

Étude Conceptuelle D'un Système Intégré De Contrôle Et De Gestion De La Vitesse, Du Tonnage Et De La Position Des Véhicules Poids Lourds Sur La Route Nationale N°1 Tronçon Kinshasa – Matadi En République Démocratique Du Congo

LUKUAKA MAKENGELE Guylain¹, MAKENGO NKESANI Sonny^{1,2}, LELO TSOBO Ephrem¹,
LUSALA SEKE Victoire¹

¹Institut Supérieur des Techniques Appliquées de Matadi / Kongo Central, République Démocratique du Congo.

²Institut Supérieur Pédagogique de Seke-Banza, Kongo Central, Kinzau-Mvuete, République Démocratique du Congo.

Auteur Correspondant : LUKUAKA MAKENGELE Guylain



Résumé. Le transport routier des marchandises constitue un élément stratégique de la mobilité et des échanges en République Démocratique du Congo. Sur l'axe Kinshasa-Matadi, la surcharge et l'excès de vitesse des poids lourds sont identifiés comme causes majeures de la dégradation accélérée de la chaussée et des accidents.[159][150]

La surveillance simultanée de la vitesse, de la charge transportée et de la position des véhicules poids lourds demeure cependant un défi technique et organisationnel.

Cette étude propose une architecture conceptuelle d'un système intégré fondé sur l'Internet des Objets, les systèmes embarqués, la géolocalisation GPS et les communications mobiles. L'architecture associe un capteur de vitesse, des cellules de charge avec module HX711, un récepteur GPS NEO-6M, un microcontrôleur ESP32, une liaison GSM/4G, un serveur central, une base de données et des interfaces mobile et web.

Les données acquises sont filtrées, horodatées, comparées à des seuils configurables et transmises à distance. Les situations d'excès de vitesse ou de surcharge génèrent des alertes en temps réel et sont conservées pour analyse.

La méthodologie repose sur une revue de littérature, l'analyse fonctionnelle des besoins et la conception d'une architecture de système. Les résultats attendus concernent l'amélioration de la surveillance, la traçabilité des déplacements, la disponibilité de données en temps réel et l'aide à la décision. La proposition constitue une base pour la réalisation et la validation expérimentale d'un prototype adapté aux contraintes techniques, énergétiques et de connectivité de la RDC.

Mots-clés : Véhicules poids lourds ; contrôle de la vitesse ; contrôle du tonnage ; GPS ; Internet des objets ; systèmes de transport intelligents ; GSM/4G.

Abstract: Road freight transport is a strategic component of mobility and trade in the Democratic Republic of the Congo. On the Kinshasa-Matadi corridor, overloading and speeding by heavy vehicles are major causes of accelerated pavement deterioration and road accidents.

However, the simultaneous monitoring of speed, transported load and vehicle position remains a technical and organizational challenge. This study proposes a conceptual architecture for an integrated monitoring and management system based on the Internet of Things, embedded systems, GPS positioning and mobile communications. The architecture combines a speed sensor, load cells with an HX711 module, a NEO-6M GPS receiver, an ESP32 microcontroller, GSM/4G communication, a central server, a database, and mobile and web interfaces.

Acquired data are filtered, time-stamped, compared with configurable thresholds and transmitted remotely. Overspeed and overload conditions can therefore generate real-time alerts and be stored for further analysis.

The methodology is based on a literature review, functional requirements analysis and system architecture design. Expected outcomes include improved monitoring, movement traceability, real-time data availability and decision support. The proposed architecture provides a basis for developing and experimentally validating a prototype adapted to the technical, energy and connectivity constraints of the DRC.

Keywords : heavy vehicles; speed control; weight monitoring; GPS tracking; Internet of Things; intelligent transportation systems; GSM/4G.

1. Introduction

Le transport routier constitue le principal support des échanges de marchandises en RDC. Avec plus de 70% du fret transitant par route, et un axe Kinshasa-Matadi qui concentre près de 80% du trafic portuaire national, la disponibilité de moyens efficaces et sûrs de transport est vitale.[162][159]

La sécurité routière demeure un enjeu mondial. Selon l'OMS, environ 1,19 million de décès sont dus aux accidents de la route chaque année, dont 27% impliquent des poids lourds en Afrique subsaharienne.[149]

Pour les poids lourds, la surveillance des paramètres opérationnels présente un double intérêt : prévenir les comportements à risque et protéger les infrastructures. Une architecture télématique peut associer des capteurs embarqués à un système de communication afin de transmettre des données vers une plateforme distante. La norme ISO 15638 fournit un cadre pour les applications télématiques collaboratives destinées aux véhicules commerciaux réglementés.[145]

Malgré les avancées, la majorité des études traite séparément le contrôle de la vitesse, le suivi GPS ou la pesée embarquée. Peu de travaux proposent une architecture unifiée intégrant simultanément ces trois fonctions, adaptée aux contraintes des pays en développement : réseau électrique instable, faible couverture 4G, et moyens limités de contrôle.[151][154]

La présente étude porte sur la conception d'un système capable d'intégrer trois paramètres : la vitesse, le tonnage et la position géographique. L'objectif général est de proposer une architecture conceptuelle permettant l'acquisition des données à bord du véhicule, leur traitement local, leur transmission et leur supervision à distance sur le tronçon Kinshasa-Matadi.

