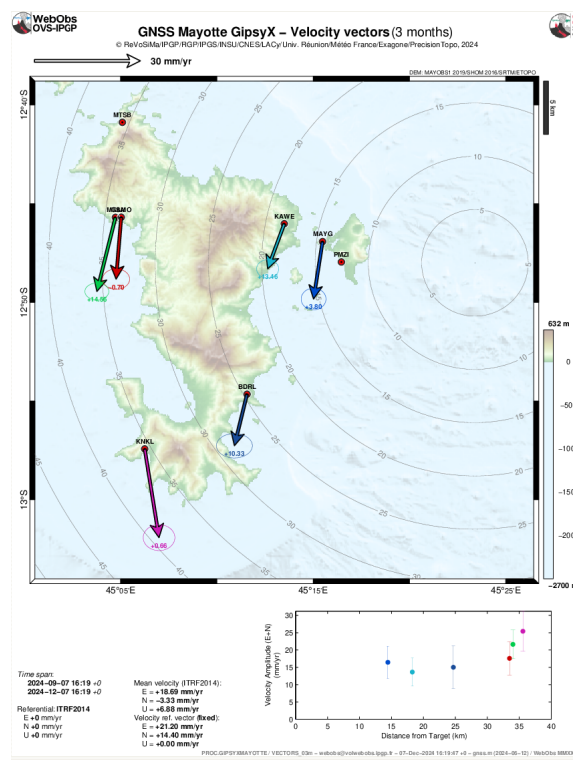


FIGURE 1 – Carte produite par WebObs

2.3 Enjeux

L'intégration d'une visualisation dynamique des vecteurs de déformation GNSS dans WebObs présente plusieurs enjeux majeurs :

- Offrir aux volcanologues une compréhension plus fine des phénomènes de déformation en exploitant l'évolution temporelle des données GNSS.
- Optimiser l'exploitation des données en facilitant leur interprétation par les chercheurs.
- Concevoir une interface intuitive et efficace pour une analyse rapide des tendances et anomalies dans les mouvements de terrain.

2.4 Aspects financiers et sociaux

2.4.1 Coûts du projet

Le site web est en open-source, donc gratuit pour l'ensemble des chercheurs à l'IPGP. Les coûts du projet se limitent donc aux coûts de développement : ordinateurs, connexion internet, partage en ligne de fichiers. Tous ces éléments sont fournis gratuitement par l'ENSG ou accessibles chez nous sans impact financier important.

2.4.2 Équipe et répartition des rôles

Nicolas Zito, Clément Monat et Doré Bastien sont développeurs dans le cadre de ce projet. En outre, des rôles sont attribués à chacun des membres de l'équipe. Le chef de ce projet, chargé de la communication intra et extra équipe et de la répartition des tâches, est Nicolas Zito. Étant donné les connaissances supplémentaires en interface graphiques, Clément Monat est le responsable du choix de l'interface à implémenter par la suite. Nicolas Zito est responsable de l'architecture du code implémenté et de sa synchronisation via l'outil git avec le code déjà implémenté par les commanditaires. Le test du code et la vérification de la qualité des rendus est attribué à Bastien Doré.

3 Objectifs de l'étude - Reformulation du besoin

3.1 Les objectifs de l'étude

Objectifs de l'étude :

- Créer une visualisation dynamique des données de déformation GNSS :
 - Avoir un slider pour modifier la fenêtre de données intégrer au calcul de déformations.
 - Ajouter un slider permettant de choisir la date à laquelle visualiser les déformations.
- Représenter les vecteurs de déformations en 3D sur un modèle SRTM / 3 coupes différentes.
- Intégrer la solution au logiciel WebObs déjà existant.

3.2 Les contraintes

Les contraintes :

- La solution implémentée doit utiliser des bibliothèques open-sources.
- La solution implémentée peut fonctionner même si il y a une coupure internet.

- Une compatibilité totale avec WebObs, en respectant les contraintes du logiciel et en utilisant des technologies open-source.

