

Conception d'un système de contrôle des vitesses des véhicules pour la surveillance routière : Application à la ville de Lubumbashi, République Démocratique du Congo

Design of a vehicle speed control system for road surveillance: Applied to the city of Lubumbashi, Democratic Republic of Congo

Grace Twite¹, Sylvain Balume¹, Jean Paul Katond²

¹ Département de Génie Informatique, Intelligence artificielle et Innovation, Ecole Supérieure des Ingénieurs Industriels, Université de Lubumbashi, Congo (RD), twite.kalenga@unilu.ac.cd, sylvainbaderha@gmail.com

² Département d'Electromecanique, Faculté de Polytechnique, Université de Lubumbashi, Congo (RD), jpkatond@hotmail.com

RÉSUMÉ. Cette étude propose un système pouvant réduire le nombre d'accidents liés à l'excès de vitesse et d'appréhender les usagers ne respectant pas le code de la route sur les différentes artères de la ville de Lubumbashi selon la limite des vitesses admissibles. L'objet de cette étude est de créer une base de données et de proposer un modèle de gestion pour la surveillance routière en se penchant beaucoup plus sur l'aspect excès de vitesse afin de réduire sensiblement le risque d'accidents de circulation routière.

Nous nous sommes limités à contrôler la vitesse des véhicules sur quelques artères de la ville de Lubumbashi qui ont été présentés comme les artères où il y a plus d'accidents suite aux excès de vitesses. Nous avons créé une base de données avec le logiciel MYSQL dont l'outil central est le MYSQL Workbench et avons réalisé un programme de gestion du système avec MATLAB, ce système de gestion nous a permis de programmer la base de données et à manipuler les données avec quatre fonctions dont l'écriture ; l'affichage ; l'ajout et la suppression. C'est ainsi que nous avons choisis un réseau de transmission des informations vers le centre de contrôle par fibre optique, le détecteur va permettre de comparer la vitesse des véhicules aux seuils fixés qui varient de 30 à 70 km/h selon les sites et en conformité avec le code de la route en République Démocratique du Congo.

Le centre de contrôle sera situé au bureau central de la police de circulation routière de Lubumbashi dans lequel seront générés les contraventions pour excès de vitesse, avec toutes les preuves justifiant l'infraction commise sur la route.

ABSTRACT. This study proposes a system to reduce the number of accidents related to speeding, and aims to facilitate the apprehension of those not complying with speed limits within the city of Lubumbashi. The goal is to create a database and propose a management model for road surveillance by focusing on speeding, in order to significantly reduce the risk of traffic accidents.

We limited ourselves to controlling the speed of vehicles within specific areas of Lubumbashi which were presented to us as the places where the highest amount of speed-related accidents occur. We created a database with MYSQL, using specifically the MYSQL Workbench tool, and realized a system management program with MATLAB. This management system allowed us to program the database and to manipulate the data with four functions: writing, display, addition and deletion. Thus, we have chosen a network for transmitting information to the control center via fiber optics. The detector allows us to compare the speed of vehicles to fixed thresholds, which vary from 30 to 70 km/h depending on the area's speed limits, which are in compliance with the Democratic Republic of Congo's road traffic laws.

The control center would be located at the central office of the Lubumbashi traffic police, where speeding tickets would be generated, to which would be attached all evidence of the offence.

MOTS-CLÉS. Système de transport Intelligent, Réseau de Capteur à infra-rouge, vision par ordinateur, Systèmes de vision, Traitement d'Image, Caméras routières.

KEYWORDS. Intelligent transport system, Infrared sensor network, Computer vision, Vision systems, Image processing, Road cameras.

1. Introduction

Aujourd'hui, se déplacer est devenu un aspect essentiel de la vie quotidienne: qu'il s'agisse du transport en commun ou des véhicules personnels, le vaste réseau formé de ces moyens de locomotion

est immensément complexe à gérer. Sa gestion recouvre l'ensemble des techniques humaines et automatisées permettant d'assurer la surveillance du trafic routier, au mieux un gain de performance dans l'acheminement des différents flux [SEB 14]. Les accidents de la route sont classés comme la 9^{ème} cause majeure de décès dans le monde. Selon l'Observatoire national interministériel de la sécurité routière (ONISR), 3 488 personnes ont perdu la vie sur les routes de France en 2018 [WOR 18]. Cette perte en vies humaines ainsi que l'augmentation de la circulation ont conduit au développement des Systèmes de Transport Intelligents (STI), avec l'amélioration de la recherche dans le domaine de la vision par ordinateur, les réseaux routiers sont devenus de plus en plus intelligents et communicants. Les solutions offertes par les STI reposent sur une perception et une analyse de l'environnement [BRO 00].

La RD Congo possède des artères presque dans toutes les villes des provinces qui sont identifiables mais ces routes dans différentes villes connaissent d'énormes problèmes de congestion et d'une autre part les taux très élevés d'accidents qui amènent des pertes en vies humaines, c'est pourquoi dans toutes les provinces et villes il y a la police de circulation routière pour assurer la sécurité routière en conformité au code de la route congolais. Hormis ce dernier pour la sécurité routière il y a aussi les feux tricolores gérées par le centre national de prévention routière (CNPR) ainsi que le robots, mais ces derniers n'arrivent pas à rendre fluide la circulation.

Dans cet article, Nous devrions répondre aux questions suivantes :

- ✚ Face à la multiplicité des accidents de circulation sur les routes en République Démocratique du Congo dûs aux excès de vitesse, comment arriver à gérer le système de contrôle de vitesses des véhicules à la surveillance routière ?
- ✚ Comment modéliser la surveillance routière ?

Pour répondre à ces questions, les actions suivantes seront entreprises :

1. La gestion du système de contrôle pour une circulation en toute sécurité sera rendue possible grâce à la technologie de capteur de vitesse à infra-rouge et d'appareils de prise d'images fonctionnant sous l'effet doppler pour un fonctionnement harmonieux en réseau dans la ville de Lubumbashi.
2. Pour modéliser le système de contrôle de vitesse des véhicules, nous allons utiliser le logiciel MYSQL dont l'outil central est le MYSQL WORKBENCH qui nous permettra d'abord de récolter les informations des véhicules dans la base de données au centre de contrôle géré par les agents de police en charge de circulation routière ou ces informations seront faites à la détection et au moyen des capteurs de vitesse avec un appareil de prise d'image vers la salle de contrôle.