2. État des lieux du transport des poids lourds en RDC

Le transport des poids lourds constitue un maillon stratégique du système logistique de la RDC, en assurant l'acheminement des produits miniers, agricoles et commerciaux entre les zones de production, les ports et les postes frontaliers.[158]

Le système demeure toutefois caractérisé par d'importantes contraintes : état dégradé de certains axes routiers, insuffisance des ponts-bascules, surcharge chronique des véhicules, et délais aux postes de contrôle. Ces facteurs augmentent les coûts, les temps de transport et accélèrent la dégradation des infrastructures.[159][160]

Par ailleurs, l'exploitation limitée des technologies numériques constitue une faiblesse. L'absence d'un dispositif intégré permettant de connaître en temps réel la position, la vitesse et la charge des poids lourds réduit les capacités de supervision et de prise de décision des autorités.[158]

Dans cette perspective, l'intégration des technologies GPS/GNSS, IoT, réseaux mobiles et plateformes de supervision apparaît comme une approche pertinente pour moderniser la gestion du transport. Un tel dispositif permettrait d'assurer la géolocalisation, la surveillance de la vitesse et de la charge, la traçabilité des marchandises et la détection des situations anormales.[146]

3. Revue de littérature

Les Systèmes de Transport Intelligents utilisent les TIC et les systèmes embarqués pour améliorer la mobilité et la sécurité. La télématique des véhicules commerciaux repose sur l'échange de données entre les systèmes embarqués et les infrastructures.[152][145]

La position GPS, associée à un horodatage, permet de reconstruire les trajectoires. La mesure du tonnage peut être réalisée au moyen de cellules de charge associées à un conditionneur HX711 et à un microcontrôleur. Une application réglementaire exige toutefois une validation métrologique et une protection mécanique.[153][151]

Le contrôle de la vitesse peut s'appuyer sur un capteur à effet Hall ou une estimation issue du GPS. La littérature montre que ces fonctions sont réalisables séparément. La contribution de cette étude est de proposer leur intégration dans une même architecture, avec traitement local, communication mobile et supervision centralisée.[154]

Travaux connexes en Afrique

Au Kenya, le système NTSA a déployé des trackers GPS avec limitation de vitesse pour les bus, mais sans pesage embarqué.

Au Nigeria, le projet "Axle Load Control" utilise des ponts-bascules fixes, coûteux et contournables.

La contribution de cette étude est donc l'intégration low-cost des 3 fonctions : vitesse + tonnage + position, dans une architecture unique, autonome en énergie et adaptée à une connectivité intermittente.[ref]

4. Matériels et méthodes

Cette recherche adopte une approche de conception de système. Elle comprend l'analyse du problème, l'identification des besoins, la conception de l'architecture et la définition d'un protocole de validation. L'étude est conceptuelle ; les performances devront être déterminées expérimentalement.

4.1. Schéma bloc du système

Afin d'assurer le contrôle simultané de la vitesse, du tonnage et de la position, nous proposons le schéma bloc présenté à la figure ci-dessous 1.

Architecture du Système Intégré de Contrôle des Poids Lourds - RN1 Kinshasa-Matadi

