

## Conception d'un système de géolocalisation et de suivi des véhicules à l'aide de technologies GSM/GPRS/GPS

### [ Design of a geolocation and vehicle tracking system using GSM/GPRS/GPS technologies ]

*Ilunga Mbuyamba Elisée and Kabuyaya Bahavira Patrick*

Institut Supérieur de Techniques Appliquées (ISTA), Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**ABSTRACT:** This work focuses on the design and implementation of a computer system capable of tracking the position of a vehicle in real time and recording its different positions during a journey. Thanks to such a system, the owner of the vehicle will be kept informed of the various past locations of his vehicle but also of other additional information which will be provided to him by the system, for example the total distance traveled by the vehicle, etc. To succeed in designing such a system, we used two technologies: GPS and GSM (GPRS). GPS is a technology that, thanks to a constellation of satellites orbiting the earth, allows us to obtain the geographical location of a place (or geographical coordinates including latitude, longitude and altitude). GSM, on the other hand, refers to the cellular network which serves as a transmission medium for conveying the geographical coordinates freshly collected. Concretely, the vehicle will be equipped with an embedded system consisting of an Arduino card, a GPS chip and a GSM/GPRS expansion card. This on-board system will send the geographical coordinates to a computer server in which is installed a database intended to store this data. Thanks to a web application linked to this database, the owner will be able to track his vehicle.

**KEYWORDS:** Geolocation, GPS, GPRS, GSM.

**RESUME:** Ce travail s'intéresse à la conception et la réalisation d'un système informatique capable de suivre la position d'un véhicule en temps réel et d'enregistrer ses différentes positions lors d'un parcours. Grâce à un tel système, le propriétaire du véhicule sera tenu au courant des différents emplacements passés de son véhicule mais aussi d'autres informations supplémentaires qui lui seront fournies par le système par exemple la distance totale parcouru par le véhicule, etc. Pour parvenir à concevoir un tel système nous avons eu recours à deux technologies: le GPS et le GSM (GPRS). Le GPS est une technologie qui grâce à une constellation de satellites en orbite autour de la terre nous permet d'obtenir l'emplacement géographique d'un lieu (ou coordonnées géographiques incluant la latitude, la longitude et l'altitude). Le GSM quant à lui fait référence au réseau cellulaire qui nous sert de support de transmission pour acheminer les coordonnées géographiques fraîchement recueillies. Concrètement, le véhicule sera équipé d'un système embarqué composé d'une carte Arduino, d'une puce GPS et d'une carte d'extension GSM/GPRS. Ce système embarqué enverra les coordonnées géographiques vers un serveur informatique dans lequel est installée une base de données prévu pour stocker ces données. Grâce à une application web reliée à cette base de données, le propriétaire pourra faire le suivi de son véhicule.

**MOTS -CLEFS:** Géolocalisation, GPS, GPRS, GSM.

### 1 INTRODUCTION

Avec l'expansion du trafic routier dans le monde et en particulier dans notre pays la RDC, il est tout à fait évident que des entreprises et des particuliers sont à la recherche de moyen de suivi par géolocalisation de leurs flottes de véhicules dans le but d'optimiser leurs performances et permettre une aide à la décision rapide. La géolocalisation est un procédé permettant de positionner un objet, un véhicule, ou une personne sur un plan ou une carte à l'aide de ses coordonnées géographiques (la longitude, la latitude et même parfois l'altitude) [1].

L'autre des grands problèmes qui se pose ici c'est aussi l'absence de sauvegarde des données de géolocalisation ce qui entraîne l'inexistence d'archives ou historique pour une consultation ultérieure dans le cadre d'une enquête par exemple. Parmi ces données à sauvegarder et manipuler, nous pouvons énumérer: l'emplacement des véhicules en temps réel, l'historique des itinéraires empruntés par ces véhicules, le temps et la distance effectués lors d'un trajet, etc. Sans ces informations, il est clair que les entreprises et les particuliers ont du mal à avoir un rapport détaillé et personnalisé sur les informations en rapport avec le déplacement de leurs véhicules (rapport kilométrique, routes empruntées, etc.).

Notre hypothèse ici est que le temps et le travail de logistique en rapport avec les véhicules serait grandement réduit si le logisticien ou même le propriétaire avait en sa possession des rapports de navigation fournis en temps réel et même quotidiennement par un système informatique. Grâce aux données fournies par un tel système informatique, il pourrait prendre des décisions adaptées afin de garantir une meilleure gestion de sa flotte de véhicule. Une autre hypothèse, toujours en lien avec la précédente, serait que grâce à un tel système informatique qui enregistre des données de géolocalisation de véhicule, une entreprise ou même un particulier pourra les utiliser afin de mener des enquêtes sur les déplacements de ses véhicules.

L'objectif poursuivi est de mettre en œuvre un ensemble de ressources matériels et logiciels qui travailleront en interaction pour permettre le suivi et la gestion des données de géolocalisation qui résulteront de la navigation ou du déplacement d'une flotte de véhicule. Ce système devra répondre aux attentes des consommateurs tout en liant performance, intégrité et confidentialité des données. L'objectif d'un tel système sera donc de fournir régulièrement grâce à une plateforme web accessible grâce à un navigateur web, des rapports détaillés sur les données en rapport avec la navigation des véhicules (comme la distance parcourue après une journée, le temps passé par le véhicule sur les routes, etc.) et de stocker ces données dans une base de données en ligne durant une période relativement longue. Ces données seront accessibles en permanence par le propriétaire des véhicules grâce à son compte sur la plateforme web. L'un des objectifs ici est aussi de fournir des informations fiables et véridiques aux propriétaires des véhicules qui pourront s'y fier en toute sérénité.

