

# Localisation des bus “Dakar Dem Dikk” basée sur le *Web-mapping*

Bassirou Kassé, Abdoulaye Kama, Moussa Diallo, and Bamba Gueye

Université Cheikh Anta Diop,  
Dakar, Sénégal

**Abstract.** La région de Dakar, capitale du Sénégal, regroupe 20% de la population et concentre 80% des activités économiques du pays. Cette forte concentration humaine et la disposition géographique particulière sont les responsables d'un engorgement croissant, surtout aux heures de pointe, un véritable défi pour les sociétés de transport public comme privé. Le manque de ponctualité et l'attente longue au niveau des arrêts de bus sont les grandes préoccupations de la société nationale de transport “Dakar Dem Dikk” (*DDD*). Dans nos travaux antérieurs, nous avons proposé une plateforme appelée “*DDDT*” (Dakar Dem Dikk Tracking) où les voyageurs envoient des “*SMS*” pour obtenir en retour, toujours par *SMS*, des informations concernant la position du bus ciblé. Cependant, le nombre de *SMS* envoyé par le serveur, en réponse aux différentes requêtes des voyageurs, est trop important. Le coût de ces *SMS* devient important. C'est pour cette raison que nous proposons dans ce papier une amélioration de “*DDDT*”. La nouvelle plateforme est basée sur le *Web-mapping*. Ainsi, les voyageurs vont recevoir le positionnement géographique des bus à travers *Google maps*.

**Key words:** Internet des objets, Géolocalisation, Réseaux cellulaires

## 1 Introduction

La région de Dakar, qui est une péninsule, est la région la plus petite et la plus peuplée du Sénégal. La population est estimée approximativement à 4 millions d'habitants pour une région de  $550\text{km}^2$ . Au cours des dernières décennies, nous constatons une forte croissance démographique. En effet, elle concentre 80% des activités économiques et dont la plupart des infrastructures urbaines sont situées à Dakar-centre-ville.

Tous les jours, les travailleurs se rendent à Dakar-centre-ville. Ainsi, nous avons le chaos pendant les jours de travail. Ce dernier est accentué par l'augmentation de nouveaux véhicules privés et clandestins, utilisés comme moyen de transport public. Par conséquent, les embouteillages augmentent et le temps perdu peut aller jusqu'à 4 heures durant les heures de pointe, de Dakar-centre-ville vers la banlieue.

Pour surmonter ces difficultés, un système de transport intelligent devrait être utilisé par la société *DDD* [1] [2] [3][4].

Ainsi, Kasse et al [4] proposent un système d'information “*Dakar Dem Dikk Tracking*” (*DDDT*) basé sur l'utilisation des "Short Message Service" (*SMS*). Le passager d'autobus envoie une requête *SMS* au serveur contenant : *nom du bus, le numéro d'arrêt de bus et la direction visée*. Le serveur fait le traitement et ensuite répond par *SMS* au passager, en fonction de sa position, le nombre d'arrêts restant ainsi que la distance géographique entre sa position et le bus ciblé.

Cependant, les *SMS* coûtent cher. Ils varient de 5 à 25 francs CFA selon l'opérateur. Par conséquent *DDDT* présente un coût d'utilisation important. En outre, Il est peu convivial et pas commode pour certaines personnes. Ainsi, notre objectif est de proposer aux voyageurs un système d'information plus ergonomique et à faible coût basé sur le *Web-mapping*.

Le *Web-mapping* ou la diffusion des cartes via le réseau Internet, est un domaine en pleine expansion grâce au développement des solutions *Web-Open Source*. L'approche du *Web-mapping* est adaptée à un public large non spécialiste. D'une part, elle fournit une interface simple, conviviale, ergonomique, orientée. D'autre part, le web-mapping offre un *Système d'Information Géographique (SIG)* en ligne, accessible par une connexion à faible débit, rapide. Enfin, son utilisation est indépendante des navigateurs.

L'architecture du système *DDDT web-maping* proposée est basée sur des capteurs *GPS* (“*Global Positioning System*”), les réseaux mobiles qui reliaient la position des autobus et *Google maps* [5] pour l'affichage de la position des autobus. L'application est testée sur la ligne 10 de *DDD*, entre le terminus nommé *Liberté 5*, l'arrêt de bus de “*Ecole Supérieure Polytechnique*” (*ESP*) et le terminus nommé *Palais*.