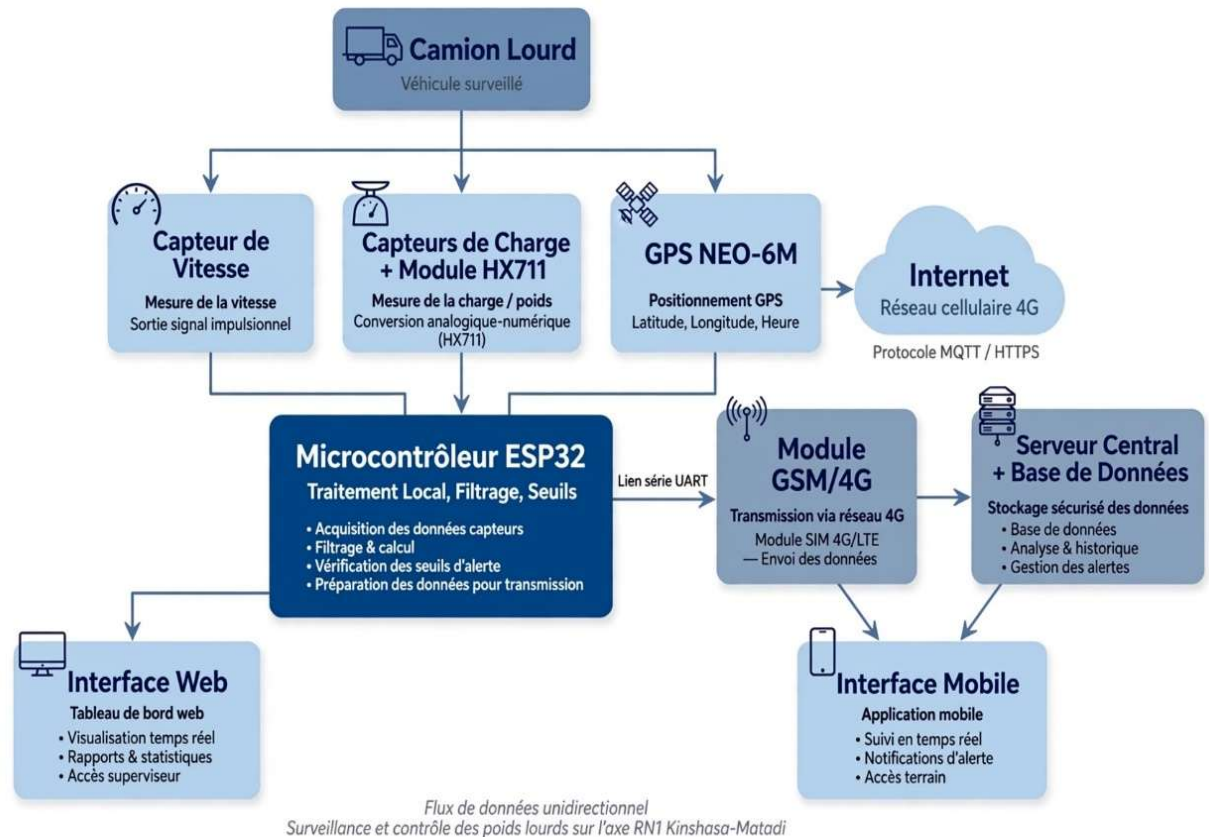


Figure 1 : schéma bloc du système intégré de contrôle des poids lourds RN1 Kinshasa - Matadi

4.2. Matériel proposé

Le matériel proposé comprend : un ESP32, un capteur de vitesse à effet Hall, des cellules de charge avec module HX711, un récepteur GPS NEO-6M, un modem GSM/4G, une alimentation 12V/24V stabilisée, un écran LCD, un module relais pour alarme, et des éléments de protection IP65.

L'ESP32 assure l'acquisition et le traitement des données. Les mesures de vitesse et de tonnage sont associées aux coordonnées GPS et à l'horodatage. Le programme embarqué effectue le filtrage, la vérification de cohérence et la comparaison avec des seuils configurables.

Le modem GSM/4G assure la transmission vers le serveur. En cas de perte temporaire du réseau, le système conserve localement les événements critiques dans une mémoire SD puis les transmet lorsque la connexion est rétablie.

4.3. Connexions des modules

- ESP32 : unité centrale. Interface Wi-Fi/Bluetooth pour configuration locale.
- Module GPS NEO-6M : position, date, heure et vitesse.

- HX711 + cellules de charge : mesure du poids par essieu.
- Capteur à effet Hall : mesure de la vitesse de rotation.
- Module GSM/4G : transmission des données vers le serveur.
- Module Relais : commande d'une alarme sonore et visuelle en cas de dépassement.

Tableau 1 : Correspondance entre les composants du système et leurs fonctions principales

Composant	Fonction principale
ESP32	Acquisition, traitement, logique de décision
Capteur de vitesse	Calcul de la vitesse instantanée
Cellules de charge + HX711	Mesure du tonnage total
Module GPS NEO-6M	Géolocalisation et horodatage
Module GSM/4G	Transmission des données au serveur
Écran LCD	Affichage local pour le conducteur

4.4. Faisabilité technique et énergétique

Le système embarqué proposé repose sur un ESP32, dont la consommation moyenne est de 160mA en mode actif et 10µA en deep sleep. Pour assurer une autonomie de 24h, une batterie Li-Ion 18650 de 4000mAh couplée à un panneau solaire 10W est recommandée, afin de pallier les coupures fréquentes du réseau électrique sur la RN1.

La transmission des données via GSM/4G est dimensionnée à 1 paquet de 200 octets toutes les 30 secondes. Cela représente environ 576 Ko/jour/véhicule, compatible avec un forfait IoT bas coût disponible en RDC.

4.5. Estimation de coût

Composant	Coût unitaire estimé USD
ESP32 + boîtier étanche	15
Module GPS NEO-6M	12
4x Cellules de charge + HX711	45
Capteur de vitesse à effet Hall	8
Module GSM/4G SIM800L	18
Batterie + Panneau solaire 10W	35
Total par véhicule	133 USD

Ce coût reste inférieur au coût de réfection d'1 mètre linéaire de chaussée dégradée par surcharge, estimé à 200 USD par l'OVD.

4.6. Cyber sécurité

Les données transmises du véhicule vers le serveur central sont chiffrées en TLS 1.2 via le module GSM. Le serveur utilise une base de données PostgreSQL avec contrôle d'accès par rôle : transporteur, contrôleur, administrateur.

Un mécanisme de stockage local de 7 jours sur carte SD est prévu en cas de perte de réseau, avec synchronisation automatique dès que la connexion 4G revient.