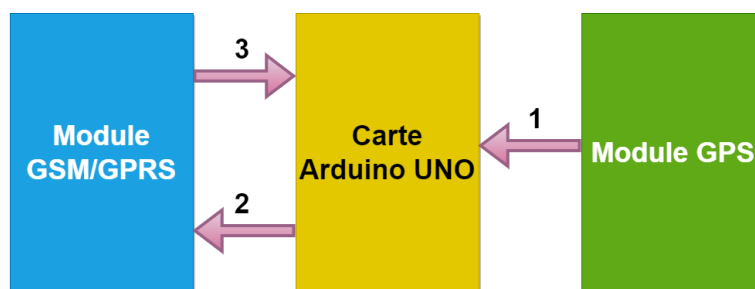
L'apport de ce système réside dans le fait qu'il offrira aux entreprises et particuliers un moyen simple et rapide d'avoir accès aux rapports détaillés des déplacements de leurs véhicules sans pour autant fournir beaucoup d'efforts. Les données de géolocalisation étant sauvegardées et accessibles grâce à un navigateur web, ils pourront servir de preuves par exemples pour certaines enquêtes ou travaux d'investigation.

## 2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 MONTAGE D'UN SYSTÈME EMBARQUÉ DESTINÉE À EXTRAIRE LES COORDONNÉES GPS

Les systèmes embarqués sont des systèmes électroniques et informatiques autonomes, construits pour effectuer des tâches précises [2]. Un système embarqué sera placé dans le véhicule. Son but principal est de récupérer les coordonnées géographiques des différents emplacements du véhicule ainsi que de les envoyer vers un serveur distant. Pour y parvenir, il sera composé d'un microcontrôleur, d'une carte d'extension GSM/GPRS et d'une puce GPS.

La Figure 1 présente le schéma de principe de notre système embarqué:



#### Légende:

1. Envoi des données GPS vers le microcontrôleur
2. Envoi des informations vers le module GSM/GPRS pour transfert vers le réseau
3. Réception de certains paramètres et commandes venant du réseau cellulaire

Fig. 1. Schéma de principe illustrant la communication entre le module GSM/GPRS, le module GPS et la carte Arduino

Trois technologies sont donc à l'œuvre ici: le GPS pour le positionnement, le GSM et GPRS comme support de transmission via le réseau cellulaire. Le microcontrôleur abritera le firmware qui fera fonctionner tout le système embarqué. Concrètement, nous utiliserons un microcontrôleur Atmega328p de la famille des AVR placé sur une carte Arduino. Il sera programmé grâce à l'environnement de développement intégré (IDE) Arduino via le langage C++. La puce GPS est reliée au système de géolocalisation et navigation par satellites GPS (pour Global Positioning System). Le GPS est constitué d'une constellation de 24 satellites américains qui fournissent les coordonnées géographiques à un récepteur sur terre [3]. Un système de géolocalisation et de navigation par satellites est un système de positionnement basés sur des signaux émis par des satellites en orbite autour de la terre et couvrant l'entièreté de la terre. Ce système fourni à un récepteur sa position géographique, sa vitesse de déplacement et l'heure [4]. C'est grâce au GPS que nous obtiendrons les coordonnées géographiques du véhicule.

La carte d'extension GSM/GPRS permettra à notre système embarqué d'envoyer les coordonnées géographiques vers une base de données via le réseau cellulaire comme moyen de transmission.

La norme de téléphonie mobile GSM (Global System for Mobile communication) est un réseau commuté constitué de circuits c'est-à-dire des ressources allouées pour la totalité de la durée de la conversation. Il se repose sur un système de cellule qui veut que la zone de couverture soit divisée en cellules avec chacune ses propres fréquences [5]. Le GSM est une norme développée lors des années 80 et 90 et est toujours en évolution jusqu'aujourd'hui [6]. Toutefois afin de transmettre des données de notre système embarqué vers notre serveur, nous aurons besoin d'utiliser une extension du GSM appelé GPRS (General Packet Radio Service). Le GPRS est un réseau à commutation de paquet qui nous permet d'envoyer des données avec un débit plus élevé.