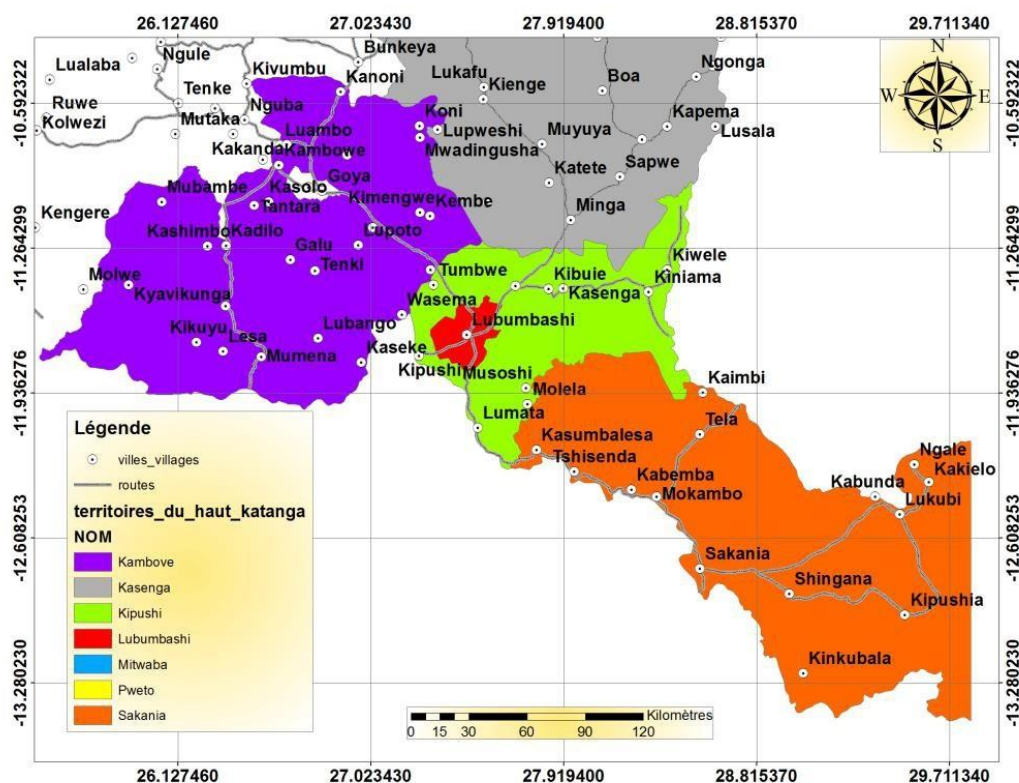
2. Méthodologie

2.1. Milieu d'Etude

Située à cheval de l'équateur, au cœur du continent africain, la République Démocratique du Congo (RDC) a une superficie de 2 345 409 km². Son relief est dominé par des plateaux étagés déterminant au centre une large dépression « Cuvette centrale », principal collecteur des eaux de pluie de 80% des affluents d'une trentaine de grandes rivières du fleuve Congo, long de 4 700 km. Avec le fleuve Congo, ses nombreux affluents et les lacs, la RDC dispose de l'une des plus grandes réserves d'eau douce de la planète, avec un réservoir de 16 % de l'eau douce en Afrique [ENR 18].

En 2021, la population de la RDC est estimée autour de 91,946,513 habitants [CIR 20]. La croissance démographique est de l'ordre de 3,2% [CIR 20]. Selon les estimations des Nations-Unies, 44,5 % de la

population, soit 37,3 millions d'habitants vivent dans les zones urbaines. La densité de la population en République Démocratique du Congo est d'environ 45 habitants au km², ce qui est proche de la moyenne africaine (43 hab/km² en 2019). Située à 11° 40' de latitude et 27° 29' de longitude, Lubumbashi est la capitale de la province du Haut-Katanga. La ville a 413.000 habitants en 1973 et 700.000 en 1988. Récemment la ville comptait 2.786.397 habitants en 2015.



Notre centre d'intérêt dans cet article est de présenter le cas particulier de la gestion des systèmes de contrôle de vitesse des véhicules en milieu urbain sur la route pour un excès de vitesse. Concernant les marges d'erreurs des radars français, elles diffèrent selon qu'il est question d'un radar fixe (cabine ou cinémomètre) ou d'un radar mobile-mobile, autrement dit embarqué dans un véhicule des forces de l'ordre ou d'une voiture-radar privée. Pour ces radars mobiles, les marges d'erreur (au bénéfice du conducteur) sont ainsi de 10 km/h jusqu'à 99 km/h en roulant, tandis qu'elles s'exprimeront en pourcentage à partir de 100 km/h.

Il existe une marge entre la vitesse réelle et la vitesse retenue principalement dans les villes de la République Démocratique du Congo (RDC) en particulier dans la ville de Lubumbashi sur les sites qui enregistrent beaucoup d'accidents mortels notamment sur l'avenue du 30 JUIN , la route KIPUSHI, l'avenue LUMUMBA, l'avenue SENDWE ainsi que le boulevard M'SIRI , ceci en s'appuyant sur la littérature sur l'utilisation des capteurs de vitesse à infra-rouge avec un appareil de prise d'image fonctionnant sous l'effet doppler et en présentant des outils permettant de simuler le contrôle de vitesse des véhicules pour la surveillance routière .Une carte de la géolocalisation des axes d'étude est donnée sur la **Figure 2**.

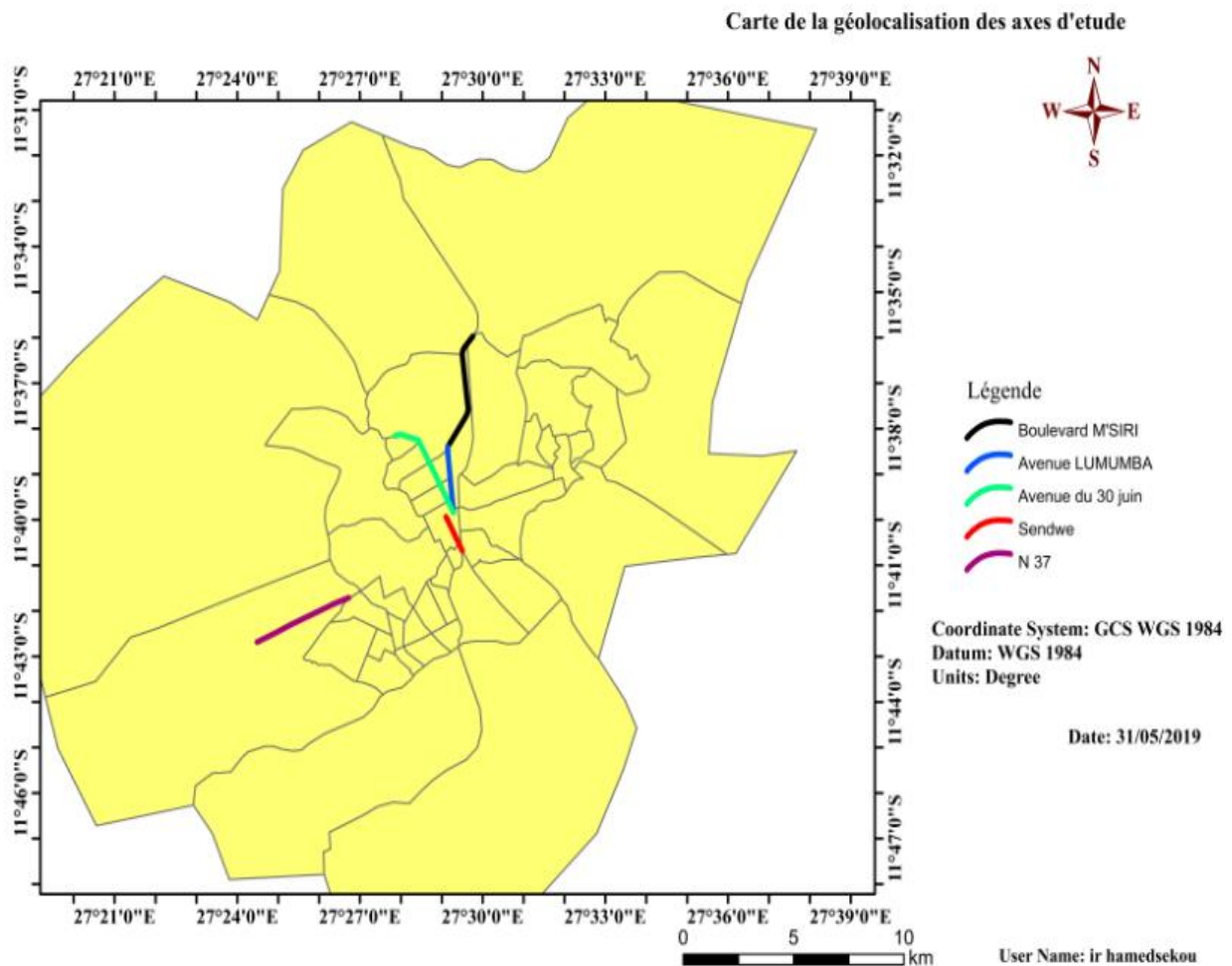


Figure 2. Carte de la géolocalisation des axes d'étude

2.2. Collecte de données

Etant donné la complexité de la mise en place d'un système pouvant contrôler la vitesse des véhicules sur toute l'étendue de la ville de Lubumbashi; Notre étude se focalisera sur quelques artères de la ville cuprifère présentant une fréquence élevée des accidents dûs à l'excès de vitesse.

