

CAHIER DE CHARGE

Projet Learning By Doing

Ecole centrale casablanca

Badreddine saadioui

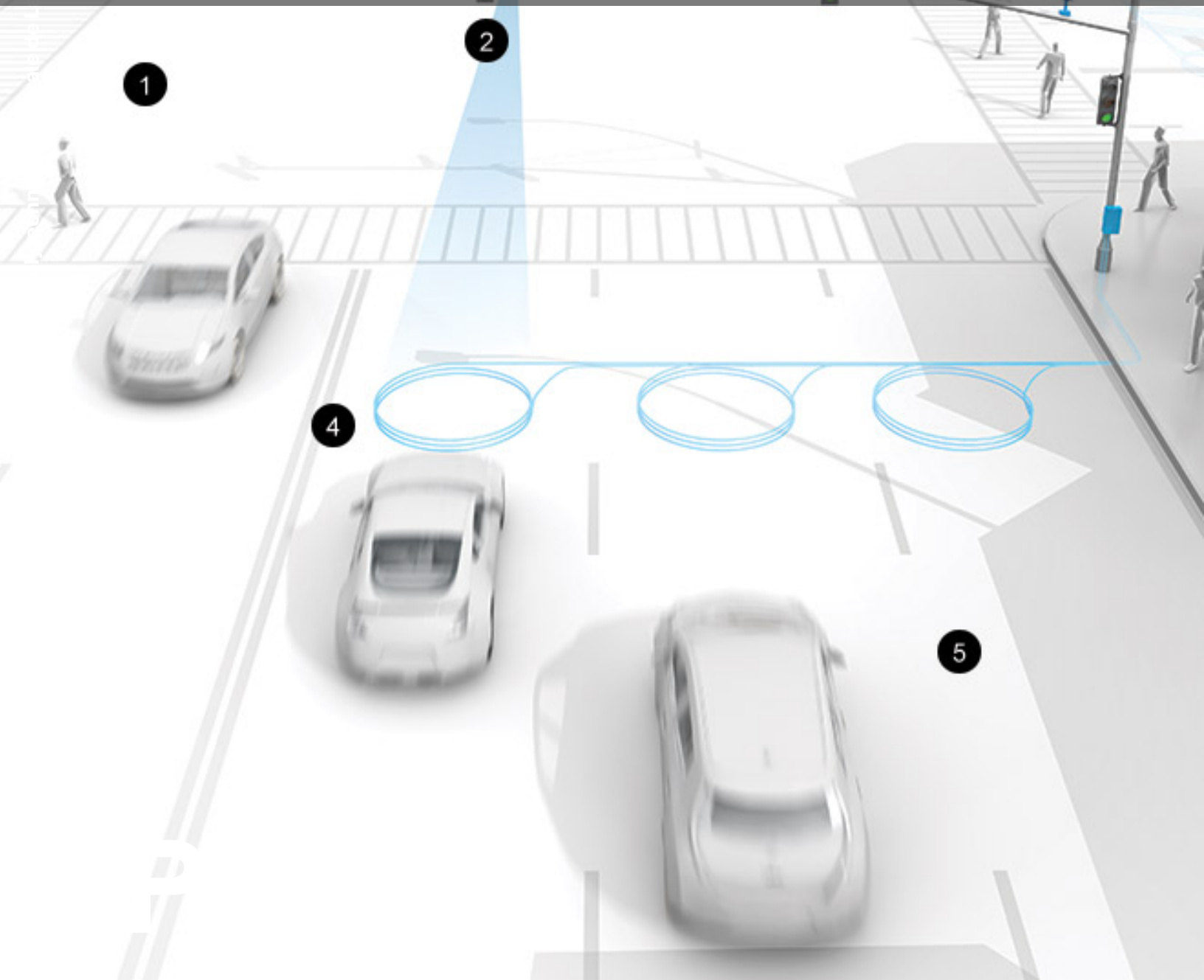
Jaafar Sellakh

Lamyae Tabli

Landry Sebeogo

Ibrahim Chigata

www.ecsca.ma



CAHIER DE CHARGE

Projet Learning By Doing

by

**Badreddine saadioui
Jaafar Sellakh
Lamyae Tabli
Landry Sebeogo
Ibrahim Chigata**

Contents

1	Introduction Générale	1
2	Présentation de l'idée	2
2.1	Problématique	2
2.2	expression de besoin et parties prenantes	3
3	Univers de solutions:	4
3.1	Système de tarification de la congestion:	4
3.2	les systèmes de vélo en libre-service	5
3.3	Encourager le covoiturage en Afrique	8
3.4	Elargissement des routes :	9
3.5	Mettre en œuvre la coordination des feux de circulation	10
4	Synthèse des solutions	12
5	Solution retenue	13
5.1	Fonctionnement	13
6	Conception	16
7	Macro-Planning et avancement de projet	18

1. Introduction Générale

L'école Centrale Casablanca se consacre à former les leaders de demain en les plongeant dans des projets qui les préparent à affronter les défis économiques actuels et futurs. En se concentrant sur les technologies qui définissent l'avenir de l'industrie, les élèves apprennent à créer des solutions innovantes pour résoudre les problèmes d'aujourd'hui. Le projet "Learning By Doing" est l'incarnation de cette approche, les étudiants travaillent en équipe pour concevoir un projet ambitieux sur le thème de la ville intelligente en Afrique. Ce projet, qui se déroule sur deux semestres, vise à initier les étudiants au travail en équipe et à les préparer au monde professionnel. Pour sa troisième édition cette année, le projet se concentre sur la ville intelligente en Afrique. Chaque groupe d'élèves, sous les conseils avisés de leur tuteur, essaient d'élaborer le projet de A à Z, de la phase de recherches préliminaires jusqu'à la réalisation d'un prototype final.

Notre rapport se concentre sur notre sujet d'étude, notre problématique, les solutions existantes et celle que nous avons choisie, ainsi que notre plan d'action pour la réalisation de notre prototype. Nous explorons l'univers des solutions existantes, en examinant leurs limites et en choisissant celle qui convient le mieux à notre projet. Nous