## 2.2 CRÉATION D'UNE PLATEFORME WEB POUR LE SUIVI DES VÉHICULES

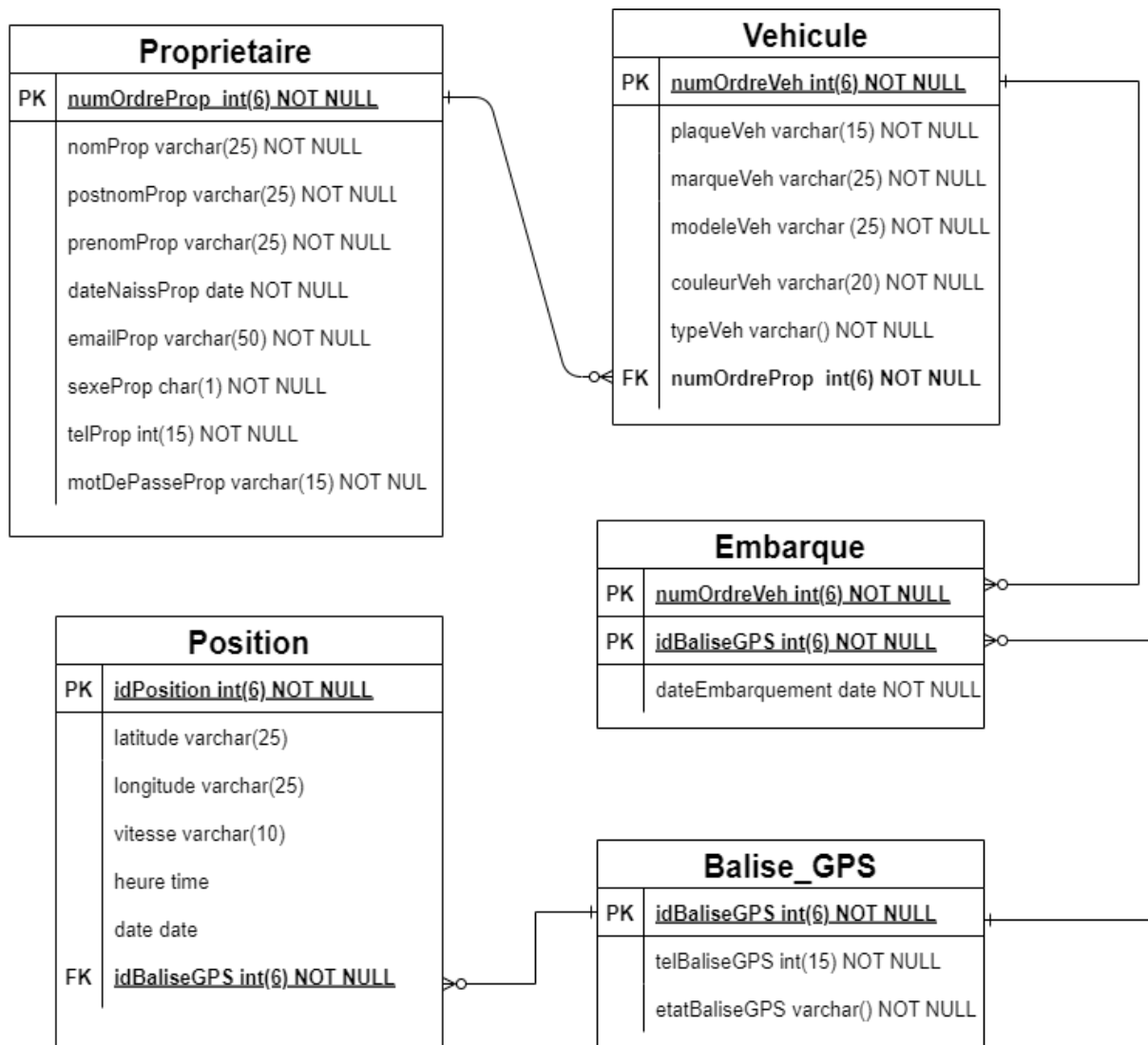
Le système embarqué étant capable d'envoyer les données de géolocalisation dans une base de données distante, il nous faut dès à présent concevoir une plateforme web qui permettra au propriétaire du véhicule d'être tenu informé en temps réel des déplacements de son véhicule. L'application web sera hébergée sur le serveur et le propriétaire du véhicule pourra y accéder simplement grâce à son navigateur. Cette plateforme web constitue la deuxième grande partie de notre système et est complémentaire mais aussi dépendante du système embarqué.

Pour la réalisation de notre serveur, nous utiliserons un serveur Apache avec PHP comme langage coté serveur. Les cartes qui seront affichées pour visualiser l'emplacement du véhicule seront générées grâce à l'API Leaflet. Leaflet.js est une bibliothèque JavaScript Open Source qui facilite le déploiement de cartes sur une page Web [7]. Pour la base de données, nous utiliserons le système de gestion de bases de données relationnelle MySQL.

Notre base de données sera composée de 5 tables:

- Propriétaire: qui réunira les informations sur le propriétaire du véhicule
- Vehicule: qui réunira les informations du véhicule
- Balise\_GPS: qui regroupera les informations sur le système embarqué dans le véhicule
- Position: c'est dans cette table que seront insérées les données venant du système embarqué (latitude, longitude, vitesse, heure, etc)
- Embarque: cette table nous permet de savoir quel système embarqué est installé dans tel ou tel véhicule

Les données provenant du système embarqué seront envoyées au serveur par la méthode GET. Au niveau du serveur un script se chargera d'afficher ses données sur une interface en temps réel et aussi stocker ces données dans la base de données conçues à cet effet. La Figure 2 donne l'illustration du schéma relationnel de notre base de données:



PK: Primary Key (clé primaire)

FK: Foreign Key (clé étrangère)

Fig. 2. Schéma relationnel de la base de données

### 2.3 FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME

Notre système sera constitué de deux sous-systèmes: un système embarqué qui jouera le rôle d'une balise GPS avec pour objectif de recueillir les coordonnées GPS du véhicule et de les transmettre à notre deuxième sous-système. Ce dernier sera une plateforme web (composé d'un serveur et d'une base de données) qui aura pour but de traiter les données de navigation du véhicule afin de les mettre à disposition d'un utilisateur qui pourra y accéder grâce à un navigateur web. Le schéma de principe de notre système est illustré par la Figure 3.