3.3 Le recueil du besoin - Les acteurs

Commanditaire :

- Besoin d'ajout d'une fonctionnalité sur le site WebObs développé par des chercheurs de François Baudusel chercheur à l'IPGP qui rajoute une temporalité aux cartes pour une étude plus précise des déplacements.
- Besoin d'ajout d'une carte en coupe transversale du sol pour mieux visualiser les déformations sur la composante verticale.

Utilisateur Final (chercheurs à l'IPGP) :

- Besoin d'un outil intuitif permettant une visualisation dynamique des déformations.
- Besoin de modifier la temporalité pour une étude plus précise dans le temps.
- Besoin d'une carte en coupe transversale pour mieux visualiser les déformations verticales.

3.4 Diagramme de cas d'utilisation

Le diagramme de cas d'utilisation représente les interactions entre les utilisateurs et le système. Il met en évidence les fonctionnalités principales du module de visualisation des vecteurs de déformation GNSS.

Le Chercheur / Ingénieur de l'IPGP peut sélectionner une période d'analyse, manipuler les données de manière interactive et afficher les vecteurs de déformation. Il peut aussi sauvegarder ses préférences d'affichage et exporter les résultats obtenus.

L'Administrateur WebObs est responsable de l'intégration et de l'administration du module dans WebObs.

Les actions de l'utilisateur permettent de mettre à jour l'affichage en temps réel, garantissant une visualisation fluide et dynamique.