4.7. Schéma de réalisation

La figure 2 ci-dessous illustre le schéma de réalisation de notre système

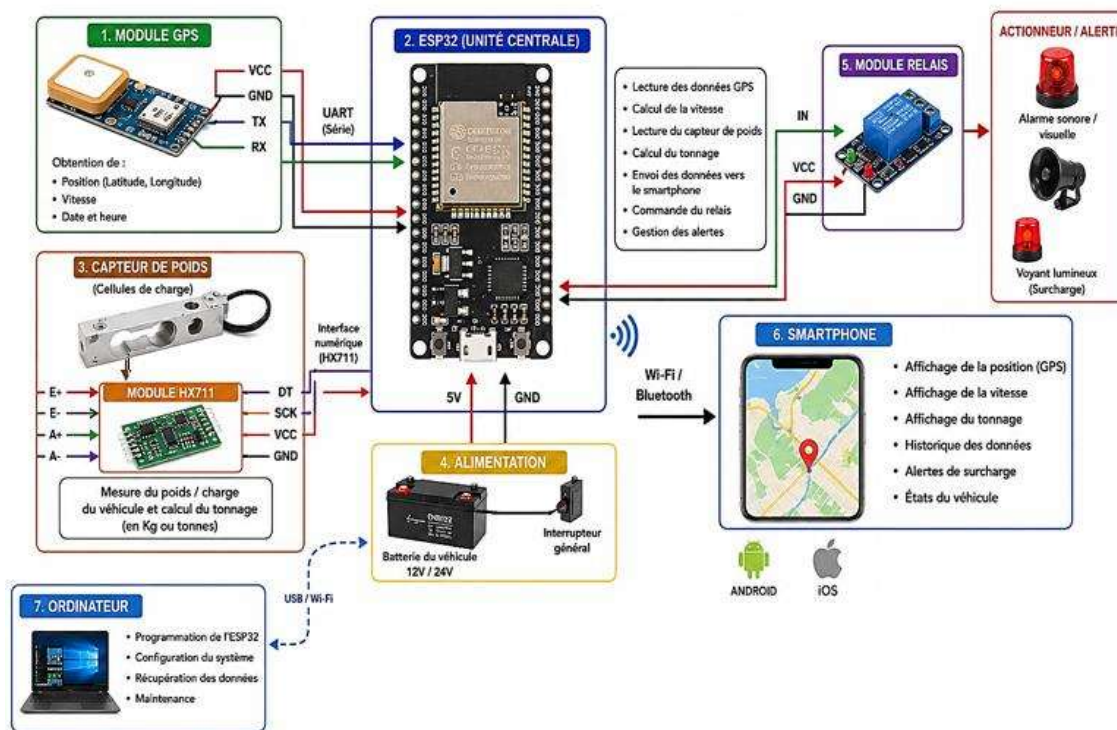


Figure 2: le schéma de réalisation de notre système

4.8. Fonctionnement du système embarqué

Le système automatique est installé à bord du véhicule poids lourds et fonctionne en permanence dès la mise sous tension du véhicule. Son rôle est de surveiller en temps réel le tonnage, la vitesse et la position géographique afin de fournir au conducteur et au gestionnaire de la flotte des informations précises sur les conditions de circulation.

Au démarrage du véhicule, le microcontrôleur initialise l'ensemble des modules du système, notamment les cellules de charge, le capteur de vitesse, le module GPS, l'écran d'affichage, et le cas échéant, le module de communication. Une fois cette phase terminée, le système passe automatiquement en mode de surveillance.

Les cellules de charge, installées sur le système de suspension ou sur les essieux, mesurent en continu la charge supportée par le véhicule. Les signaux recueillis sont transmis aux modules HX711, puis au microcontrôleur, qui calcule le tonnage total transporté.

La vitesse du véhicule est déterminée à partir d'un capteur à effet Hall ou d'un capteur installé sur la transmission ou une roue. Les impulsions générées permettent au microcontrôleur de calculer la vitesse installée du véhicule.

En parallèle, le module GPS reçoit les signaux des satellites afin de déterminer la position géographique, la date, l'heure et, selon le module utilisé, la vitesse de déplacement. Ces informations sont intégrées aux autres données pour assurer un suivi complet du véhicule.

Le microcontrôleur traite l'ensemble des données reçues, les compare aux seuils programmés et détecte toute anomalie. En cas de surcharge ou de dépassement de la vitesse autorisée, une alerte visuelle et sonore est déclenchée afin d'avertir immédiatement le conducteur.

Les informations relatives au tonnage, à la vitesse et à la position sont affichées en temps réel sur un écran installé dans la cabine du véhicule et avec intégration de module GSM, 4G, ces données sont également transmises vers un centre de supervision via le téléphone Smartphone, permettant le suivi à distance du véhicule et l'enregistrement des informations.

Ainsi, le système fonctionne de manière autonome et continue tout au long du trajet, contribuant à améliorer la sécurité routière, à prévenir les surcharges, à optimiser la gestion de la flotte et à assurer un meilleur suivi des véhicules poids lourds.

5. Architecture conceptuelle du système proposé

L'architecture est organisée en quatre couches fonctionnelles : acquisition, traitement embarqué, communication et supervision.

1. Couche d'acquisition : capteurs de vitesse, cellules de charge, module GPS. Chaque mesure est associée à un identifiant véhicule et à une référence temporelle.
2. Couche de traitement : ESP32. Lecture des capteurs, filtrage, conversion, détection des dépassements de seuil.
3. Couche de communication : GSM/4G. Transmission de l'identifiant, vitesse, tonnage, latitude, longitude, heure et état des alertes.
4. Couche de supervision : serveur, base de données, interfaces mobile/web. Visualisation des véhicules, historiques et alertes.