L'article est subdivisé en 5 sections, comme suit. Dans la section 2, nous présentons l'état de l'art. A la section 3, nous décrivons les différentes composantes de l'architecture du système. Ensuite, nous présentons dans la section 4 les résultats obtenus avec l'application *Web-mapping*. Enfin, la section 5 conclut ce travail.

## 2 Etat de l'art

Les attentes longues aux arrêts bus découragent les voyageurs et les rendent réticents à prendre l'autobus. L'objectif principal du système de tracking de voitures, basé sur le *GPS*, est l'obtention d'informations sur la position des véhicules en temps réel, c'est à dire la distance et l'heure d'arrivée, afin de permettre aux passagers de prendre de bonnes décisions de voyager [2].

Le cœur de tout système de transport intelligent, ainsi que toute étude portant sur ce domaine est la distance et le calcul de la vitesse. Les données *GPS* sont la source générale de ces calculs. Lors de l'utilisation des données de position *GPS* pour les calculs de vitesse, le problème se résume à nouveau au calcul de distance.

La distance la plus courte sur la surface de la terre entre deux points, de tracé *GPS A et B*, est donnée par la formule de *Haversine* [2] [6] [7]:

$$D_{AB} = 2 * R * b * \tan^{-1}(\sqrt{b}, \sqrt{1-b}) \quad (1)$$

Où  $b = \sin^2\left(\frac{\text{lat}_A - \text{lat}_B}{2}\right) + \cos(\text{lat}_A) \times \cos(\text{lat}_B) \times \sin^2\left(\frac{\text{lon}_A - \text{lon}_B}{2}\right)$

$R$  est le rayon de la terre et  $\text{lat}_A, \text{lon}_A, \text{lat}_B, \text{lon}_B$  sont respectivement la latitude et la longitude des points de tracés GPS A et B.

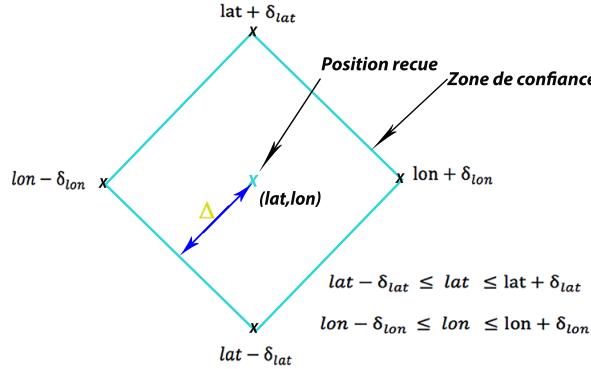


Fig. 1. Estimation de la distance géographique

Cependant la distance parcourue par un bus entre ces deux points le long de la route est souvent plus grande que celle donnée par l'équation 1. Ces deux distances sont égales si et seulement si le trajet entre ces deux points est linéaire ou très court. Ainsi, Aradhy et al [6] essayent de surmonter cette limite, en proposant une approche basée sur la micro-segmentation. Cette dernière qui subdivise le trajet en plusieurs micro-segments courts et linéaires, permet d'augmenter la précision de l'estimation de la distance. Ainsi, la distance estimée obtenue par l'ajout des micro-segments est alors plus proche de la distance réelle parcourue. La Fig. 1 représente le trajet entre deux arrêts traversés par le bus de transport DDD de ligne numéro 10. Nous pouvons facilement voir que l'approche par micro-segmentation est plus appropriée.

Par conséquent, [4] propose une technique de géolocalisation basée sur l'estimation de la distance. Il divise le trajet en micro-segments linéaires de position connue ( $\text{lat}, \text{lon}$ ) et pour chaque point de tracé GPS reçu, il définit une zone de confiance  $\delta$  où nous pouvons retrouver le point avec certitude, puis il applique un heuristic (*approche des points de repère ou approche polygone*) pour déterminer la position estimée.