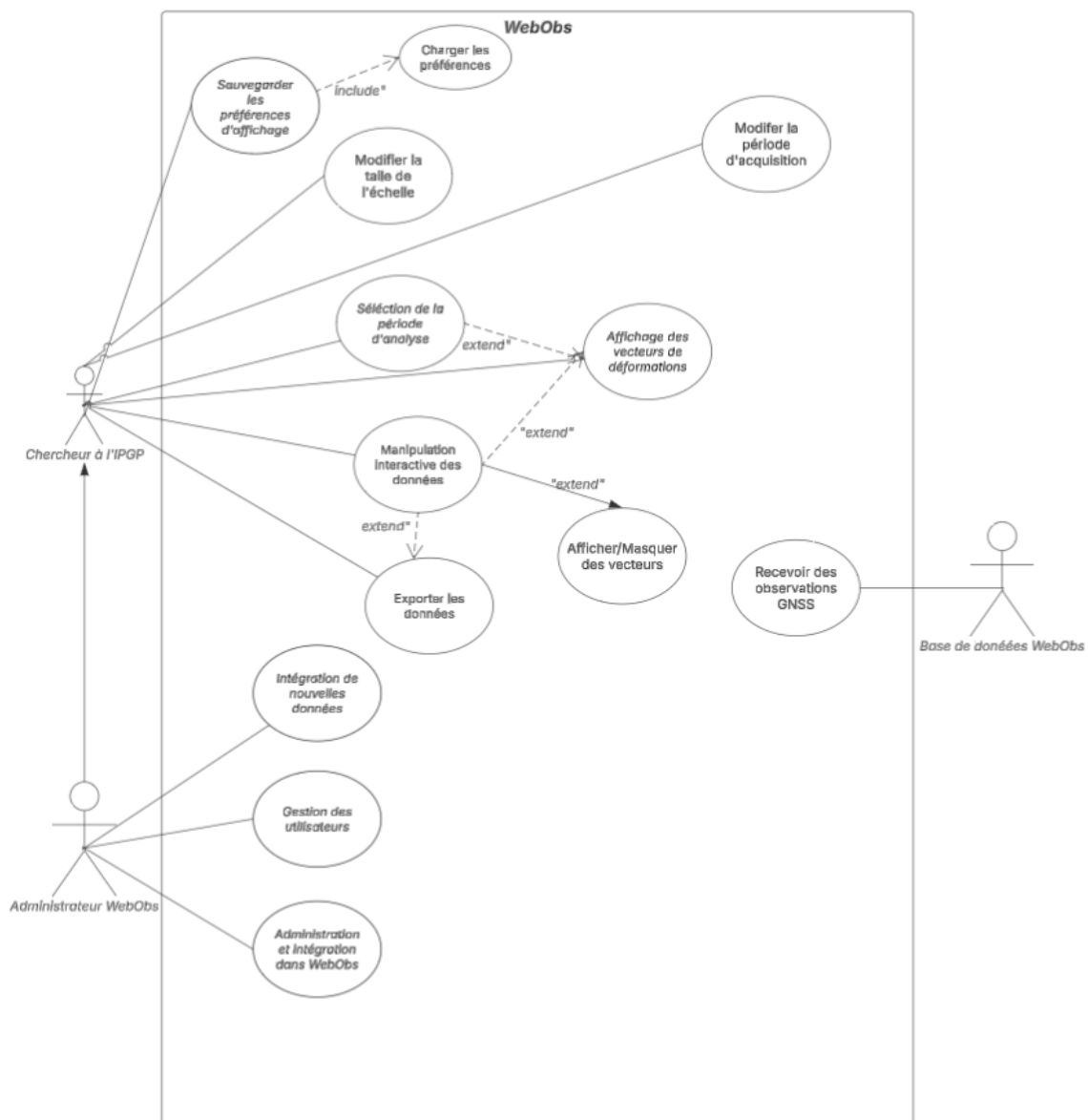


FIGURE 2 – Diagramme de cas d'utilisation

4 Analyse fonctionnelle - Solutions proposées

Afin de répondre aux besoins identifiés, nous avons défini plusieurs fonctionnalités clés permettant d'assurer une représentation dynamique des vecteurs de déformation GNSS sur WebObs. L'objectif principal est de fournir aux chercheurs un outil interactif et intuitif, leur permettant d'explorer plus facilement l'évolution des déformations dans le temps.

Les fonctionnalités majeures proposées incluent :

- Un module interactif intégrant des sliders pour ajuster la période d'analyse et sélectionner la date d'affichage des déformations.
- Une représentation en 3D des vecteurs de déformation sur un modèle SRTM, avec possibilité d'afficher des coupes transversales pour mieux visualiser la composante verticale.

- Affichage instantané des données grâce à une base préchargée minimisant les requêtes serveur.
- Consultation fluide et réactive des données, sans latence liée aux requêtes serveur.
- Mise à jour et affichage optimisés des données en temps réel grâce à une gestion avancée du cache.

Pour formaliser ces fonctionnalités et proposer une solution adaptée, nous avons élaboré plusieurs diagrammes UML, dont un diagramme de classe détaillant la structure du module, un diagramme de séquence décrivant l'interaction entre les différentes composantes.

Ces diagrammes constituent une première modélisation du projet, qui pourra évoluer en fonction des retours et des ajustements nécessaires lors de l'implémentation.

4.1 Diagramme de séquence

Diagramme de séquence :

Ce système propose une interface web interactive permettant aux utilisateurs d'afficher et d'analyser les vecteurs de déformation issus de données GNSS.

L'interaction se fait principalement via des sliders, qui permettent de sélectionner une période d'observation ou d'ajuster l'échelle des vecteurs. Lorsqu'un slider est manipulé, l'interface envoie une requête au Module Sliders. Les vecteurs de déformation sont ensuite filtrés et envoyés à l'interface web pour une mise à jour dynamique de la carte. Les utilisateurs peuvent également choisir d'afficher ou de masquer les vecteurs horizontaux et verticaux pour une meilleure lisibilité.