Selon le rapport trimestriel de la PCR Lubumbashi précisément l'année 2018 à 2022, les accidents étaient focalisés sur un certain nombre de routes de la ville de Lubumbashi dont les plus concernées sont les suivantes:

1. Av. DU 30 JUIN,
2. Route KIPUSHI,
3. Boulevard M'SIRI,
4. Av. SENDWE et
5. Av. LUMUMBA.

2.3. Analyse fonctionnelle de la police de circulation routière (PCR) en République Démocratique du Congo

Le code de la route est l'ensemble de la réglementation routière, à laquelle tout usage est tenu de se conformer afin d'éviter les risques d'accidents, afin de donner une orientation et une réglementation sur des valeurs que donneront les capteurs qui ne peuvent toujours pas être des valeurs prises avec précisions de la Vitesse eu égard des multiples conditions météorologiques comme la pluie ou le vent. La police a pour mission principale la protection des personnes et leurs biens; la police de circulation routière (PCR) remplit sur la voie publique en référence de la loi numéro 78/02 du 30/08/1978 portant sur le nouveau code de la route de Genève (PCR Lubumbashi/RDC) afin de permettre une maintenance

preventive et assurer également que les capteurs placés sont opérationnels dans les limites fixes, en cas des conditions météorologiques qui ne permettent pas le fonctionnement optimal du système de capteur, la police de circulation routière (PCR) pourra toujours assurer la regulation du trafic routier.

2.3.1. *Fonctionnement de la police de circulation routière (PCR) en République Démocratique du Congo*

La police de circulation routière, a pour fonction de réguler la circulation routière sur les artères de la ville, au croisement des avenues et même sur les boulevards afin d'éviter les embouteillages sur les routes (avenue, boulevard, chaussée, etc...), les accidents de circulation routière. En plus de cela, elle doit aussi veiller à la protection des personnes et de leurs biens. (PCR Lubumbashi/RDC), pour cela; il existe trois catégories de la police qui régulent la circulation routière (PCR) à savoir:

- ✓ Le motard (police spéciale) ;
- ✓ Les carrefours ainsi que ;
- ✓ L'équipe mobile.

2.3.1.1. Les motards ou police spéciale (PCR) en République Démocratique du Congo

Cette équipe de la police appelée communément roulage, régule la circulation routière en interpellant les véhicules sur les boulevards, sur des routes ainsi que sur les avenues de la ville dont les conducteurs ne respectent pas le code de la route ou franchissent les feux de signalisation routière (feux lumineux). Cette interpellation se fait beaucoup plus rapidement du fait qu'ils circulent à bord de leurs motos. On peut le remarquer à travers la **Figure 3**.



Figure 3. *Vue d'ensemble du motard ou police spéciale régulant la circulation routière*
(Source: PCR /Kinshasa,2018)

2.3.1.2. L'équipe pédestre (équipe à pieds) et carrefours

Cette équipe de la police régule la circulation routière des véhicules et des usagers (piétons) sur des avenues, des routes et même sur les feux lumineux afin d'éviter les embouteillages et les accidents entre véhicules-usagés, véhicule-véhicule, moto-véhicule, véhicule-cycliste etc... dans toute la ville (PCR Lubumbashi/RDC) comme nous montre la **Figure 3**.



Figure 3. *L'équipe pedestre et carrefours (Source: PCR /Kinshasa,2018)*

2.3.1.3. L'équipe mobile (PCR) en République Démocratique du Congo

Cette équipe assure la sécurité routière en sillonnant partout dans la ville avec leurs véhicules et permet de bien faire le contrôle routier ainsi que de bien récolter les informations en cas d'accident en un lieu très éloigné du centre-ville. Selon l'étude du bureau 3, ils ont créé des carrefours ou un système de contrôle qui se présente de la manière suivante :

- ✓ L'injonction par les agents qualifiés, qui sont bel et bien de la police de circulation routière (PCR),
- ✓ La signalisation routière (feux lumineux de circulation), ici tous les panneaux sont surveillés par la PNCR qui veut dire, police nationale de circulation routière
- ✓ Les panneaux de signalisation et
- ✓ Les règles de circulation (code de la route de Genève)

2.3.2. Conception du système de contrôle et de la base de données

Dans le présent article, nous allons nous focaliser sur l'analyse du système de contrôle de la police de circulation routière tout en dégageant les forces et les faiblesses du système afin de concevoir un système de contrôle adapté à la technologie actuelle, ensuite nous allons créer une base de données qui sera en relation avec le système de contrôle avec capteur à infra-rouge. Le système de capteur fonctionnera avec une marge de vitesse décomptée sur la vitesse détectée, le système se basera sur un calcul de marge d'erreur avec une limite définie.

Concernant la marge d'erreur des radars français, ils diffèrent selon qu'il s'agit d'un radar fixe (cabine ou tachymètre) ou d'un radar mobile, c'est-à-dire embarqué dans une voiture de police ou une voiture radar privée. Pour ces radars mobiles, la marge d'erreur (en faveur du conducteur) est de 10 km/h à 99 km/h en roulant, et ils seront exprimés en pourcentage de 100 km/h. En revanche, la marge d'erreur d'un radar fixe ne sera pas aussi grande. En dessous de 100 km/h, une marge de 5 km/h sera déduite de la vitesse réelle enregistrée par l'appareil.

2.3.2.1. Vitesse réelle et Vitesse réservée

De plus, il est important de faire une distinction entre la vitesse réelle et la vitesse sélectionnée. La vitesse réelle est la vitesse indiquée sur le compteur de vitesse d'un véhicule en mouvement (évidemment, les véhicules modernes sont beaucoup plus précis), tandis que la vitesse réservée est la vitesse moins ce que vous dites est une marge d'erreur plus forte. En d'autres termes, si vous recevez un avis d'amende faisant état d'un excès de vitesse de 131 km/h sur autoroute, il s'agit de la vitesse sélectionnée, c'est-à-dire que le véhicule roulait au-dessus de cette vitesse lorsque les feux clignotants

se sont produits. La vitesse réelle de déplacement mentionnée sur le ticket est de 131 km/h. Les **Tableaux 1 et 2** ci-dessous, nous montrent les différentes marges d'erreur.

Vitesse limitée à	Marge de Tolerance Appliquée	PV pour excès de vitesse à partir de (vitesse réelle du véhicule au moment du flash)
km/h	5 km/h	96 km/h (retenu 91 km/h)
110 km/h	5%	116 km/h (retenu 111 km/h)
130 km/h	5%	137 km/h (retenu 131 km/h)

Tableaux 1. Marges d'erreur depuis un capteur fixe

Vitesse limitée à	Marge de tolérance appliquée	PV pour excès de vitesse à partir de (vitesse réelle du véhicule au moment du flash)
90 km/h	10 km/h	101 km/h (retenu 91 km/h)
110 km/h	10%	122 km/h (retenu 111 km/h)
130 km/h	10%	144 km/h (retenu 131 km/h)

Tableaux 2. Marges d'erreurs depuis un capteur mobile embarqué

2.3.2.2. Conception du système de contrôle

A la recherche des solutions aux problèmes dans le domaine de la régulation routière utilisant des nouvelles technologies, plusieurs chercheurs ne font pas toujours avec impartialité.

La conséquence est que très souvent, on continue pendant des années à utiliser des méthodes ou des procédés empiriques parce qu'ils donnent de bons résultats, alors qu'en les modifiant ou tout simplement en abandonnant les problèmes sous un angle donné, on peut trouver des solutions plus simples, moins coûteuses et parfois plus performantes, c'est dans cette optique que nous avons abordé les problèmes de contrôle de vitesse utilisant des capteurs à infrarouge.

2.3.2.2.1. Circuit de Contrôle

La détection de vitesse se fera au moyen des capteurs à infrarouge fonctionnant sous le principe de l'effet « Doppler », le système capteur détecte l'excès de vitesse et prend la photo automatiquement (formant un seul bloc avec le détecteur) qui sera cryptée et envoyée automatiquement au serveur des fichiers (dans la salle de contrôle) par un réseau de transmission et une série des modules de liaison tel que les switches, le routeur et les antennes d'émission et de réception. L'image ainsi obtenue renfermant les informations sur le numéro de la plaque d'immatriculation, la vitesse critique atteinte, ainsi que l'heure exacte à laquelle cette contravention a été commise va être envoyée au serveur d'applications qui à son tour va, la traiter et en assurer l'impression avec les éléments à conviction de l'infraction; Comme nous montrons la **Figure 4**.