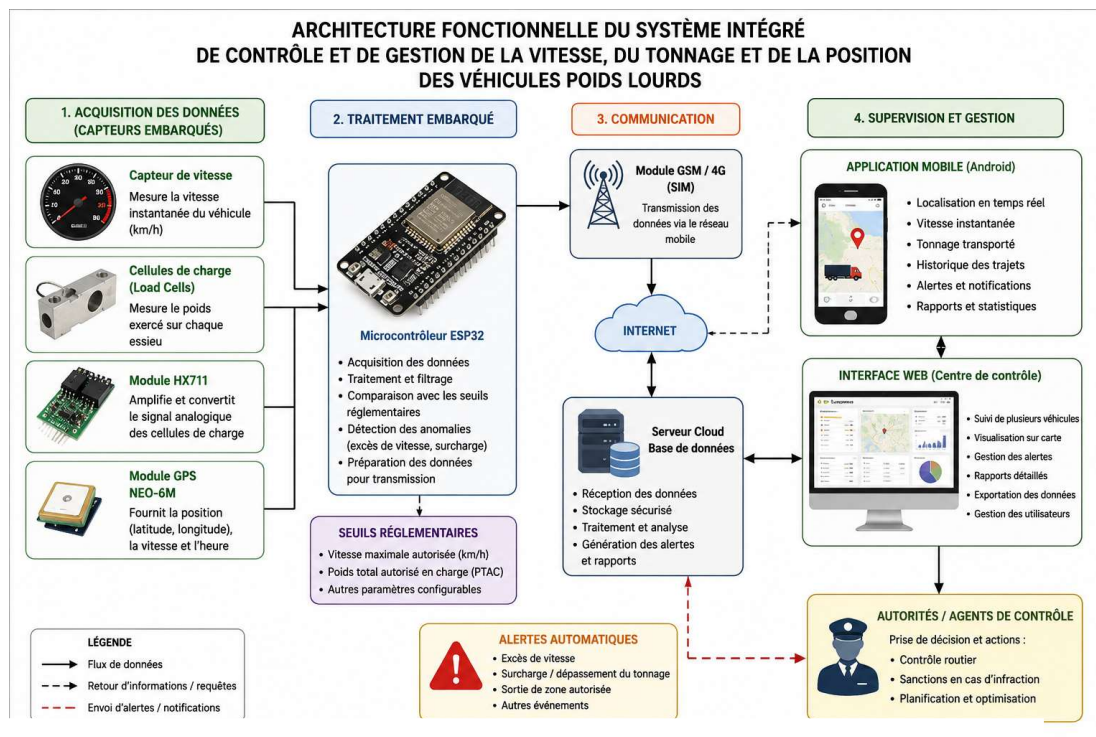


Figure 3: Schéma d'architecture fonctionnelle du système intégré proposé

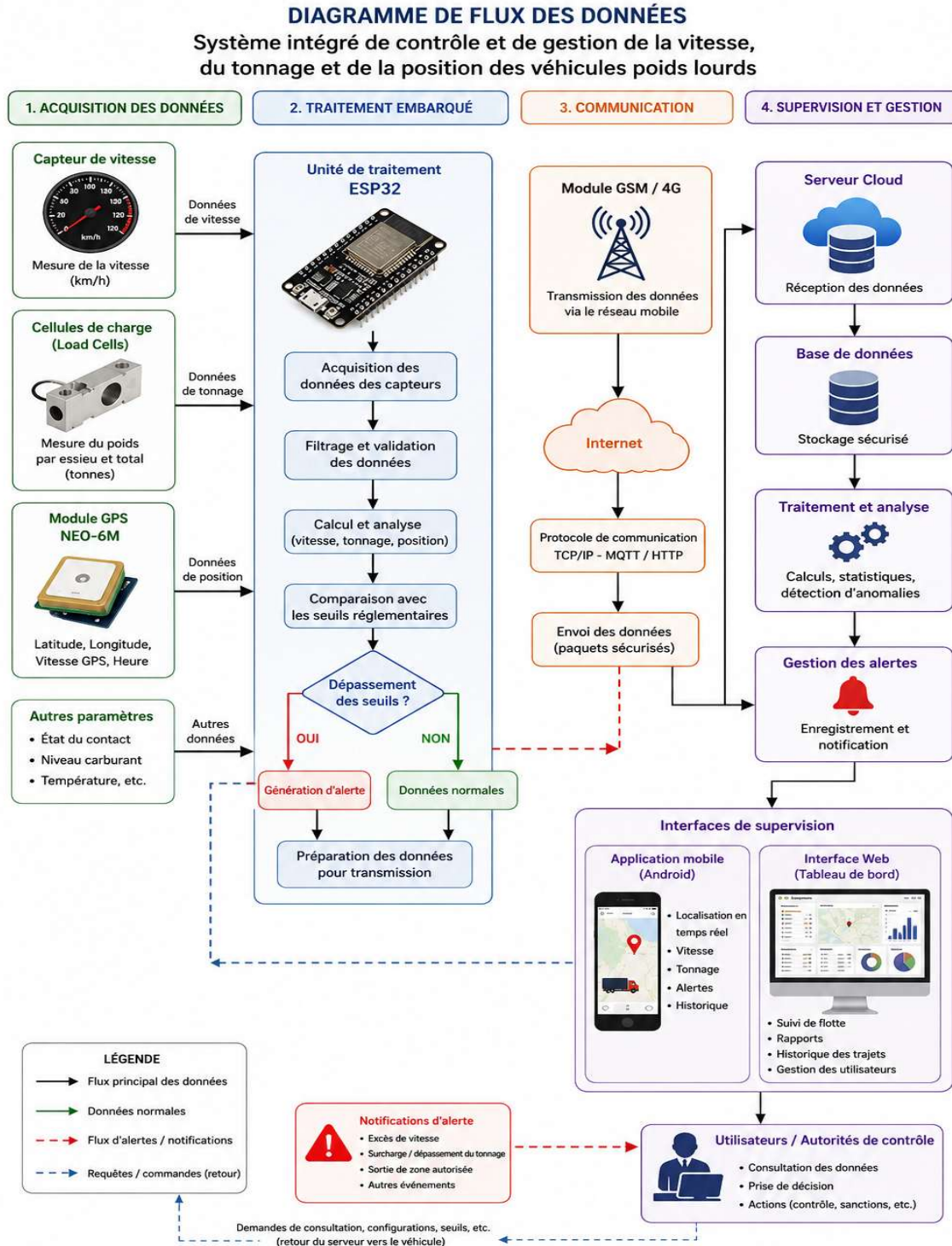


Figure 4 : Diagramme de flux des données

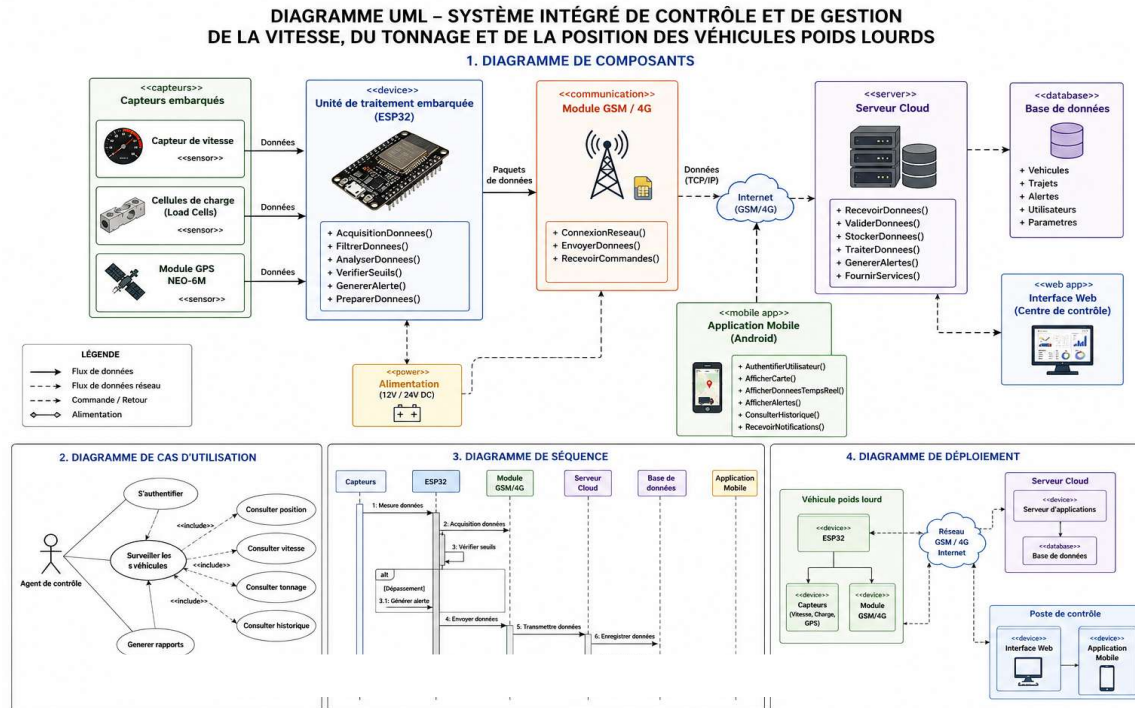


Figure 5 : Diagramme UML des interactions entre les composants

5.1. Conformité et sécurisation

Le pesage embarqué à des fins de verbalisation nécessite une validation métrologique selon les normes OIML R51. Dans le cadre de cette étude conceptuelle, le système est prévu pour l'aide à la décision et l'alerte préventive.

Pour limiter la fraude, 3 mesures sont intégrées :

1. Scellement physique : boîtier inviolable avec détection d'ouverture
2. Signature des données : chaque trame est horodatée et signée via une clé embarquée dans l'ESP32
3. Croisement des données : la charge est corrélée à la position GPS pour détecter un déchargement frauduleux hors des points de contrôle

6. Résultats attendus et Discussion

1. Information consolidée : regroupement vitesse + tonnage + position pour contextualiser chaque événement.
2. Génération automatique d'alertes : notification avec position et heure en cas de dépassement.
3. Traçabilité : historique pour analyser les trajets et produire des statistiques.