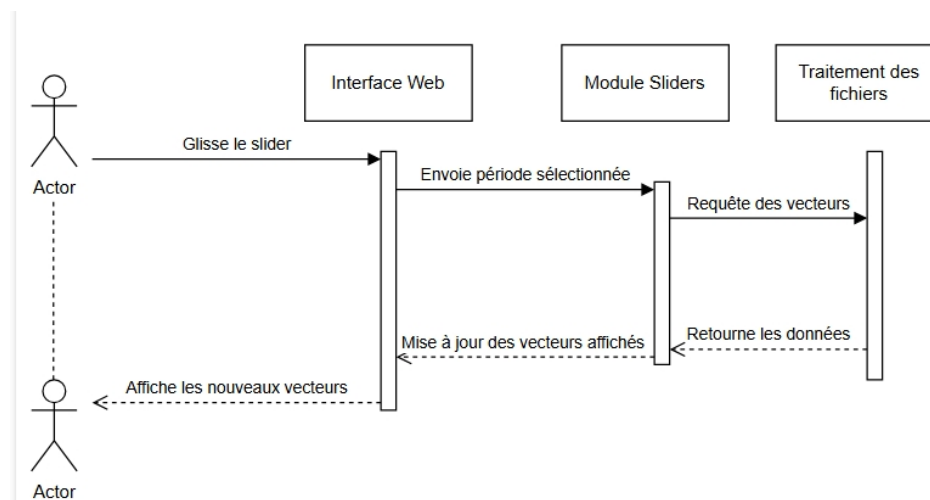


FIGURE 3 – Diagramme de séquence

4.2 Diagramme de composant

Diagramme de composant :

Nous créons en amont une base de données contenant tous les fichiers de calculs nécessaires pour limiter les requêtes faites au serveur. Ensuite, les sliders permettent de choisir quels fichiers sélectionner dans cette base de données afin d'obtenir, sur la période choisie et à la date choisie, les vecteurs de déformation avec les ellipses d'erreur. Chaque vecteur est défini par une vélocité dans les trois directions de l'espace, de même pour les ellipses avec les valeurs des erreurs. Ces vecteurs et ellipses sont ensuite représentés dans une carte dont le fond sera un modèle topographique 3D SRTM produit par la NASA et libre.

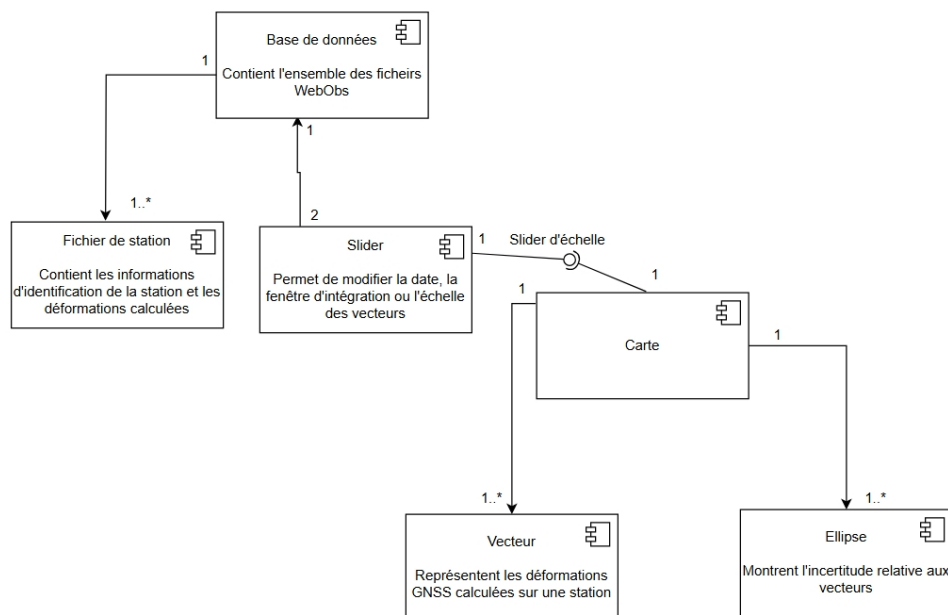


FIGURE 4 – Diagramme de composant

5 Étude technique : Choix des logiciels et langages-Architecture

5.1 Diagramme de déploiement

Diagramme de déploiement :

Nous pouvons simplifier le fonctionnement de WebObs comme ceci, sachant que nous ne travaillons que sur l'interface dynamique côté client, nous n'interviendrons pas dans la partie serveur de WebObs. La solution que nous devons proposer ne sert qu'à visualiser des données déjà existantes que nous récupérons dès le début sur le serveur de WebObs. Ainsi, notre solution sera directement liée à l'utilisateur.