La zone ou région de confiance est basée sur la méthode des losanges. Cette dernière est donnée par une surface carrée comme l'illustre la Fig. 2, où  $(\text{lat}, \text{lon})$  sont la latitude et longitude du point de tracé GPS reçu et  $(\delta_{\text{lat}}, \delta_{\text{lon}})$  sont



**Fig. 2.** Région de confiance

utilisés pour trouver les bornes de la région de confiance. Le centre du carré est le point de tracé GPS reçu et les valeurs de  $(\delta_{lat}, \delta_{lon})$  peuvent être ajustées afin d'obtenir  $\Delta$ .

En considérant la région de confiance, l'approche basée sur les points de repère réduit le temps de calcul par rapport aux travaux précédents qui vérifient la distance entre l'ensemble des points de repère [6]. Ainsi, l'ID du micro-segment est connu que si le nombre de points de repère, dans le carré, est égal à 1. Sinon, le même processus est répété en considérant  $\Delta_i < \Delta_1$  jusqu'à ce que l'ID du micro-segment soit trouvée. Dès que l'ID du micro-segment est connue, cette approche peut déterminer la position géographique estimée du véhicule.

Cependant, avec l'approche basée sur les polygones [4], l'ensemble des points de repère sélectionnés dans la zone de confiance formera les sommets d'un polygone. Ensuite, le centre du polygone est déterminé et le point de repère le plus proche, du centre de gravité du polygone, est choisi comme position estimée du bus. Le même processus que l'approche basée sur les points de repères est utilisé pour déterminer le point de repère le plus proche par rapport du centre de gravité du polygone [4].

Les deux heuristiques de géolocalisation ont été conçues et l'approche *LB* localise 70% des cibles avec une distance d'erreur inférieure à 100m [4]. Ils permettent de connaître soit les arrêts de bus restants à partir d'un arrêt de bus donné, soit la distance entre la cible et le bus.

Cependant, pour la géolocalisation basée sur l'estimation de la distance [4], la communication est basée entièrement sur l'utilisation des *SMS*. Ainsi, il existe d'autres approches qui reposent sur la technologie *Web-mapping*.

Le système de tracking multiple proposé par [8], intègre la technologie *GPS*, *GSM* et l'*API Google Maps* [5]. Il propose une plateforme hétérogène tenant compte d'une variété d'application tel que le *tracking* des véhicules, des personnes. Un dispositif *GPS* est installé dans les véhicules. Il envoie la position du véhicule grâce au réseau *GSM* vers le serveur. Ce dernier stocke les données dans une base de données. La position du véhicule peut être visualisée grâce à

une carte *Google Maps*, via l'Internet. Ce système prend en charge également le contrôle distant en temps réel, par exemple l'allumage où l'extinction du véhicule par *SMS*.

SeokJu et al [9] proposent un système de tracking utilisant un appareil, intégrant un *GPS* et une technologie *GSM/GPRS* (*Global Packet Radio Service*), embarqué dans les véhicules. Le système de *tracking* utilise le module *GPS* pour obtenir des coordonnées géographiques à des intervalles de temps réguliers. Celui du *GSM/GPRS* est utilisé pour transmettre et mettre à jour la position du véhicule dans une base de données. Une application est utilisée pour afficher la position du véhicule sur la carte *Google Maps* du Smartphone. Ainsi, les utilisateurs sont en mesure de suivre en permanence un véhicule en mouvement à la demande en utilisant l'application du Smartphone, de déterminer la distance et le temps estimé pour que le véhicule arrive à une destination donnée.

Manini et al [10] proposent “*Un système de tracking de bus basé sur du web à temps réel*”. Un module *GPS* est embarqué dans les véhicules. Il envoie les coordonnées sur la position du véhicule à des intervalles de temps réguliers par *GSM/GPRS* dans la base de données. L'utilisateur distant peut accéder à ces informations en fonction de la source et de la destination choisies. Ainsi, le serveur lui renvoie une liste de bus sélectionnés dans la base de données. Ensuite, l'utilisateur peut choisir un pour avoir la position sur la carte *Google Maps*.

SeokJu [9] et Manini [10] utilisent les mêmes approches pour l'envoi des informations de positionnement du véhicule à des intervalles de temps réguliers au serveur et l'affichage de la position du véhicule sur *Google Maps*. Cependant, elles ne permettent pas d'optimiser les *SMS* envoyés, en tenant compte des conditions routières. En effet, en cas d'embouteillage les mêmes informations sont envoyées et ces dernières ont un impact sur le coût de fonctionnement.