présentons également un plan détaillé de notre projet, y compris une planification qui résume les étapes déjà réalisées et celles à venir. Enfin, nous concluons notre rapport en résumant les principaux points abordés et en fournissant une bibliographie complète. En somme, l'école Centrale Casablanca offre une formation pluridisciplinaire qui prépare les élèves aux défis économiques actuels et futurs en les reliant aux nouvelles technologies. C'est un véritable laboratoire d'innovation où les élèves peuvent expérimenter, échouer et apprendre, tout en développant leur capacité à résoudre les problèmes les plus difficiles.

2. Présentation de l'idée

2.1 Problématique

Les embouteillages sont un phénomène malheureusement courant sur les routes que nous fréquentons quotidiennement. Que ce soit en raison d'un accident ou d'une mauvaise coordination des feux de signalisation, ils tendent souvent à s'accumuler et peuvent durer des heures. Les embouteillages causent des retards considérables pour les conducteurs et les passagers, ainsi qu'une augmentation de la consommation de carburant et des émissions de gaz à effet de serre.

Il existe plusieurs moyens de réduire les embouteillages sur les routes, mais l'un des plus efficaces est l'optimisation de la synchronisation des feux tricolores dans une ville. En synchronisant les feux sur les routes les plus fréquentées, on peut faciliter le passage des véhicules et réduire les points de congestion. Cela peut également améliorer la sécurité routière en réduisant les risques d'accidents.

Il est important de noter que la synchronisation des feux de signalisation n'est qu'une des mesures qui peuvent être prises pour réduire les embouteillages. Il est également possible de mettre en place des systèmes de gestion de la circulation, de construire des voies réservées aux transports en commun ou encore de promouvoir les alternatives à la voiture individuelle pour réduire les embouteillages. En somme, les embouteillages sont un problème complexe qui nécessite une approche globale pour être résolu efficacement. L'optimisation de la synchronisation des feux de signalisation est un élément important pour résoudre les embouteillages de manière globale.