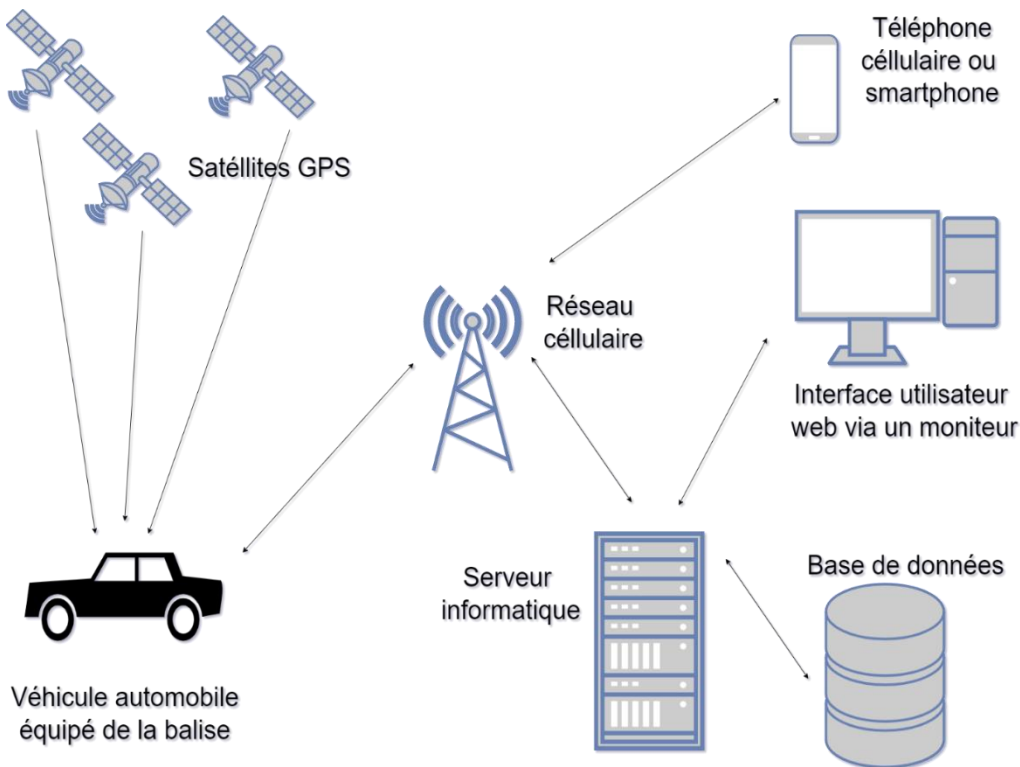


Fig. 3. Schéma de principe du système

### 3 RÉSULTATS

#### 3.1 TESTS DE LA CONNEXION GPS

Le module GPS NEO-6m reçoit les données GPS sous forme de trame selon la norme NMEA 0183. La norme NMEA 0183 est une spécification pour la communication entre équipements électroniques marins (GPS, radar, girouette, pilote automatique,...). Elle est définie et contrôlée par la National Marine Electronics Association (NMEA), association américaine de fabricants d'appareils électroniques maritimes [8]. Dans le cas d'un GPS, les trames sont transmises en boucle sous la forme d'une suite de caractères ASCII, tous imprimables.

La Trame GPS selon la norme NMEA 0183 affichée sur le moniteur série de l'IDE Arduino se présente de la manière suivante:

```
$GPGGA,123519,-4.390659,S,15.237638,E,1.69,1.05,0.9,515.4,M,26.9,M,091122, , *42
```

Nous remarquons que toutes ses données ne nous sont pas nécessaires. Nous avons seulement besoin de l'heure, la date, la latitude, la longitude, la vitesse. Afin d'extraire les données qui nous intéressent, nous utiliserons la bibliothèque logicielle Arduino nommée « TinyGPS++ ». Elle nous permettra d'extraire nos données utiles de la trame NMEA. Elle nous permettra aussi de convertir ces données au format requis pour la base de données. Nous aurons besoin de l'heure en format HHMMSS, la date en format JJMMAA et la vitesse en Km/h. Les lignes de code pour l'extraction des données GPS sont présentées dans la Figure 4.

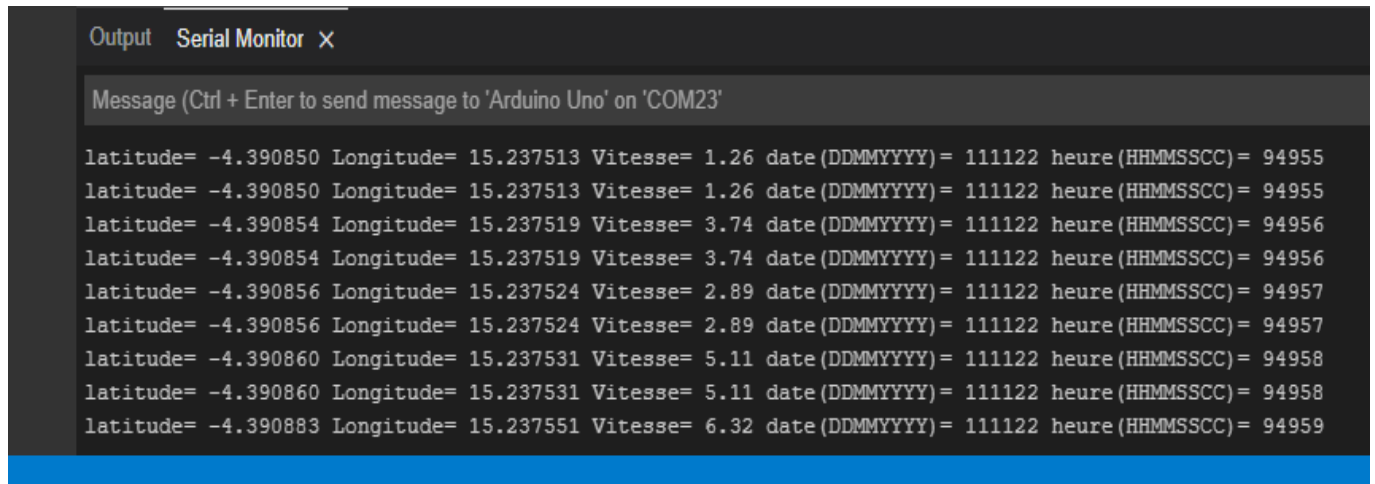
```
latitude = gps.location.lat();
longitude = gps.location.lng();
vitesse = gps.speed.kmph();
date = gps.date.value();
timeGPS = gps.time.value();
```

Fig. 4. Lignes de code pour l'extraction des données GPS

Explication du code:

- >>> gps.location.lat (): nous donne la latitude en degré;
- >>> gps.location.lng (): nous donne la longitude en degré;
- >>> gps.speed.kmph (): nous donne la vitesse en kilomètre par heure;
- >>> gps.date.value (): nous donne la date en format JJMMAA;
- >>> gps.time.value (): nous donne l'heure complète en format HHMMSS.