Il y a aussi un effet Doppler où l'émetteur se déplace mais pas directement vers le récepteur. Mais dans ce cas, la formule est plus compliquée. En pratique, le mouvement de l'émetteur doit être divisé en deux parties : le mouvement radial vers le récepteur, qui sera affecté par l'effet Doppler, et le mouvement orthogonal qui restera constant. C'est le cas, par exemple, des radars de vitesse. Placés à un certain angle de vue θ par rapport à la route, ils émettent des ondes électromagnétiques de fréquence f vers le véhicule. Pendant que le véhicule est en mouvement, il recevra des ondes d'une fréquence spécifique f' et les renverra au radar. Un radar en mouvement relatif par rapport au véhicule recevra des ondes aux fréquences suivantes :

$$f' = f + \Delta f. \quad (1)$$

Ensuite il y a un double effet doppler (lorsque l'onde se dirige vers la voiture, puis revient vers le radar) On a alors la formule

$$\Delta f = 2f \cdot V \cdot \cos(\theta) / C \quad (2)$$

Ici V est la vitesse de la voiture et C est la vitesse de la lumière (la vitesse des ondes électromagnétiques du capteur). Il est à noter que si nous prenons $\theta = 0$, nous nous retrouvons dans une situation émetteur-récepteur (la voiture touchera elle-même le radar), où

$$\Delta f = f \cdot V / C. \quad (3)$$

Afin de trouver la formule de travail complète du radar, il faut donc appliquer cette formule deux fois.

2.3.2.2.2. Spécifications fonctionnelles des sites 2,3,4 et 5.

Sur les sites 2, 3, 4, et 5, la détection de vitesse se fera au moyen des capteurs à infrarouge fonctionnant sous le principe de l'effet « Doppler » Comme la direction radiale pure demande de mettre le radar sur la route pour faire la mesure, les appareils sont généralement calibrés pour prendre les vitesses lorsque le radar est orienté suivant un angle de 25° par rapport à l'axe de circulation des véhicules contrôlés et le signal de dépassement de vitesse, par exemple Un radar mesurant des vitesses sous un angle de 30° par rapport à l'axe de circulation, un différentiel de seulement 5°, induit une minoration de la vitesse détectée de 4,5 %, soit une erreur de 4 km/h pour un véhicule roulant, à 90 km/h et environ 6 km/h pour un véhicule se déplaçant à 130 km/h, sera disponible à l'appareil de prise d'images fixes (formant un seul bloc avec le détecteur) qui va faire la capture de l'image et envoyer cette information au serveur des fichiers (dans la salle de contrôle) via une liaison par fibre optique et une série des modules de liaison tel que les switches, le routeur et les antennes d'émission et de réception. L'image ainsi obtenue renfermant les informations sur le numéro de la plaque d'immatriculation, la vitesse critique atteinte, ainsi que l'heure exacte à laquelle cette contravention a été commise va être envoyée au serveur d'applications qui à son tour va la traiter et en assurer l'impression avec les éléments à conviction de l'infraction. L'Automate Programmable Industriel (API) quant à lui va assurer l'enregistrement du graphique représentant l'allure de la vitesse du véhicule concerné. Ces données seront également traitées par le serveur d'applications (via des logiciels appropriés) qui va enfin en assurer l'impression pour faire apparaître avec précision le graphique de la contravention (en matière de dépassement de vitesse admissible). D'une manière générale l'ensemble de schéma de principe suivant leurs sites et leur systèmes de contrôle de vitesse ver la salle de contrôle. La **Figure 5** montre la Architecture matérielle de la salle de contrôle et de tout les 5 sites.

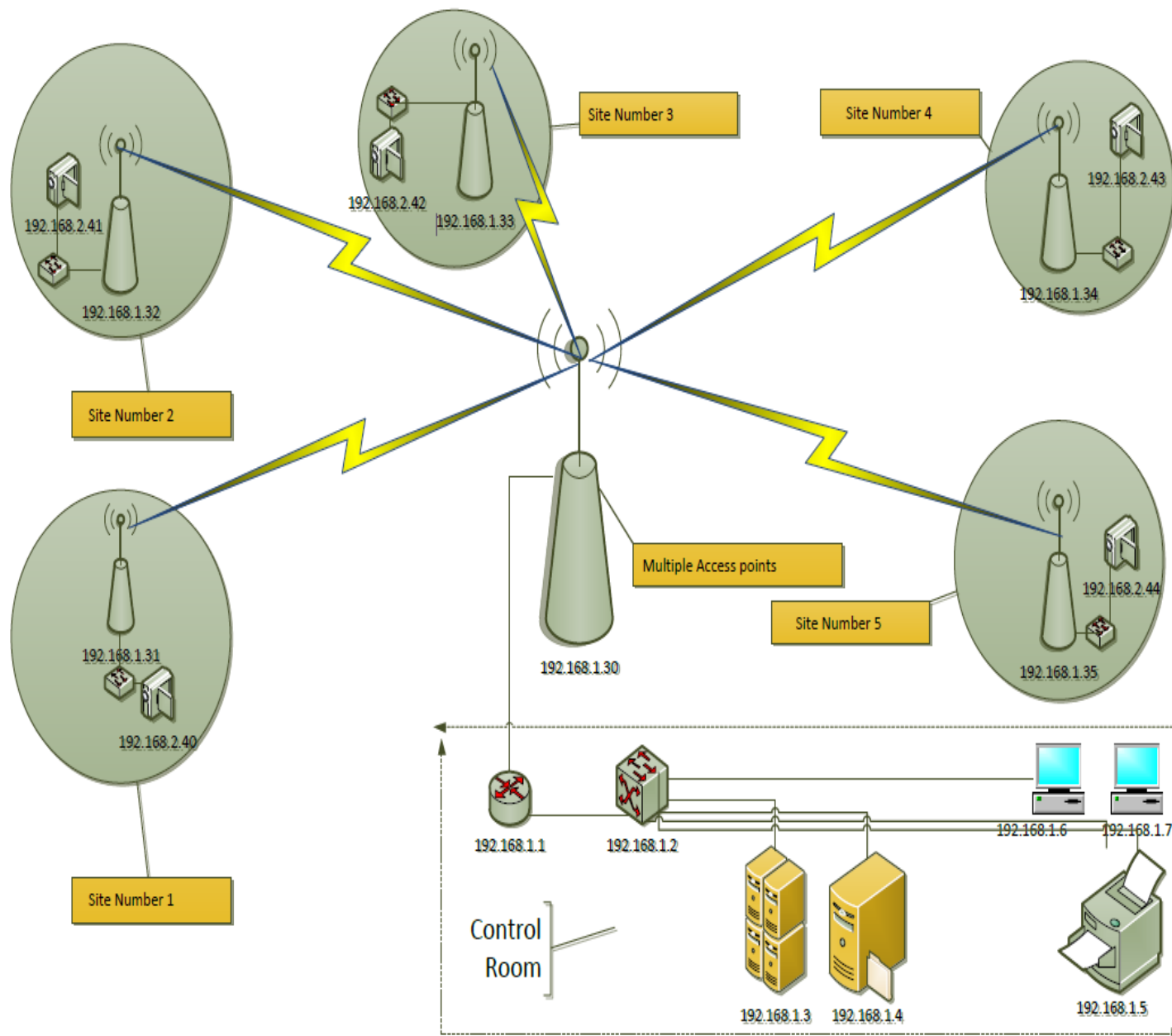


Figure 5. Architecture matérielle de la salle de contrôle et de tout les 5 sites (reseau de transmission par fibre optique non représenté)

2.3.2.2.3. Fixation des seuils

La fixation des seuils consiste à mettre une limite de vitesse à ne pas dépasser pour tout les sites concernés. Après notre entretien, la police de Circulation Routière (PCR) en conformité au code de la route, nous a donné un seuil admissible selon les différentes zones de la ville. Dans notre travail nous aurons à fixer les seuils pour chaque site selon ses fréquentations et situations à savoir 60 km/h pour l’avenue du 30 Juin, 90 km/h pour la route Kipushi, 120 km/h pour le boulevard M’siri, 60 km/h pour l’avenue Sendwe et 60 km/h pour l’avenue Lumumba; Ces seuils sont fixés en conformité avec le code de la route [NCR 04]. Le code de la route de la République Démocratique du Congo, ne fixant pas les seuils admissibles comme marge d’erreur nous fixerons la limite comme dans les **Tableaux 3 et 4 ci-dessous**, nous montres les différentes marges d’erreur.