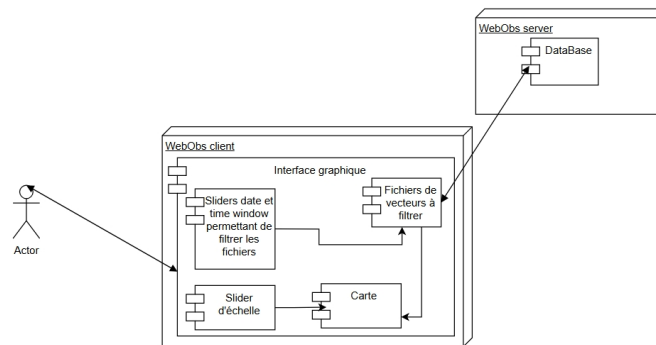


FIGURE 5 – Diagramme de déploiement

5.2 Choix des bibliothèques

Pour le choix des bibliothèques, chaque membre du groupe a testé différentes solutions pour la représentation dynamique et le fond de carte. Widget est préféré à Bokeh et Dash en raison de sa flexibilité et de sa gestion optimisée des interactions via 'ipywidgets' et 'traitlets', qui permettent une synchronisation fluide entre les entrées utilisateur et les calculs en arrière-plan sans nécessiter de serveur intermédiaire, contrairement à Dash qui repose sur Flask et ReactJS, introduisant ainsi une latence supplémentaire. De plus, Widget s'intègre naturellement à l'écosystème scientifique Python, notamment avec Matplotlib, NumPy et Pandas, facilitant le traitement et l'affichage interactif des données GNSS en temps réel (cf. [documentation 'ipywidgets'](<https://ipywidgets.readthedocs.io/en/latest/>)).

Concernant le fond de carte, Cartopy est choisi plutôt que Plotly pour sa gestion avancée des projections cartographiques et des données géoréférencées. Contrairement à Plotly, qui est limité au Web Mercator et aux formats GeoJSON, Cartopy prend en charge un large éventail de systèmes de coordonnées via PROJ.4 et Shapely, garantissant ainsi une précision indispensable pour les études de déformation GNSS en contexte volcanologique. De plus, Cartopy permet d'intégrer directement des fonds de carte scientifiques (ex. : MNT, données raster, couches shapefiles), essentiels pour analyser les déformations du terrain. Son intégration avec Matplotlib nous permet de personnaliser les cartes, permettant une représentation explicites des vecteurs de déformation GNSS.

	Python / Jupyter			Javascript / Web
Bibliothèques testées	Bokeh	Widgets/Cartopy	Dash/Plotly	Leaflet
Avantages	Bibliothèque répandue et connue	Correspond spécifiquement au besoin	Permet d'utiliser des sliders	Intégration dans WebObs
		Variété de projections et de fond de carte		Rapidité d'affichage
Inconvénients	Erreurs dans la documentation	Difficulté d'intégration d'un jupyter notebook en web	Mauvaise documentation	Besoin d'importer des bibliothèques sur WebObs
		Temps d'affichage		
Choix final	Rejeté	Rejeté	Rejeté	Sélectionné

FIGURE 6 – Tableau comparatif des bibliothèques

Par la suite, nous avons testé une nouvelle approche : développer directement notre API en Javascript. Pour ce faire nous avons utilisé la librairie leaflet permettant des interactions avec la carte et le choix de différents fond de carte (modifiables facilement). L'intérêt de cette solution est la facilité d'intégration dans l'outil web déjà existant : WebObs. Par conséquent bien que cela nécessite d'installer quelques librairies il semble tout de même que ce soit la meilleure solution, c'est pourquoi nous l'avons choisie après validation de nos commanditaires. De plus, notre application nécessite de parser des fichiers de données fournis par les commanditaires. Initialement le programme permettant de faire cela a été écrit en PHP pour un premier test rapide (à priori la fonctionnalité de ce code existe dans n'importe quel langage). Cependant sur demande des commanditaires, ce programme devra être traduit en PERL pour être adapté à WebObs pour lequel PERL a été préféré à PHP à sa création. Par conséquent il ne dispose pas de server PHP et il n'est pas souhaitable d'en ajouter un pour un simple code pouvant être traduit en PERL.