La Figure 5 montre les données reçues par notre module GPS et traitées par notre librairie telles qu'elles sont affichées par le moniteur série:



*Fig. 5. Réception des données GPS sur le moniteur série du logiciel Arduino via la liaison série*

### 3.2 APPLICATION WEB

Du côté de l'application web, la base de données est fonctionnelle et répond à nos attentes. Le propriétaire du véhicule que nous appellerons communément utilisateur de l'application web peut créer et gérer son compte, ajouter des véhicules dans son compte et les gérer.

C'est grâce à l'application web que le propriétaire pourra effectuer le suivi des déplacements de son véhicule. L'application web est composée d'un très grand nombre d'interfaces. Ces interfaces sont conçues pour permettre à l'utilisateur d'interagir avec le système tout entier. Découvrons certaines interfaces de l'application web.

Tout d'abord, le préalable pour accéder à la plateforme c'est d'avoir un compte. Si l'utilisateur ne possède pas de compte, il peut en créer grâce à l'interface de création de compte. Sur cette interface de création de compte, l'utilisateur va insérer son identité et choisir son mot de passe (Voir Figure 6). Lorsque le compte est créé, l'utilisateur accède directement à la plateforme. Dorénavant, il y accèdera juste en entrant son mail et son mot de passe.

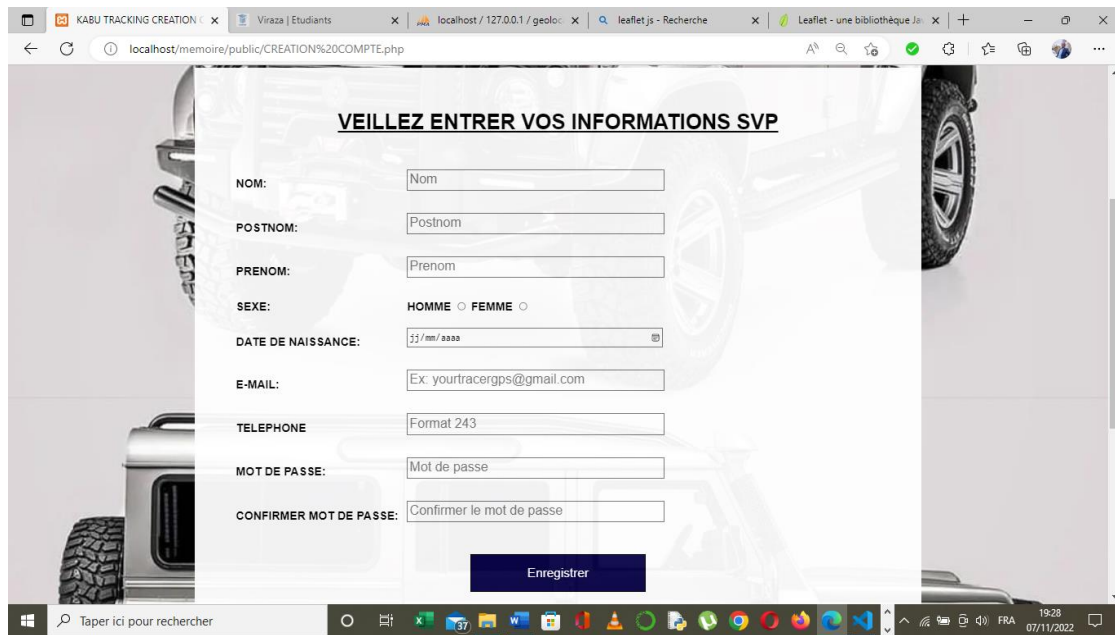


Fig. 6. Interface de création de compte

Après s’être connecté à l’application web en entrant son mail et son mot de passe (ou juste après la création de son compte), l’utilisateur se retrouve directement devant l’interface de géolocalisation des véhicules en temps réel. Il s’agit là de la page qui s’affiche automatiquement après la connexion au compte. Les voitures du propriétaire sont affichées sur une carte par un marqueur bleu comme illustré dans les Figure 7 et 8.