Artères	Vitesse limitée à	Marge de Tolerance Appliquée	PV pour excès de vitesse à partir de (vitesse réelle du véhicule au moment du flash)
Avenue du 30 Juin	60 km/h	5% (3 km/h)	63 km/h (retenu 57 km/h)
Avenue Sendwe	60 km/h	5% (3 km/h)	63 km/h (retenu 57 km/h)
Avenue Lumumba	60 km/h	5% (3 km/h)	63 km/h (retenu 57 km/h)
Route Kipushi	90 km/h	5% (4,5 km/h)	94,5 km/h (retenu 85,5 km/h)
Boulevard M’Siri	120 km/h	5% (6 km/h)	126 km/h (retenu 114 km/h)

Tableaux 3. Marges d’erreur depuis un capteur fixe

Artères	Vitesse admissible	Marge de tolérance appliquée	PV pour excès de vitesse à partir de (vitesse réelle du véhicule au moment du flash)
Avenue du 30 Juin	60 km/h	10% (6 km/h)	66 km/h (retenu 54 km/h)
Avenue Sendwe	60 km/h	10% (6km/h)	66 km/h (retenu 54 km/h)
Avenue Lumumba	60 km/h	10% (6 km/h)	66 km/h (retenu 54 km/h)
Route Kipushi	90 km/h	10% (9 km/h)	99 km/h (retenu 81 km/h)
Boulevard M’Siri	120 km/h	10% (12 km/h)	132 km/h (retenu 108 km/h)

Tableaux 4. Marges d’erreur depuis un capteur mobile embarqué

2.3.2.2.4. Principe de fonctionnement d’un détecteur de vitesse à rayon infra-rouge

Un radar mesurant des vitesses sous un angle de 30° par rapport à l’axe de circulation, un différentiel de seulement 5°, induit une minoration de la vitesse détectée de 4,5 %, soit une erreur de 4 km/h pour un véhicule roulant à 90 km/h et environ 6 km/h pour un véhicule se déplaçant à 130 km/h. Le détecteur à infra-rouge émet continuellement deux faisceaux à vitesse constante égale à la vitesse de la lumière $C = 3.10^8$ m/sec, ces deux faisceaux sont envoyés suivant des angles différents. Lorsqu’un mobile est frappé par le premier faisceau, le mobile réfléchira ce faisceau au temps t_1 et l’espace entre ce point de réflexion et la source de la lumière sera calculé de la manière suivante :

$$e_1 = t_1.C \tag{1}$$

Le mobile en se déplaçant se trouve frappé par le deuxième faisceau à un nouveau point au temps t_2 et l'espace entre ce point et la source de la lumière sera calculé par la même formule

$$e_2 = t_2 \cdot C \quad (2)$$

Alors, le calcul de la vitesse du mobile qui sera inférieur au seuil s'effectuera de la manière suivante:

$$V_m = \frac{e_1 - e_2}{t_1 - t_2} = \frac{e}{T} \quad (3)$$

S'il arrive que la vitesse du mobile V_m dépasse le seuil fixé, alors une impulsion sera envoyée à la caméra de prise de vues pour faire la capture d'image à la plaque d'immatriculation qui a dépassé la vitesse du seuil comme nous montre la **Figure 6**.

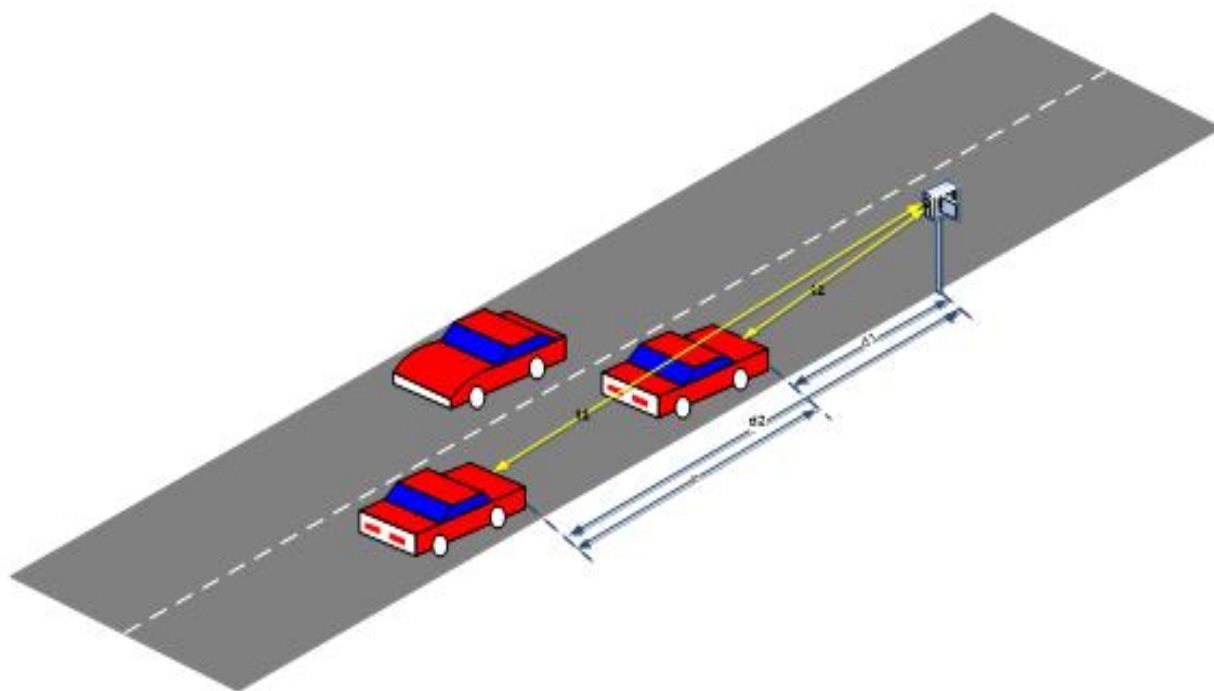


Figure 6. Vue d'ensemble d'un capteur à infra-rouge

Les appareils laser classiques mesurent le temps de transmission d'impulsions à infrarouge en utilisant le principe de l'effet doppler sur la mesure de la Vitesse radiale et selon l'angle de disposition du capteur, Le temps de parcours de l'impulsion de l'émetteur au véhicule puis du véhicule à l'émetteur est mesuré. Le parcours effectué entre deux impulsions à infrarouge divisé par l'intervalle de temps donne la vitesse du véhicule. Il serait théoriquement possible d'effectuer une mesure de la vitesse au moyen de deux impulsions à infrarouge. On considère que l'erreur de 5° sus-citée est impossible sur les radars fixes dont la déviation angulaire est de 1° maximum, ce qui explique l'abaissement en 2009 des marges pour ce type d'appareil. Pour annuler l'imprécision de 5 % des radars disposés ponctuellement, il suffit d'un décalage de 5° par rapport à l'angle de 25° défini au calibrage, cette erreur étant très improbable compte tenu de l'utilisation d'un laser de positionnement.

2.3.3. Réseaux de Transmissions






Dans cette partie, nous allons présenter d'une manière générale la technique de l'exploitation de la fibre optique dans un réseau de transmission des données ou des informations ainsi que la structure constructive ou fonctionnelle et ses caractéristiques.

2.3.3.1. Réseau optique de transmission

Dans la récolte des données de terrain vers le centre de contrôle, nous utiliserons le réseau dorsal en fibre optique que nous allons dimensionner de manière judicieuse afin d'assurer la qualité du signal transmis. Ces réseaux optiques utilisent seulement le niveau physique du modèle de référence pour acheminer leurs données. En d'autres termes, les paquets IP sont mis dans des trames, (Pierre lecoy 2018) qui, à leur tour, sont émises sur un support physique. Les réseaux optiques permettent de transporter des signaux sous forme optique et non électrique, à la différence des réseaux classiques.