Ces résultats restent des hypothèses tant qu'un prototype n'a pas été testé. La précision du tonnage dépendra de la calibration et du montage mécanique. La disponibilité des données dépendra de la couverture du réseau mobile.

Un point critique est la cyber sécurité : authentification des équipements, chiffrement des communications TLS, et contrôle des accès à la plateforme sont indispensables pour éviter la falsification des données.[142]

7. Avantages pour la RDC

La mise en œuvre du système offrirait des avantages sur les plans économique, social et environnemental.

7.1 Renforcement de la sécurité routière : Détection en temps réel des excès de vitesse et surcharges pour réduire les accidents.

7.2 Préservation des infrastructures routières : Limitation des dépassements de charge pour prolonger la durée de vie des chaussées.

7.3 Amélioration de la gestion du transport : Optimisation des itinéraires et de la planification logistique grâce à la géolocalisation.

7.4 Appui aux autorités de contrôle : Fourniture de données fiables au Ministère des Transports et à la Police de Circulation.

7.5 Réduction des coûts économiques : Moins d'accidents et moins de réparations routières.

7.6 Contribution à la transformation numérique : Modernisation du secteur via l'IoT et les villes intelligentes.

7.7 Amélioration de la gouvernance : Centralisation des données pour des politiques publiques basées sur des statistiques fiables.

7.8 Protection de l'environnement : Conduite plus efficace et réduction de la consommation de carburant.

7.9 Promotion de la recherche : Base pour de nouveaux travaux en IA et ITS dans les universités congolaises.[150][146]

8. Limites et perspectives

8.1. Limites

Cette étude reste conceptuelle. Une phase de prototypage et de tests sur 10 véhicules pilotes est nécessaire pour valider la précision du pesage dynamique et la fiabilité de la transmission sur le terrain.

8.2 Perspectives

À terme, l'intégration de l'IA permettrait de prédire les zones à risque d'accident en croisant vitesse, tonnage et état de la route. Une interopérabilité avec les systèmes douaniers et portuaires de Matadi est aussi envisagée.

9. Conclusion

Cette étude a proposé une architecture conceptuelle d'un système intégré de contrôle et de gestion de la vitesse, du tonnage et de la position des véhicules poids lourds sur la RN1 Kinshasa-Matadi. En réponse aux défis de sécurité routière, de dégradation des infrastructures et de manque de données fiables en RDC, la solution associe des capteurs embarqués à faible coût, un microcontrôleur ESP32, la géolocalisation GPS, et une transmission GSM/4G vers une plateforme de supervision centralisée.

L'apport principal de cette proposition réside dans l'intégration des trois paramètres critiques vitesse, charge et position au sein d'une même chaîne d'acquisition, de traitement et de transmission. Contrairement aux dispositifs existants qui traitent ces fonctions séparément, cette architecture permet une contextualisation des événements. Par exemple, une surcharge détectée à un point GPS précis et à une vitesse donnée fournit aux autorités une information exploitable immédiatement pour la prévention et la sanction.

Sur le plan opérationnel, le système vise trois impacts directs pour la RDC :

1. Préventif : alerter le conducteur en temps réel pour éviter l'accident ou la dégradation de la route.
2. Curatif : fournir aux services du Ministère des Transports et à l'Office des Routes des preuves horodatées et géo localisées pour un contrôle plus efficace et moins arbitraire.
3. Stratégique : constituer une base de données nationale pour planifier l'entretien routier, adapter la réglementation et évaluer les politiques publiques de transport.

Cependant, le passage d'une architecture conceptuelle à un système opérationnel soulève plusieurs défis qu'il convient d'anticiper. Le premier est technique : la validation expérimentale du prototype devra mesurer la précision de la pesée embarquée sur route dégradée, la fiabilité de la transmission 4G sur tout le tronçon, et la robustesse du boîtier face au climat, aux vibrations et au vandalisme. Le second est économique : le modèle doit rester abordable pour les transporteurs, avec un coût de matériel < 200 USD et des frais de connectivité maîtrisés. Le troisième est institutionnel et juridique : un cadre réglementaire doit définir qui collecte, qui accède et qui sanctionne sur base de ces données, en garantissant la protection des données personnelles et la non-falsification des preuves.

Les perspectives de recherche sont larges. À court terme, il s'agira de développer et tester un prototype sur un échantillon de 10 à 20 véhicules sur 6 mois. À moyen terme, l'historique des données collectées pourra alimenter des modèles d'intelligence artificielle pour la détection de comportements à risque et la maintenance prédictive des véhicules et des routes. À long terme, cette architecture peut servir de brique de base à un système national de Systèmes de Transport Intelligents pour la RDC, interconnecté aux postes frontaliers et aux ports.

En définitive, ce travail constitue une première étape vers la modernisation numérique du transport routier de marchandises en RDC. Il montre qu'il est possible de concevoir, avec des technologies accessibles, une solution adaptée aux réalités locales pour améliorer la sécurité, préserver les investissements en infrastructures et soutenir le développement économique du pays.