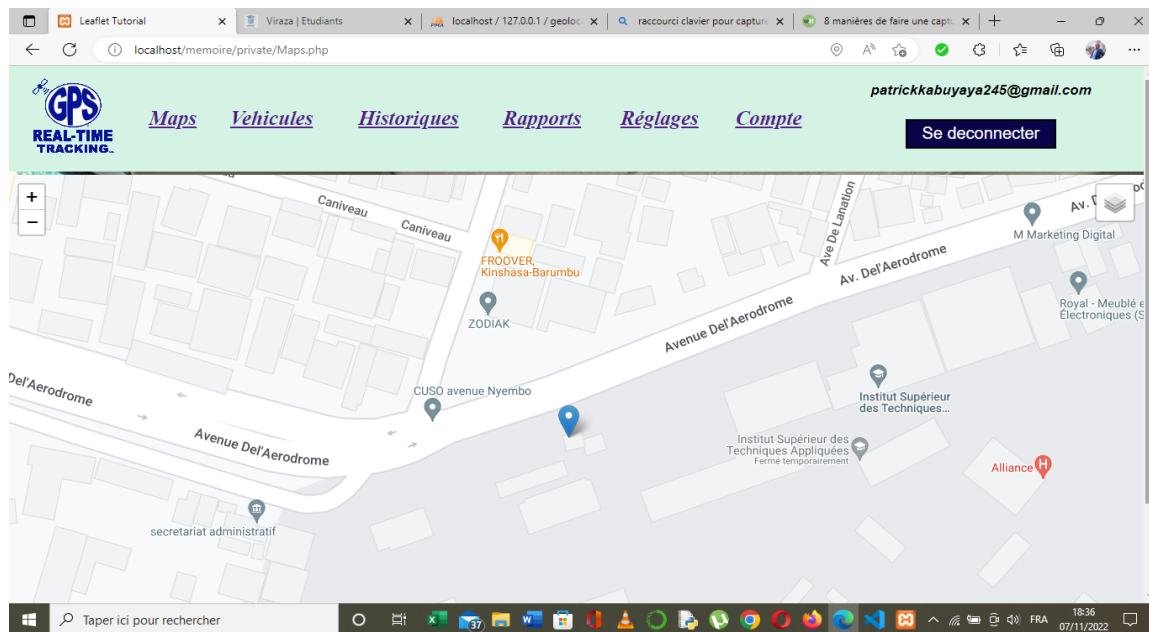


Fig. 7. Interface de géolocalisation du véhicule en temps réel (sur PC)

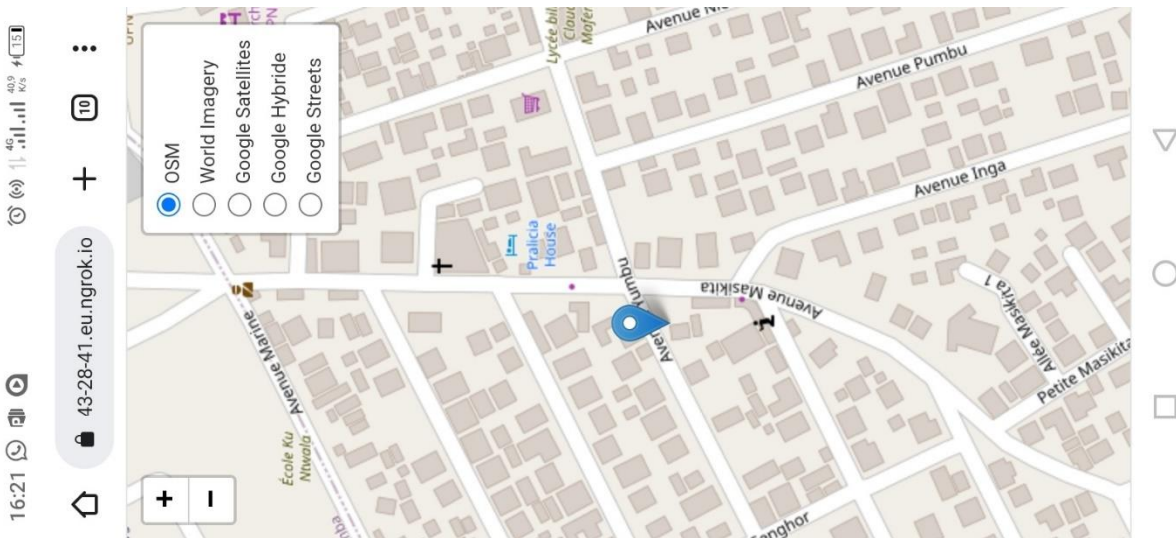


Fig. 8. Interface de géolocalisation du véhicule en temps réel (sur PC)

L'utilisateur peut choisir quel type de carte il préfère (image satellite, google Streets, etc). La carte étant dynamique, dès que le véhicule bouge le marqueur du véhicule bouge aussi. L'utilisateur a aussi la possibilité d'afficher sa propre position.

Afin de gérer ses véhicules, une interface nous permet de voir mais aussi de modifier les informations des véhicules en notre possession. Il s'agit de l'interface de gestion de véhicule (Voir Figure 9). Sur cette interface, en cliquant sur le bouton ajouter un véhicule, un formulaire d'ajout de véhicule lui sera affiché. S'il clique sur le bouton modifier, il pourra modifier les informations du véhicule dont les informations se situaient sur la ligne que le bouton.