6 Réalisation et suivi de projet

6.1 Les difficultés rencontrées

Risques	Difficultés rencontrées	Solution
Discorde dans le groupe	Non	Bonne communication entre chaque membre du groupe
Commanditaires absents	Non	Poser les bonnes questions dès le début pour bien analyser le besoin et comprendre les objectifs
Problèmes de santé	Non	Bonne hygiène de vie et bien se répartir les tâches pour optimiser la répartition du projet
Incompréhension du code existant	Oui	Prendre le temps de comprendre le code, poser des questions
Mauvaise organisation	Non	Faire un planning, bien se répartir les tâches. Utilisation de GitHub.
Changement des objectifs des commanditaires	Non	Fixer les objectifs dès le début

6.2 Le planning prévisionnel

Pour ce qui est du planning prévisionnel, on a tout d'abord une partie gestion du fil directeur du projet avec un diagramme de PERT pour savoir si l'on ne dévie pas de l'objectif du projet. Le diagramme de Pert ci-dessous [7] nous présente les différentes tâches à réaliser et leur dépendance. Les flèches en rouge représentent le chemin critique. Les chiffres dans les cases représentent le temps minimal à gauche et maximal à droite pour le début de cette tâche.

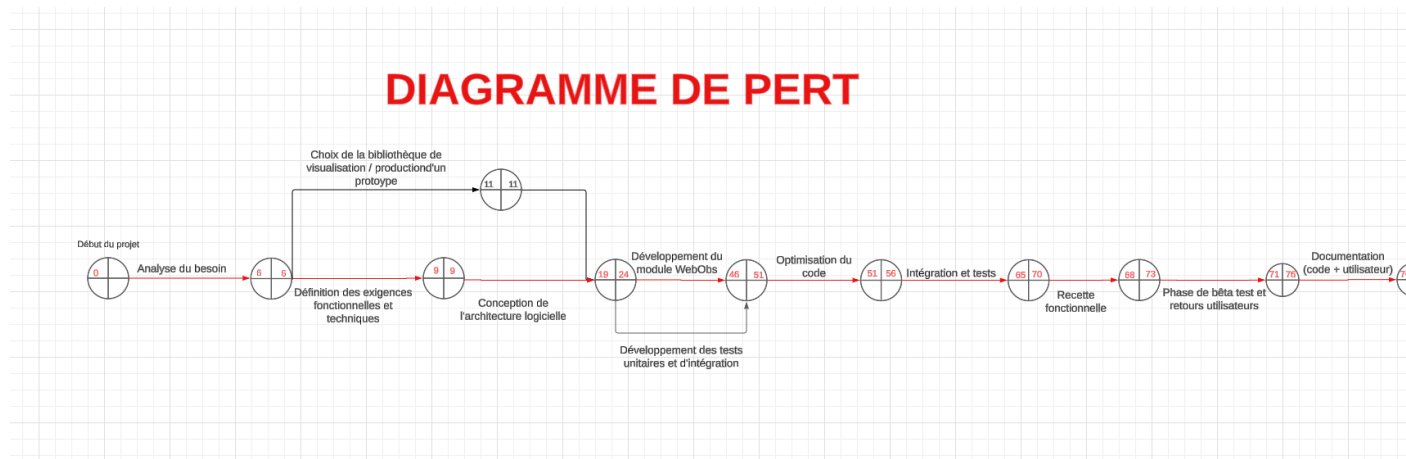


FIGURE 7 – Diagramme de PERT

Ensuite, il y a un planning prévisionnel [8] avec les timings pour l'exécution des tâches, mais aussi la répartition des tâches au sein de l'équipe. Les tâches en vert sont les tâches communes.