2.3.3.2. Données

Pour la collecte des données un questionnaire contenant trois catégories de questions a servi de guide des interviews menées dans la zone d'étude. Des questions devront être posées aux agents de la PCR, à la CNPR, à la DGI, aux chauffeurs ainsi qu'aux usagers pris de manière individuelle pour en sortir un caractère donné. Ces questions ont permis de se renseigner sur:

-  Le type d'accidents routiers
-  Les causes d'accidents
-  Le lieu
-  Le nombre d'accidents enregistrés
-  Le type d'équipements utilisés.

Ces questions ont permis de se renseigner sur différents types d'accidents routiers, la cause d'accidents ainsi que le nombre d'accidents enregistrés par la PCR pour faire un bilan annuel sur le taux d'accidents.




3. Résultats

Dans cette partie des résultats, nous allons présenter les résultats de notre recherche de manière chiffrée et allons aussi proposer un modèle de gestion pour la surveillance routière en se penchant beaucoup plus sur l'aspect excès de vitesse afin de réduire sensiblement (minimaliser) les accidents de circulation routière ainsi qu'une base de données pouvant permettre d'identifier tous les véhicules de la ville de Lubumbashi afin de permettre aux agents (la police de circulation routière) d'avoir toutes les informations possible sur les véhicules ainsi que l'adresse du propriétaire pour qu'en cas de violation de code de la route ou d'accident que le véhicule soit facilement repérable.

3.1. Présentation des données

3.1.1. Analyse statistique des accidents sur les grandes artères

La ville de Lubumbashi connaît un accroissement en termes de nombre des véhicules. Cet accroissement n'est pas accompagné par la formation nécessaire et efficace sur le code de la route. C'est pourquoi, la plupart des accidents constatés dans la ville, plus précisément sur l'Avenue du 30 Juin, sur la route KIPUSHI, Le boulevard M'SIRI, l'avenue SENDWE, ainsi que sur l'avenue LUMUMBA et autres étaient causés par :

-  Soit le non-respect du code de la route,
-  Soit la violation ou le non-respect des feux de signalisation,
-  Soit l'excès de vitesse.

3.1.2. Bilan des accidents de circulation routière de l'année 2018

Le rapport trimestriel de la PCR sur les accidents enregistrés au cours des cinq dernières années, est représenté dans la **Figure 7** ci-dessous regroupant tous les accidents qui se sont produits au cours des ces années repartis selon cette série chronologique suite aux excès de vitesse, imprudences au volant, mauvais stationnements, mauvais chargements, non-respect du code de la route, pour ne citer que cela

(PCR Lubumbashi/RDC). Le nombre d'accidents de circulation routière est définie selon une fonction croissante affine $y = 1,5035x + 105,23$ (4)

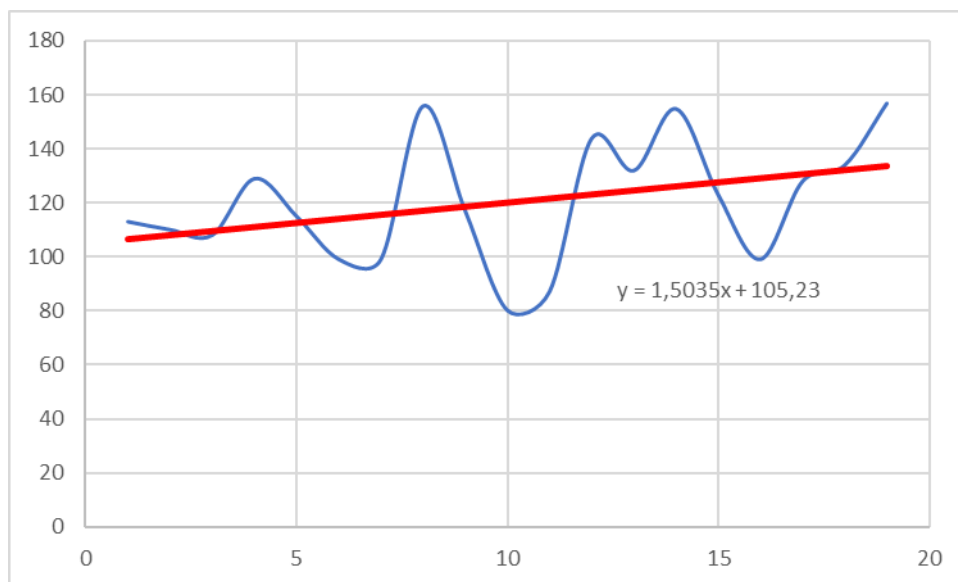


Figure 7. Bilan des accidents de circulation routière des années 2018 à 2022

3.2. Analyse et présentation des artères pouvant faire objet d'un contrôle de vitesse

Le contrôle de vitesse est utile pour la diminution des risques d'accidents, lesquels accidents causent d'énormes préjudices tant sur les conducteurs, les usagers, que sur les piétons. C'est ainsi que les tronçons les plus ciblés seront ceux dépourvus d'un système de regulation.

3.2.1. L'avenue du 30 juin

L'avenue du 30 Juin est situé en plein centre de la ville de Lubumbashi et peut bien faire l'objet d'un contrôle de vitesse étant donné qu'il est très fréquenté par des élèves et étudiants à pieds. Le tronçon le plus sensible est celui situé entre l'avenue Ndjamenana, l'avenue Kimbangu et l'avenue Kilela Balanda. Selon l'article 18.1 du code de la route limite la Vitesse dans des agglomeration, pour tout vehicule, à 60 km/h [NCR 04].

3.2.2. La Route KIPUSHI ou Nationale N°1

La route Kipushi est située dans la commune Annexe et peut bien faire l'objet d'un contrôle de vitesse, étant donné qu'elle est fréquenté par les élèves, et les usagers de la route (les personnes à pieds). Le tronçon entre le marché Matshipisha et le croisement entre la route Kasumbalesa et la route Kipushi sont des routes les plus sensibles, la vitesse recommandée selon l'article 18.2 du code de la route limite la vitesse en dehors des agglomerations à 90Km/h sur les autres voies publiques. La Vitesse des autobus et des autocars est limitée à 75 Km/h [NCR 04].

3.2.3. Le Boulevard M'SIRI

Le boulevard M'Siri situé à l'entrée de la ville de Lubumbashi fait la liaison entre l'entrée de la ville (en provenant de l'aéroport ou de la route Likasi) et le carrefour (place de l'unité Katangaise).

Ce boulevard est le plus fréquenté par les taxi-bus, taxi, camions poids lourd et d'autres mobiles. Avec l'élargissement de la largeur de ce boulevard, les usagers dépassent souvent la vitesse autorisée, car tout le monde veut dépasser tout le monde. Cependant ce boulevard peut faire l'objet d'un contrôle de vitesse pour éviter des accidents liés à l'excès de vitesse. La vitesse recommandée selon l'article 18.2 du code de la route limite la vitesse en dehors des agglomerations à 120 Km/h sur les autoroutes et sur les voies publiques divisées en trois bandes de circulations ou plus dont deux au moins sont affectées à chaque sens de circulation [NCR 04].

3.2.4. L'Avenue Sendwe

L'avenue Sendwe est située en plein centre de la ville de Lubumbashi et peut bien faire l'objet d'un contrôle de vitesse étant donné qu'elle est très fréquentée par des élèves, étudiants et plusieurs marchands à pieds. Le tronçon le plus sensible est celui situé entre la chaussée M'zée Laurent Désiré Kabila et l'avenue Likasi. Selon l'article 18.1 du code de la route limite la Vitesse dans des agglomération, pour tout véhicule, à 60 km/h [NCR 04].

3.2.5. L'Avenue LUMUMBA

L'avenue Lumumba va du carrefour (place de l'Unité Katangaise) jusqu'au centre-ville. Cette avenue est très sollicitée par les taxis-bus, taxis, camions remorque, camions poids lourds, les étudiants (es), les élèves car elle permet la liaison entre la ville et le carrefour.