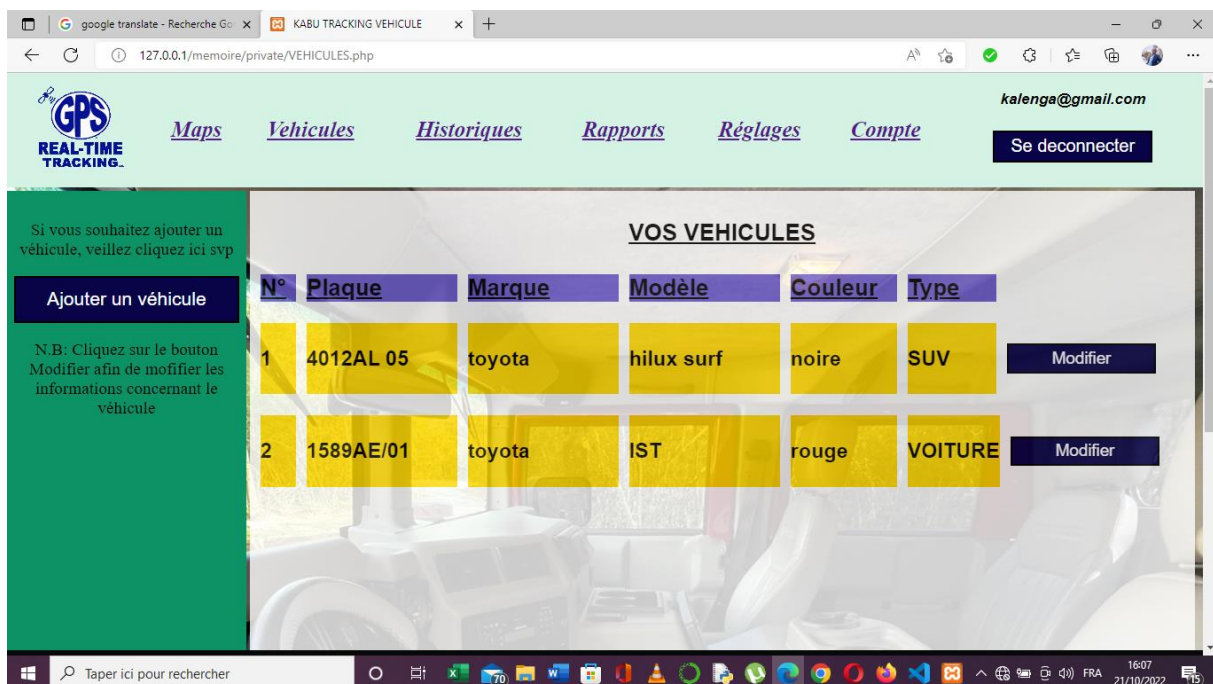


Fig. 9. Interface de gestion de véhicule de l'application web

Le suivi du véhicule en temps réel grâce à l'application web est totalement effectif. L'application web permet même à l'utilisateur de voir aussi son emplacement en temps réel. Il peut également voir l'historique de déplacement de son véhicule. Pour se faire il se dirige vers l'interface historique présentée dans Figure 10, puis entre la date, l'heure et choisit le véhicule cible.



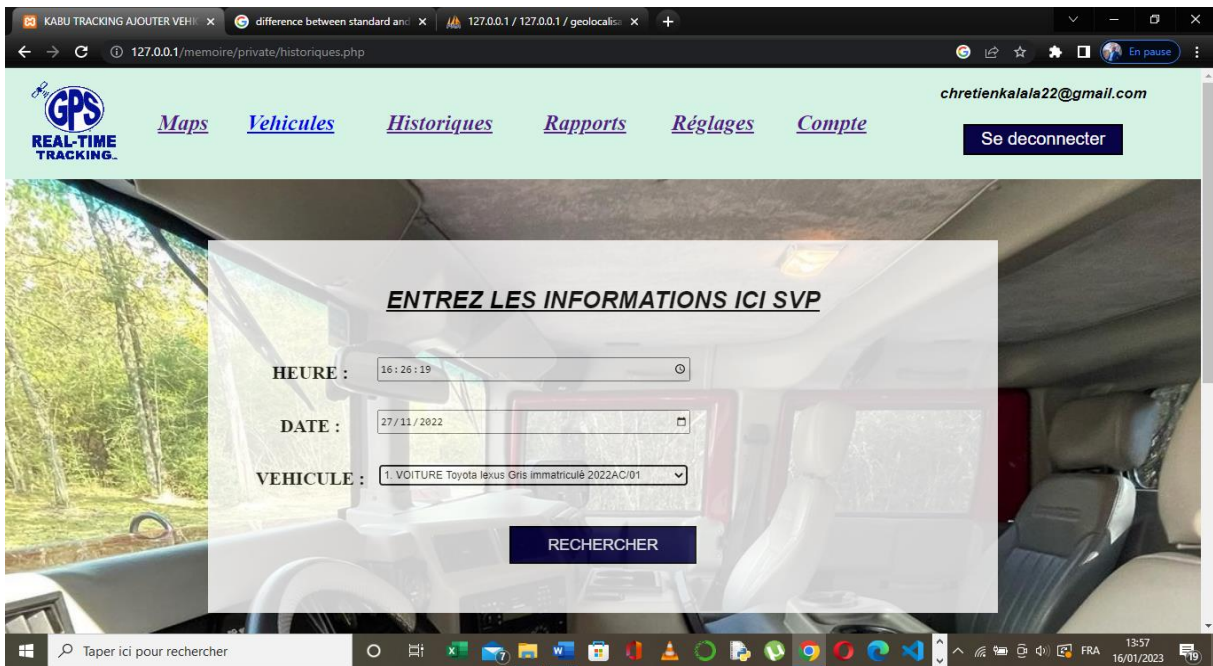


Fig. 10. Formulaire de recherche d'emplacement du véhicule sur l'interface historique

Après avoir entré ces informations sur le formulaire et cliqué sur rechercher, l'application web lui affiche le résultat sur une carte comme dans la Figure 11.