2.2 expression de besoin et parties prenantes

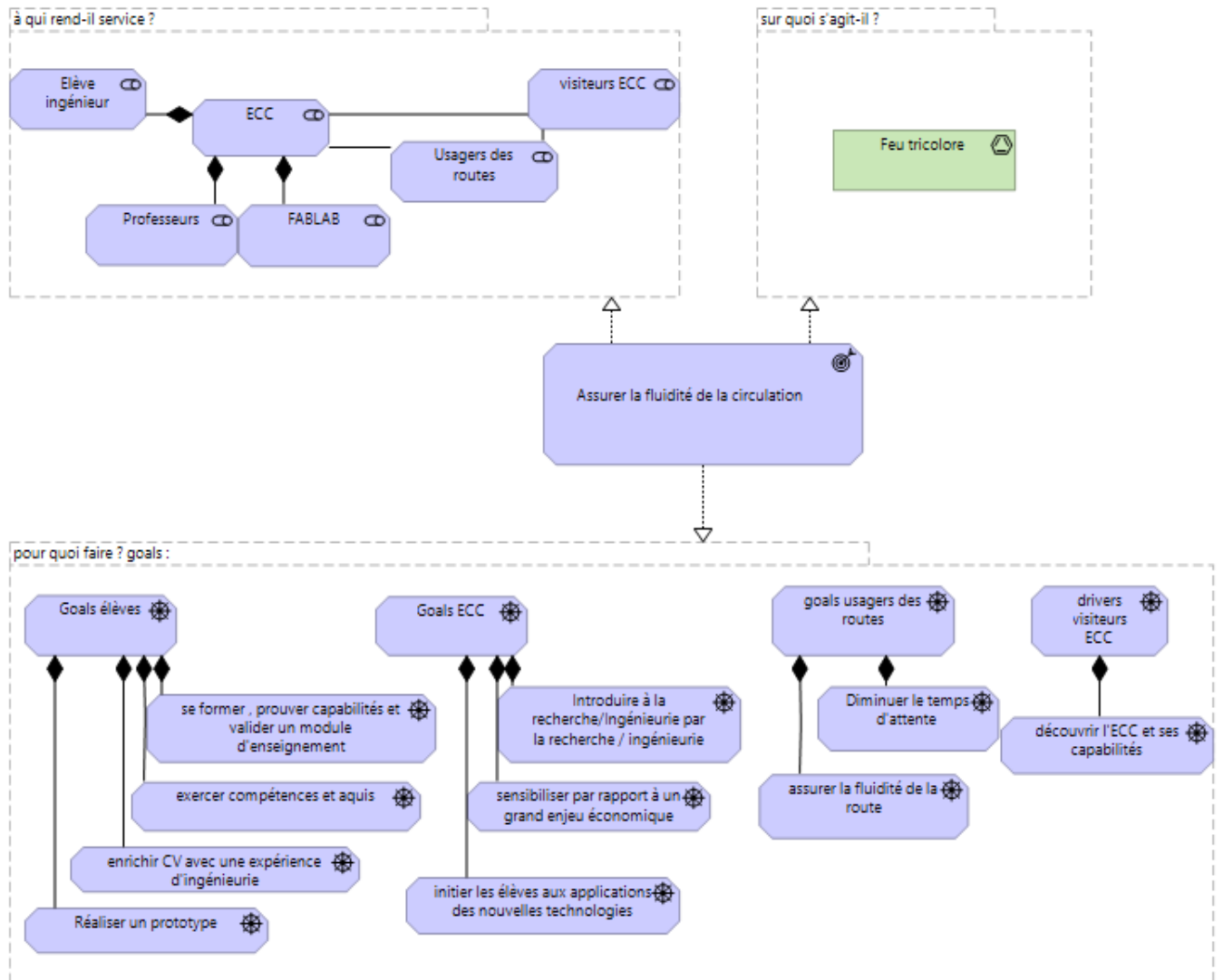


Figure 1: Parties prenantes et objectifs du projet

3. Univers de solutions:

3.1 Système de tarification de la congestion:

La tarification routière peut contribuer à réduire les embouteillages en rendant la conduite plus coûteuse sur les routes très fréquentées. Cela rend les gens plus susceptibles de choisir des itinéraires moins encombrés, ce qui réduit le temps que les gens passent à conduire dans la circulation. Les avantages tirés de la tarification de la congestion sont considérables. Cette politique utilisée par la ville Stockholm a immédiatement eu pour effet de réduire la congestion au centre de la ville, après quinze années d'utilisation du réseau routier à pleine capacité. Durant la période d'essai, le nombre de véhicules franchissant le cordon de la zone centrale a chuté de 20 à 30 %, soit le double de l'objectif initial de 10 à 15 %.

Cependant, Il y a potentiellement des facteurs qui peuvent affecter la viabilité et l'efficacité de la tarification de la congestion en Afrique. Il est important de considérer ces limites lors de la planification et de la mise en place de tels systèmes, afin de maximiser les avantages et minimiser les inconvénients pour les populations.

Les inconvénients sont entre autres :

- L'état des routes en Afrique varie considérablement, Certaines routes sont en excellent état et bien entretenues, tandis que d'autres sont en mauvais état et nécessitent des réparations importantes. Cela peut rendre la mise en place de la tarification de la congestion difficile dans certaines régions, car cela nécessite des infrastructures de transports modernes et fiables pour fonctionner efficacement.
- Manque de capacités techniques : La mise en place d'un système de tarification de la congestion nécessite des technologies avancées notamment des systèmes de détection de véhicules et de péage électronique. Ces technologies peuvent être coûteuses et nécessitent un entretien permanent.