Par conséquent, nous visons dans ce travail d'améliorer l'approche utilisée par l'envoi des *SMS* en tenant compte des conditions routières, en se basant sur la distance parcourue.

### 3 Composants de l'architecture DDDT Web-mapping

#### 3.1 Le module d'acquisition de données - AQD

Le cœur du système d'acquisition de données (*AQD*) intègre une *carte Arduino Uno (CAU)* ou l'ensemble des composants sont reliés sur celle-ci. Le système d'*AQD* utilise un système de positionnement global (*GPS*) avec un récepteur haute performance et une antenne interne à faible consommation d'énergie : *Arduino GPS shield V.1.1 de ITead Studio*. Il peut suivre jusqu'à 20 satellites en même temps et exécute rapidement *Time-To-First-Fix (TTFF)* dans les environnements de signal faible. Le système d'*AQD* collecte à travers le *shield GPS* la latitude, la longitude, la vitesse, l'altitude et la direction du bus et les envoie ensuite à une passerelle *SMS* à travers le *shield GSM*.

L'envoi des *SMS* vers le *serveur Kannel* ne peut être périodique, en effet les conditions routières ne sont pas prévisibles, à cause des embouteillages [6] [3].

En cas d'embouteillage, il ne serait pas utile de continuer à envoyer des *SMS*. Un processus d'optimisation est utilisé pour économiser les *SMS* envoyés.

Chaque minute, le système *AQD* collecte toutes les informations liées à la position géographique du véhicule et calcule la distance parcourue. La dernière position est envoyée au *serveur Kannel*, par *SMS*, que si la distance cumulée parcourue est supérieure ou égale à 100 mètres [4].

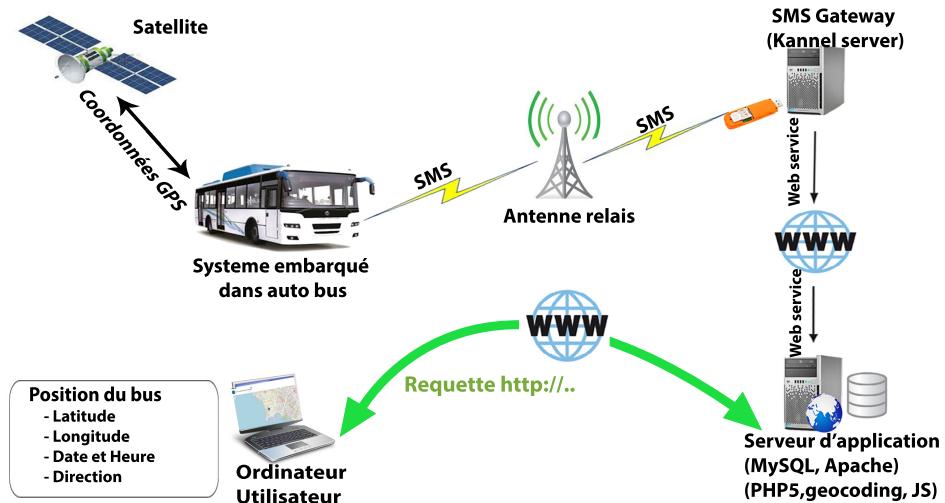


Fig. 3. Architecture DDDT Web-mapping

### 3.2 Architecture du DDDT Web-mapping

La Fig. 3 représente l'architecture du système *DDDT*, basée sur le concept de *Web-mapping*. Elle est composée de trois modules : un module bus (la carte d'acquisition de données), une passerelle *GSM* et un serveur d'application *Google maps* qui collecte et traite les données et requêtes des passagers.

La carte d'acquisition de données récupère toutes les informations liées à la position : latitude, longitude, vitesse, altitude, direction, date et heure. Ces informations sont envoyées au *serveur Kannel*. Ce dernier invoque un *service web* auprès du serveur d'application, pour l'enregistrer dans une base de données *MySQL*.