Nous l'avons aussi choisi pour en faire un site de contrôle de vitesse afin de limiter le nombre d'accidents sur ce tronçon. Étant donné que plusieurs automobilistes ne respectent pas les feux de signalisation placés sur ce tronçon. Selon l'article 18.1 du code de la route limite la Vitesse dans des agglomération, pour tout véhicule, à 60 km/h [NCR 04].

3.3. Présentation du système de contrôle

Ici nous avons proposer notre système de contrôle qui consiste à:

- ✚ Placer les capteurs le long des artères que nous avons ciblés, lesquels capteurs nous permettrons de déceler s'il y a ou pas des excès de vitesse, s'il y a excès de vitesse la photo sera prise et envoyée automatiquement au centre de contrôle qui sera géré par la police de circulation routière.
- ✚ La photo sera cryptée et envoyée automatiquement par un réseau de transmission au centre de contrôle.
- ✚ Effectuer les décryptages de la photo et faire la lecture de la plaque d'immatriculation, cela va nous permettre d'avoir l'ensemble des éléments qui sont liés à l'infraction,
- ✚ L'indication de la vitesse, la date, l'heure et l'endroit etc...
- ✚ Envoyer un avis de contravention au propriétaire du véhicule qui sera édité automatiquement par le poste sous le contrôle de la police de circulation routière(PCR), s'il ne conteste pas il paie l'amende dans une banque où sera ouvert un compte de la PCR ensuite il va présenter les preuves de paiement au bureau de la PCR ; s'il y a contestation il doit envoyer une lettre motivée à la PCR avec un justificatif de consignation et la PCR apprécie les motifs soit en classant l'affaire et rembourse la consignation , soit en rejetant la demande et poursuit le contrevenant ; comme nous montre la **Figure 12** ci - dessous.

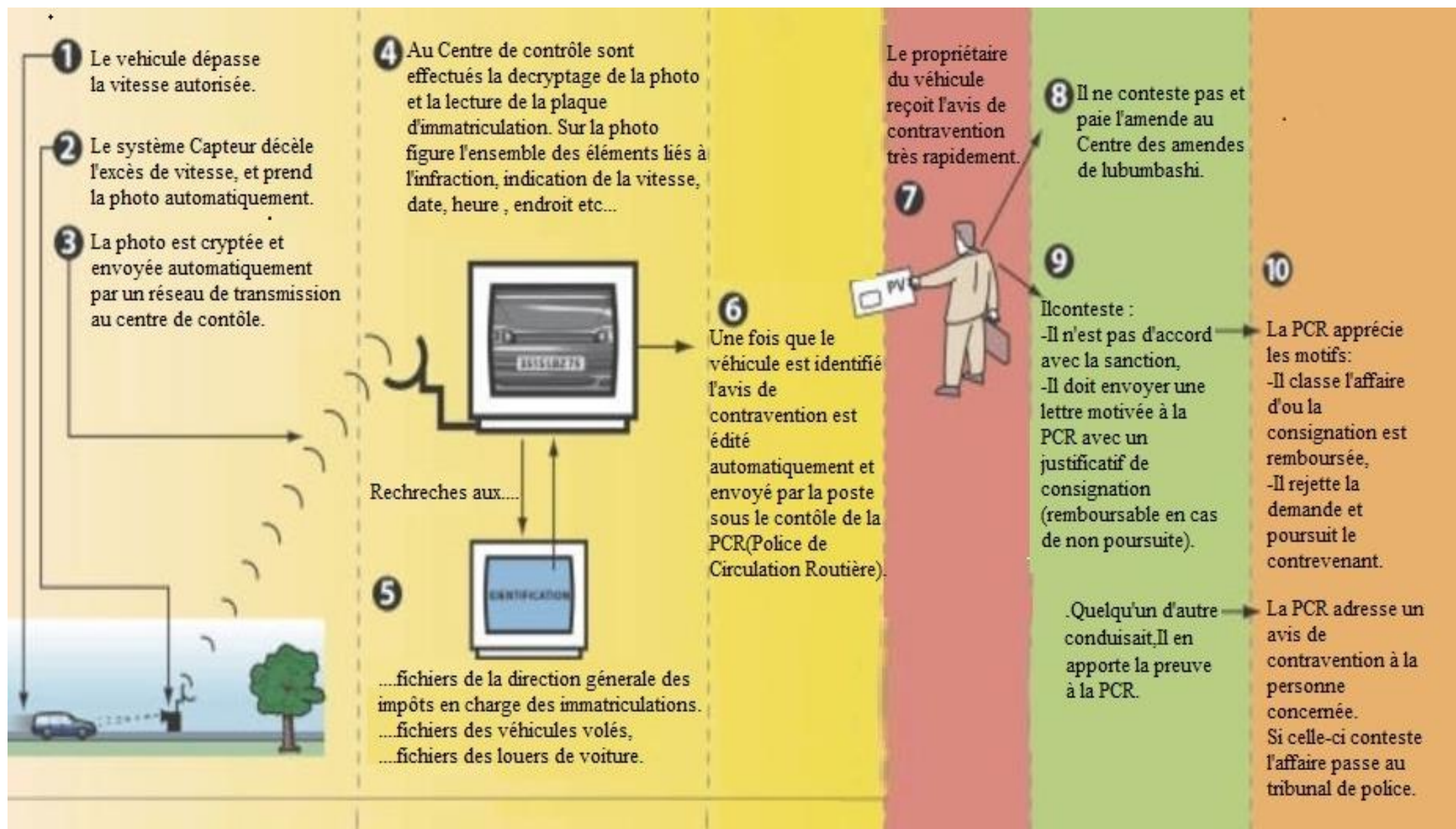


Figure 12. Structure du système de contrôle

3.4. La Base de données et le choix du système de gestion

Comme dit précédemment dans cet article, la PCR Lubumbashi est un service qui prend en compte un grand flux des mobiles qui circulent sur les artères de la ville. Hormis le service de circulation routière ; il y a d'autres services tels que le service de contrôle technique, le service de la DGI, le service de la DRKAT etc....d'où l'intérêt de bien gérer tout ces flux.

Le système informatique s'avère à la pointe de gestion des flux d'informations tant simple que complexe, ce système va se voir être automatisé pour permettre une très bonne manipulation des données ou informations. L'automatisation se fera par un langage de programmation.

3.4.1. Choix du système de gestion de base de données

Le système de gestion de base de données (SGBD) est un logiciel qui constitue pratiquement notre base de données, il sert à manipuler les données avec quatre fonctions qui sont:

- + L'écriture
- + L'affichage
- + L'ajout
- + La suppression

Dans le choix du système de gestion de base de données relationnelle il y a la notion de relation qui intervient, et là on parle de système de gestion de base de données relationnelle (SGBDR).

Le SGBDR permet d'établir les liens qui peuvent exister entre les tables du SGBD.

Ainsi dans cet article, le langage de programmation choisi est le SQL (Structured Query Language) précisément dans son développement de MySQL, sous sa version graphique de MySQL Workbench.

3.4.2. MySQL Workbench

Le MySQL Workbench est un langage de programmation MySQL sous sa version graphique c'est-à-dire qui n'utilise que le code. Le choix a été porté sur lui à cause de sa simplicité dans l'établissement de tables et sa redirection vers le SGBDR MySQL.

Notre base de données est nommée DB Grace. Après avoir crée la base de données on passe ensuite à l'étape d'établissement des tables. Voici d'une manière générale comment se présente une table sous MySQL Workbench voir la **Figure 13**.

Column Name	Datatype	PK	NN	UQ	B	UN	ZF	AI	G	Default/Expression
Id_Vehicule	INT	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Num_Chassis	VARCHAR(20)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Num_Moteur	VARCHAR(20)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Date_Circ1_Rdc	DATE	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figure 13. Table sous MySQL Workbench

Le SGBDR (qui est un Système de Gestion de Base de Donnée Relationnelle) décrit les relations ou liens entre les tables de notre base de données demande d'immatriculation DB comme nous montre la **Figure 14** ci-dessous).