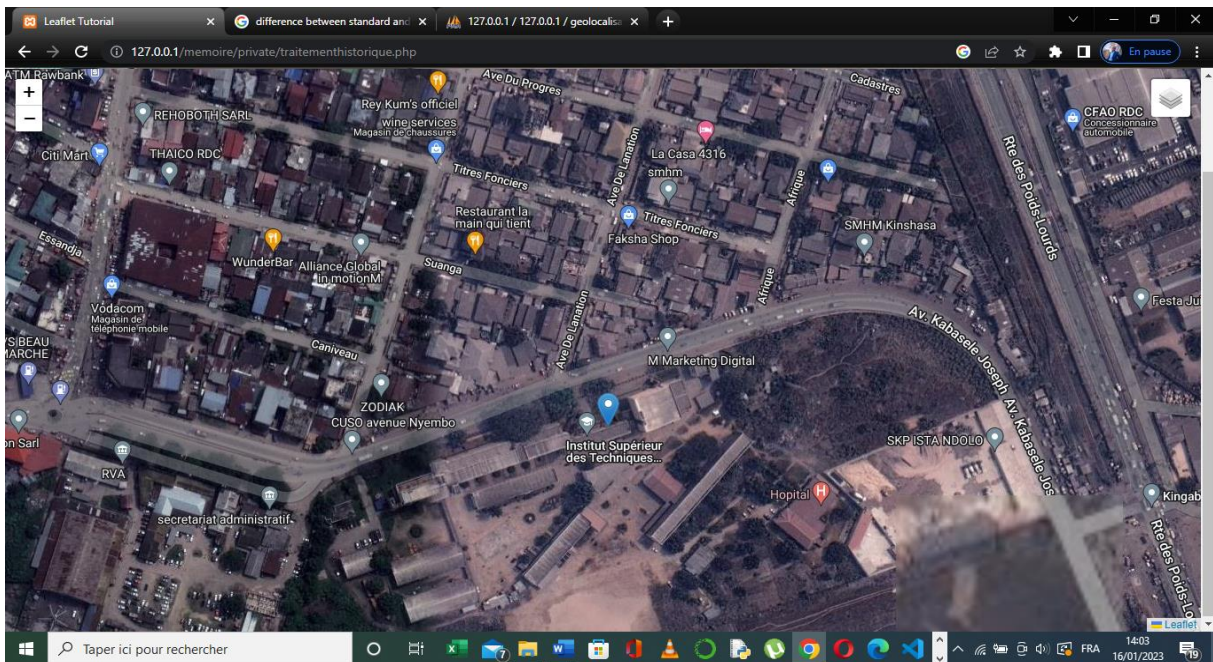


Fig. 11. Résultat de la recherche de l'emplacement du véhicule

#### 4 DISCUSSION

Toutefois malgré les avantages que peuvent offrir le système, beaucoup de problèmes sont à signaler et d'amélioration sont à suggérer.

Voici quelques points pertinents à soulever:

- La puce GPS a une précision variable, environ une dizaine de mètres selon nos observations. Cela entraîne une erreur dans le vrai emplacement du véhicule sur la carte. Cela induit aussi des erreurs lors du calcul de la distance parcouru par le véhicule

**Proposition:** Utiliser des puces GPS plus précises donc plus chère avec une précision plus ou moins inférieure à 5 mètres.

- Le signal du réseau cellulaire n'est pas toujours constant (rarement nous connaissons des perturbations) ce qui risque d'omettre l'insertion de certaines données dans la base de données
- Le réseau cellulaire étant notre support de transmission, si le véhicule donc le système embarqué s'éloigne de la zone de couverture cellulaire, il deviendra donc impossible de transmettre les informations vers le serveur

**Proposition:** Prévoir l'utilisation à l'avenir d'un autre support de transmission avec une couverture plus large.

- Vu l'importance et la pertinence des données stockées dans la base de données. Des moyens doivent être mis en jeu pour garantir la sécurité de ces données
- Les données GPS étant envoyées avec une fréquence élevée, cela entraîne une augmentation rapide du volume des données. Procédons par un calcul pour démontrer cela

Une occurrence ou entrée dans la table position de la base de données (table qui accueille les données de GPS envoyées par le système pèse environ 16ko. Si notre fréquence est d'une entrée chaque seconde nous aurons:

$$16\text{ko} * 60 * 60 * 24 = 1382400 \text{ ko} = 1.32 \text{ Go /jour/véhicule}$$

Si pour chaque véhicule nous avons ce volume de données, après peu de jour nous nous retrouverons avec un volume colossal de données.

**Proposition:** D'abord opter pour un serveur avec beaucoup d'espace de stockage disponible ensuite essayer de mieux ajuster la fréquence d'envoi des données GPS vers la base de données afin d'économiser du stockage.

- Vu que les données sont envoyées en permanence dans la base de données et visualisées en temps réel, le trafic des données dans notre application web risque d'être très élevé. La latence ne devra pas être longue sinon l'expérience utilisateur risquera d'être désastreuse

**Proposition:** il serait plus judicieux d'opter pour un hébergement dédié.

#### 5 CONCLUSION

Tout au long de ce travail, nous avons compris comment grâce à l'utilisation combinée des technologies GPS, GSM et GPRS nous pouvons suivre un véhicule à la trace. Pour y parvenir, nous avons dû concevoir et réaliser un système embarqué qui sera installé dans un véhicule à suivre. Ce système embarqué aura pour objectif de recueillir les coordonnées géographiques du véhicule en temps réel et les envoyer vers une base de données distante. Un serveur a été programmé afin de traiter les informations stockées dans la base de données. Grâce à un compte sur une application web, l'utilisateur peut avoir accès aux informations en lien avec son véhicule. L'application web permet à l'utilisateur d'avoir des rapports sur les déplacements de son véhicule.

Tel que le système a été conçu, il peut être utilisé par plusieurs services de sécurité notamment la police ou l'armée et même toute entreprise intéressée par la géolocalisation des véhicules. Toutefois des améliorations peuvent être apportées sur ce système afin de répondre à des besoins plus vastes.

#### REMERCIEMENTS

Nos remerciements à l'Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Kinshasa (ISTA-Kin) pour le soutien et l'accompagnement dans nos recherches.

## REFERENCES

- [1] PHENGSAVATH Philippe, « Géolocalisation », Marseille, 2011.
- [2] AMARA Wissam, « Conception et réalisation d'une application de suivi ».
- [3] Luc AEBI, « Découvrir l'univers du GPS & Exploiter son potentiel », Edition INLIBROVERITAS, France, 2007.
- [4] LUBAC Bertrand, « LOCALISATION PAR SATELLITES: LE SYSTEME GPS », cours, Université de Bordeaux, 2013.
- [5] C. DEMOULIN, M. VAN DROOGENBROECK. « Principes de base du fonctionnement du réseau GSM ». Revue de l'AIM, pages 3–18, N 04, 2004.
- [6] P. Brisson, P. Kropf, « Global System for Mobile Communication », Université de Montréal.
- [7] Malcolm Maclean, « Leaflet tips and tricks Interactive maps made easy», Leanpub Books, 2014.
- [8] Thierry VAIRA, « la norme NMEA 0183 », la salle Avignon, page 1, 2016.