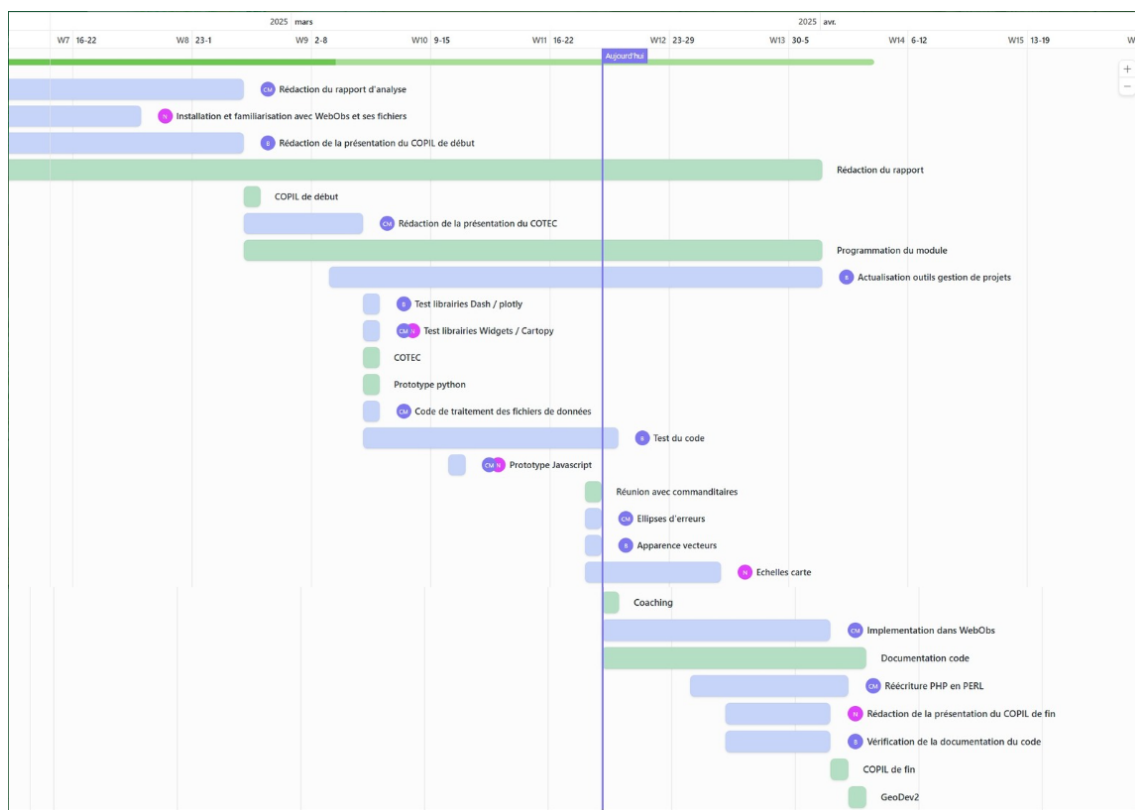


FIGURE 8 – Planning prévisionnel

6.3 Organisation

Nous avons opté pour l'utilisation de Google Drive pour stocker tous les fichiers pour la gestion du projet comme les captures d'écran des différents diagrammes, tandis que GitHub a été choisi pour le code, facilitant ainsi la répartition des tâches et l'implémentation dans le code existant. Par ailleurs, la communication avec nos commanditaires se fait pour l'instant directement à l'IPGP ce qui facilite les discussions.

7 Conclusion et résultat

Pour conclure, nous devons développer une solution informatique de représentation dynamique pour répondre au besoin des chercheurs de l'IPGP. Nous travaillerons uniquement côté client et la principale difficulté sera de s'adapter au logiciel WebObs existant pour y intégrer notre module.