Le serveur d'application héberge les *services web* pour la collecte des données de positionnement des autobus, à partir du *serveur Kannel*. Ces données collectées sont enregistrées dans une base de données *MySQL*. Ainsi, pour chaque nouvel enregistrement ou position obtenue, un processus de *tracking* est déclenché pour déterminer la position du bus dans son itinéraire. Le résultat obtenu est enregistré dans la base de données, ensuite mappé sur une carte *Google maps*. Cette dernière est mise à jour pour chaque arrivée de nouvelle position obtenue.

La communication entre les passagers et le serveur d'application est basée sur l'Internet. Un passager d'autobus cible devrait, depuis son navigateur web, envoyer une requête *HTTP* vers le serveur application. Grâce aux derniers résultats obtenus précédemment lors des processus de *tracking*, le serveur renvoie la position de tous les autobus sur une carte *Google maps*.

## 4 Application Web-mapping

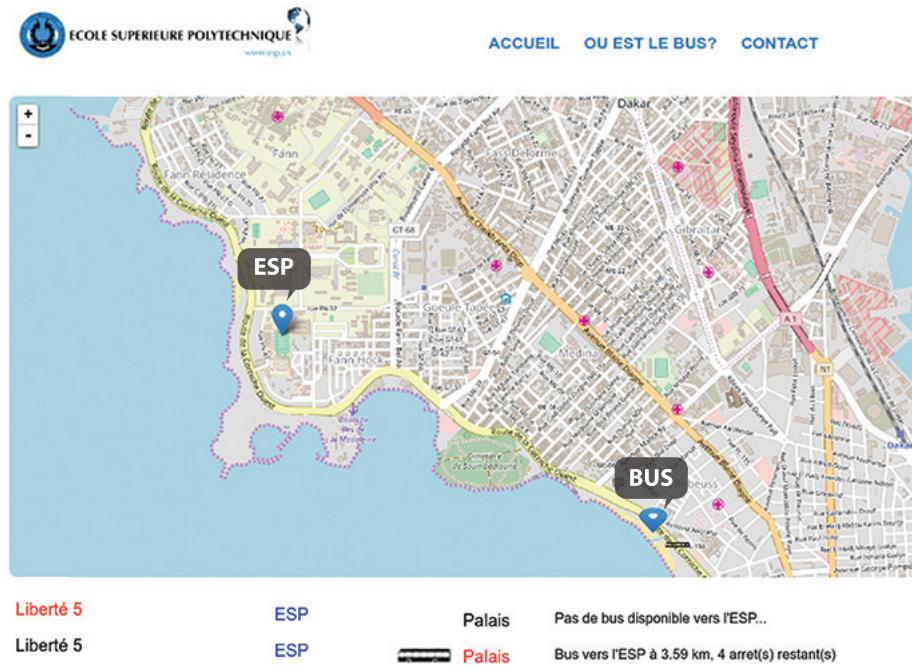


Fig. 4. L'application Web-mapping

L'application *Web-mapping* a été développée sous *PHP* avec du *JavaScript* et l'*API Geocoding* de *Google maps*. Des coordonnées *GPS* de 923 arrêts de *DDD*, sur les 24 lignes, sont stockées dans une base de données *MySQL*. Le système *AQD* collecte et envoie, toutes les minutes, la dernière position du véhicule si la distance cumulée parcourue est supérieure ou égale à 100 mètres.

Le serveur est composé d'une base de données *MySQL*, avec une adresse IP publique. Il héberge des services web pour la réception, la sauvegarde, le traitement et la mise à jour des données sur la carte.

L'application *Web-mapping* répond à une très grande variété de besoins, qui s'adresse au grand public sous la forme d'application mobile dans une logique de loisir (itinéraires, lieux à découvrir, etc.). Ainsi, à partir de la liste déroulante de

l'application ou zone de recherche, nous pouvons avoir sur la carte *GoogleMaps* l'ensemble des autobus qui sont en circulation et les informations sur les itinéraires. Elle facilite également la coordination de la société *DDD* et surtout l'anticipation sur l'annonce d'événements dont l'imprévisibilité peut coûter cher à la société.

Pour diminuer le temps d'attente des étudiants de l'*ESP* dans les arrêts de bus, sur la ligne 10 de *DDD*. Nous avons testé l'application sur cet itinéraire, entre *Liberté 5, ESP et Palais*.