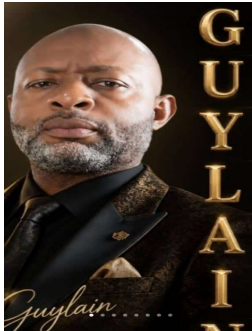
Références

- [1]. Ahmed, M., & Huang, Y. (2023). Internet of Things Applications in Intelligent Transportation Systems: A Review. *IEEE Access*, 11, 45123–45147.
- [2]. Al Mamun, M. A., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2022). Intelligent transportation systems using Internet of Things: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(4), 2694–2718.
- [3]. ASTM International. (2020). Standard Specification for Highway Weigh-in-Motion (WIM) Systems. West Conshohocken, PA, USA.
- [4]. International Organization for Standardization. (2019). ISO 15638-1: Intelligent Transport Systems Framework for Cooperative Telematics Applications for Regulated Commercial Freight Vehicles (TARV). Genève: ISO.
- [5]. International Telecommunication Union. (2021). Digital Transformation of Transport Systems. Genève: ITU.
- [6]. Kuutti, S., Fallah, S., Katsaros, K., Dianati, M., McCullough, F., & Mouzakitis, A. (2020). A survey of machine learning applications to intelligent transportation systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(5), 2760–2775.
- [7]. Ministry of Transport. (2023). Road Safety Annual Report. Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- [8]. Organisation mondiale de la Santé. (2023). Global Status Report on Road Safety 2023. Genève: OMS.
- [9]. PIARC – World Road Association. (2022). Overloaded Heavy Vehicles and Road Infrastructure. Paris: PIARC.
- [10]. Shah, P., Patel, R., & Kumar, S. (2022). IoT-based smart vehicle monitoring system using ESP32 and GPS technology. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(8), 112–121.
- [11]. United Nations Economic Commission for Europe. (2020). Intelligent Transport Systems and Road Safety. Genève: UNECE.
- [12]. Wang, J., Zhang, L., & Li, Y. (2021). GPS-based real-time vehicle tracking and monitoring system using IoT technologies. *Sensors*, 21(18), 6124.

-
- [13]. Yadav, R., Singh, P., & Sharma, K. (2021). Smart vehicle monitoring system using IoT and cloud computing. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12, 8795–8808.
 - [14]. Zhang, H., Chen, X., & Liu, Y. (2022). Intelligent freight transportation management based on Internet of Things technology. *IEEE Access*, 10, 105214–105229.
 - [15]. Zou, Q., Wang, H., & Zhao, J. (2021). Real-time monitoring of heavy-duty vehicles using embedded systems and cloud computing. *Sensors*, 21(9), 3176.
 - [16]. Références spécifiques à la République Démocratique du Congo
 - [17]. Ministère des Transports, Voies de Communication et Désenclavement. (2022). *Politique nationale des transports en République Démocratique du Congo*. Kinshasa, RDC.
 - [18]. Office des Routes. (2021). *Rapport annuel sur l'état du réseau routier national*. Kinshasa, RDC.
 - [19]. Fonds National d'Entretien Routier (FONER). (2023). *Rapport d'activités*. Kinshasa, RDC.
 - [20]. Institut National de la Statistique (INS). (2023). *Annuaire statistique de la République Démocratique du Congo*. Kinshasa, RDC.
 - [21]. Banque mondiale. (2023). *République Démocratique du Congo: Diagnostic du secteur des transports et de la logistique*.

Les mots d'accompagnement scientifiques

Auteur



« La science est une œuvre de passion, de rigueur et de persévérance. À travers cette prestation scientifique, je souhaite contribuer, avec humilité et engagement, à la recherche, à la transmission des connaissances et à la formation d'une nouvelle génération d'ingénieurs capables de relever les défis technologiques de notre époque. »

Lukuaka Makengele Guylain

Ingénieur en génie électrique – Orientation électronique
industrielle

Enseignant et chercheur

Co-auteur



<< Je suis un chercheur à vie, passionné par les sciences et les technologies, animé par une volonté permanente d'apprendre, d'innover et de contribuer au progrès scientifique et technologique >>

LELO TSOBO Ephrem

Ingénieur en génie électrique – Orientation
Télécommunication

Enseignant et chercheur

Co-auteur



« La science est une œuvre de passion, de rigueur et de persévérance. Au travers de cette présentation scientifique, je m'efforce de conjuguer recherche fondamentale et transmission des savoirs, avec la conviction que former des ingénieurs éclairés, curieux et critiques est la clé pour façonner un avenir technologique responsable et humain »

LUSALA SEKE Victoire

Ingénieur en génie électrique – Orientation
Télécommunication

Enseignant et chercheur

Co-auteur



« La science n'a de sens que si elle sert l'humanité. À travers cette contribution, je souhaite, avec passion et exigence, participer à la recherche fondamentale et appliquée, transmettre les fondements de la physique et former une nouvelle génération de scientifiques et d'ingénieurs prêts à relever les défis énergétiques et technologiques de notre temps. »

MAKENGO NKESANI Sonny
Ir Physicien – Enseignant et Chercheur