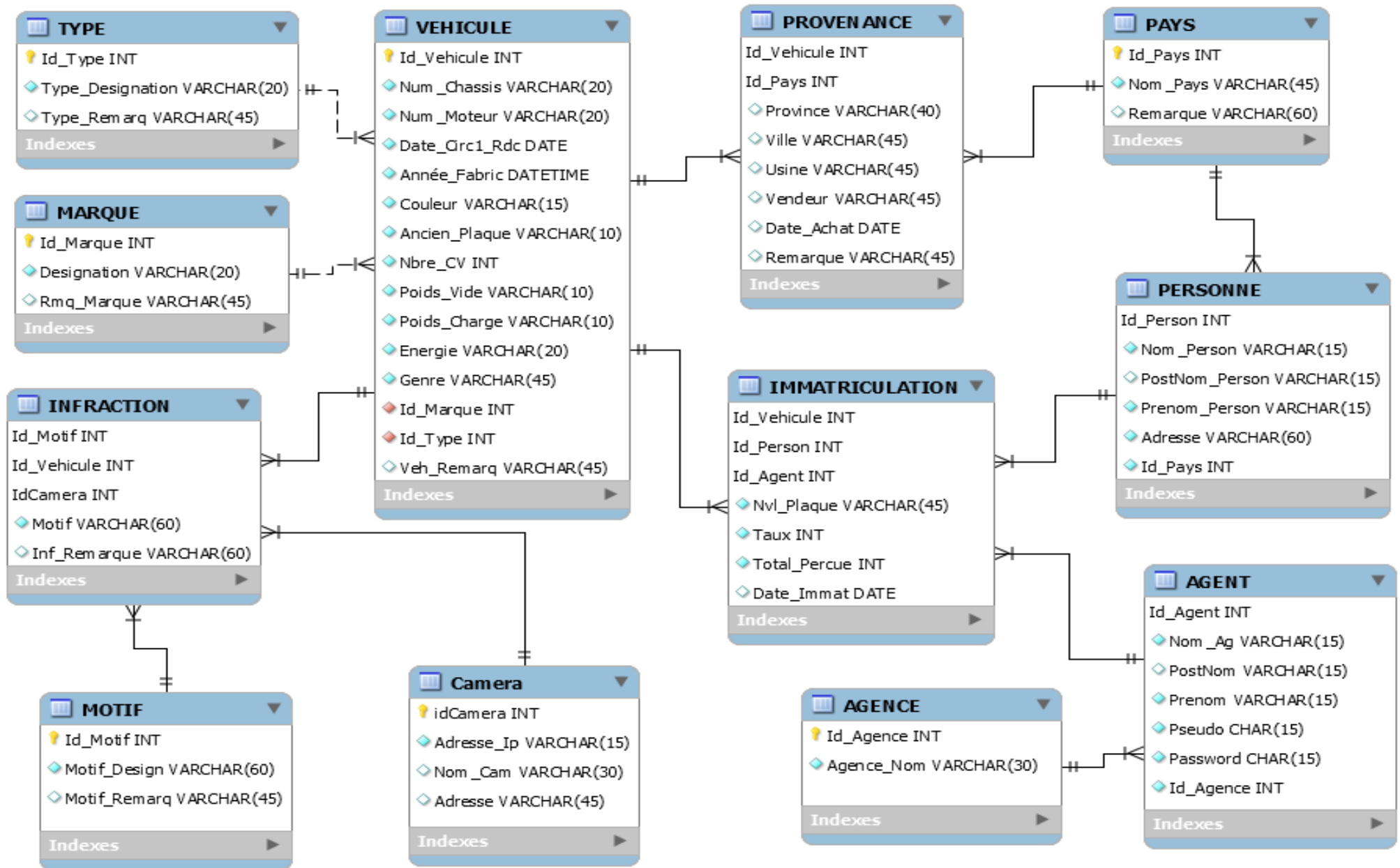


Figure 14. Système de gestion de base des données relationnelle (SGBDR).

4. Conclusion

Nous avons principalement un seul objectif dans cet article qui consistait à faire une étude conceptuelle d'un système de contrôle des vitesses des véhicules pour la surveillance routière dans la ville de Lubumbashi. cet article présente dans sa première partie une analyse statistique de taux de mortalité (accidents) sur les grandes artères de la ville ainsi qu'une conception du système de contrôle de vitesse et de la base de données afin de proposer un modèle de gestion pour la surveillance routière se penchant beaucoup plus sur l'aspect excès de vitesse pouvant réduire sensiblement les accidents de circulation routière. Pour parvenir à cet objectif, nous avons proposé une piste de solution qui va pouvoir permettre de gérer le contrôle de vitesse de véhicule partant de la détection de vitesse avec appareil de prise d'image fonctionnent sous l'effet doppler pour un fonctionnement harmonieux en réseau, nous avons ajouté un système de communication informatique depuis le point de la détection jusqu'au centre de contrôle qui sera géré par la police de circulation routière (PCR). Cette modélisation, nous a conduit à réaliser une programmation de base de données pour la demande d'immatriculation et la mise en relation avec l'agence en charge d'enregistrement de véhicule et la police de circulation routière, nous avons ciblé quelques sites de la ville de Lubumbashi sur lesquels le système peut être appliquée mais avec une idée d'expansion horizontale sur toute la ville de Lubumbashi et dans notre pays la RDC.

7. Bibliographie

- [BRO 00] A. Broggi, K. Ikeuchi, and C. Thorpe. Special issue on vision applications and technology for intelligent vehicles: Part II—Vehicles. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1(3) :133, 2000.
- [CIR 20] Rapport d'études de la consommation en énergie de production des usagers productifs de la ville de Goma, 2020.
- [ENR 18] Rapport d'étape sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique de la SADC 2018, page 8
- [FEI 12] Y.Fei, «Contribution à la modélisation et à la régulation du trafic aux intersections : integration des communications Véhicule-Infrastructure,» Université de Technologie de BelfortMontbéliard, pp. 10-16, 2012.
- [KAS 18] Portence Kasongo, Mukoko Kalenda, Lunda Ilunga, Kipata louis, Elaboration De La Carte Géotechnique de la Ville de Lubumbashi Guide Technique de Sélection des sites d'implantation d'ouvrages du Génie Civil, Lubumbashi, 2018.
- [NCR 04] Nouveau code de la route, Journal officiel de la République Démocratique du Congo, Kinshasa 30 Juillet 2004 : <http://www.leganet.cd/Legislation/DroitPenal/Roulage/Loi.078.022.30.08.1978.pdf>
- [NKU 06] Nkuku K, Remon M. Stratégies de survie à Lubumbashi (RD-Congo): enquête sur 14000 ménages urbains 2006.
- [SEB 14] F. Sébastien, «Contrôle et gestion du trafic routier urbain par un réseau de capteur sans fils,» Paris telecom, Paris, pp.2-5, 2014.
- [WOR 18] World Health Organization. *World health statistics 2018: monitoring health for the SDGs*. 2018.
- [ARR 09] <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000020777051> le 06/03/2023 à 22heure : Arrêté du 4 juin 2009 relatif aux cinémomètres de contrôle routier .



UNIVERSITE DE LUBUMBASHI

QUESTIONNAIRE D'ENQUETE

Fiche d'identification de taux d'accidents routiers

I. Identités

Nom :

Post-nom :

Prénom :

Téléphone :

Adresse complet :

II. Type des services

a. PCR ☐

b. CNPR ☐

c. DGI ☐

d. USAGEE ☐

III. Type d'accidents routiers

a. Types d'accidents :

Mort ☐ Blessure ☐ Dégât matériel ☐ Collusion ☐ Tamponnage ☐

b. Cause d'accident

Ivresse ☐ Excès de vitesse ☐ Non-respect de code de la route ☐

c. Lieu :

Nombre d'accident enregistré :

Jour semaine mois année

IV. Type d'équipements utilisé

a. Caméra ☐

b. Envoie des agents sur terrain ☐

V. Curiosité:

Partage des informations avec d'autres services entre:

a. PCR ☐

b. CNPR ☐

☐

c. DGI

VI. Suggestion globale:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fait à Lubumbashi:, le /...../ 2022

Signature

Chercheur :

1. Msc, Ir Grace TWITE KALENGA

Tel: +243 97 57 79 578

Email : twite.kalenga@unilu.ac.cd