Un bus de l'*ESP* équipé de système *AQD* à été déployé sur cet itinéraire. L'*AQD* envoie la dernière position du bus à une distance cumulée parcourue de 100 mètres toutes les minutes, en cas d'embouteillage toutes les 5 minutes. Ces données sont envoyées par *SMS* via le réseau *GSM* à la passerelle *Kannel*. Cette dernière invoque un service web pour les insérer dans la base *MySQL*. Ensuite le serveur d'application réceptionne, sauvegarde, traite et met à jour la base de données. Enfin les données sont mises à jour sur la carte *Google maps*.

La Fig. 4 montre qu'à partir de l'application *Web-mapping*, les étudiants peuvent connaître : la position, le nombre d'arrêt et la distance à parcourir avant d'arriver à l'*ESP*.

L'utilisation de l'application *Web-mapping* permet aux voyageurs de *DDD* d'accéder aux informations relatives à la position des bus *DDD* à partir du navigateur de leur *Smartphone* ou ordinateur à faible coût. Notre application permet de diminuer l'attente longue et le temps perdu au niveau des arrêts bus.

## 5 Conclusion

Les *informations du voyageur* ont été toujours une préoccupation pour les sociétés de transport. L'ancienne version de *DDDT* était totalement basée sur la transmission de *SMS*. Les requêtes des voyageurs ainsi que les réponses du serveur se faisaient par *SMS*.

Grâce à l'évolution de l'internet mobile et le faible coût d'accès à l'Internet, nous avons proposé une version améliorée de *DDDT* utilisant le Web-mapping. On utilise l'*API Google maps* pour permettre aux voyageurs d'accéder à l'application à partir d'Internet à faible coût. A l'aide d'un navigateur web, chaque voyageur peut connaître la position de tous les bus sur toutes les lignes de la *DDD*. Toutefois, il est important de noter que le système embarqué dans le bus envoie toujours les informations de géolocalisation au serveur par *SMS*. En effet, il existe encore des zones de Dakar mal couvertes par la *3G* alors que la *2G* (*SMS*) est présente partout.

Nous envisageons d'utiliser l'Internet par défaut dans les zones couvertes par la *3G* et dans le cas contraire le système utilisera le réseau *2G* en envoyant des *SMS*. Nous visons l'envoie d'alerte sur le téléphone des clients (arrivée à destination, distance du bus par rapport à un arrêt défini) en fonction des lignes choisies.

## References

1. K. Zhang and F. Yu, "Intelligent supervision system of passenger transport based on iot," *ICLEM 2014*, pp. 1058–1064, October 2014.
2. P. M. Bala and S. Sivaraman, "Gps based bus tracking system," *International Journal of Electronics and Communication Engineering (IJECE) ,(ICCREST'17)*, ISSN:2348-8549, pp. 151–156, March 2017.
3. R. Maruthi and C. Jayakumari, "Sms based bus tracking system using open source technologies," *International Journal of Computer Applications*, vol. 86, pp. 40–46, January 2014.
4. B. Kasse, M. Diallo, and B. Gueye., "Leveraging gps and sms-based bus tracking architecture for an efficient transportation," in *InterSol 2017, LNCS 204*, 2017.
5. "Google Maps API," <https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/>.
6. B. Aradhya, G. Pilla, and B. R. Tamma, "Microsegmenting: An approach for precise distance calculation for gps based its applications," *Intelligent Computational Systems (RAICS), 2013 IEEE Recent Advances in Trivandrum*, pp. 327–332, December 2013.
7. "Haversine Formula and Destination point given distance and bearing from start point," <http://www.movable-type.co.uk/scripts/latlong.html>.
8. Y. Kasture, S. Gandhi, S. Gundawar, and A. Kulkarni, "Multi-tracking system for vehicle using gps and gsm," *International Journal of Research in Engineering and Technology(IJRET)*, vol. 03, pp. 127–130, March 2014.
9. L. SeokJu, G. Tewolde, and J. Kwon, "Design and implementation of vehicle tracking system using gps/gsm/gprs technology and smartphone application," *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, pp. 353–358, March 2014.
10. K. Manini, M. Survase, P. Mastud, and A. Salunke, "Real time web based bus tracking system," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 03, pp. 632–635, February 2016.