- Manque de fonds : La mise en place d'un système de tarification de la congestion peut également nécessiter des investissements importants, tels que l'installation de matériel de péage et la formation du personnel. Dans les pays où les budgets publics sont limités, il peut

être difficile de financer ce genre de projet

- Impact sur les personnes les plus défavorisées : Les coûts liés à la tarification de la congestion peuvent être plus élevés pour les personnes à faible revenu qui dépendent fortement de leur véhicule pour se déplacer. Il est important de prendre cet impact en considération lors de la mise en place de systèmes de tarification de la congestion, et de proposer des mesures d'accompagnement pour les personnes les plus défavorisées.
- Manque de confiance envers les autorités : Il peut y avoir un manque de confiance des populations vis-à-vis des autorités, cela peut rendre difficile pour les autorités de mettre en place des systèmes de tarification de la congestion car ils peuvent rencontrer de la résistance ou des contestations.

3.2 les systèmes de vélo en libre-service

Les vélos en service libre représente un programme permettant aux citoyens d'emprunter des bicyclettes à des emplacements précis dans la ville, généralement à des stations de partage de vélos, et de les rendre à une autre station lorsqu'ils en ont fini avec eux. Les vélos en libre-service sont généralement équipés de dispositifs de verrouillage et de suivi GPS pour assurer leur sécurité et faciliter leur localisation. Cela permet aux gens de se déplacer rapidement et facilement à travers la ville sans avoir besoin d'utiliser leur propre véhicule, ce qui réduit le nombre de véhicules sur les routes et donc la congestion routière. C'est une solution utilisée à travers les continents. C'est le cas de Vélib' à Paris, qui compte 20 millions d'utilisateurs à travers la ville avec 20.000 vélos à leurs actifs. Permettant ainsi aux utilisateurs de facilement réserver et utiliser les vélos à travers la ville, à l'aide d'une carte de crédit ou d'un Pass journalier.

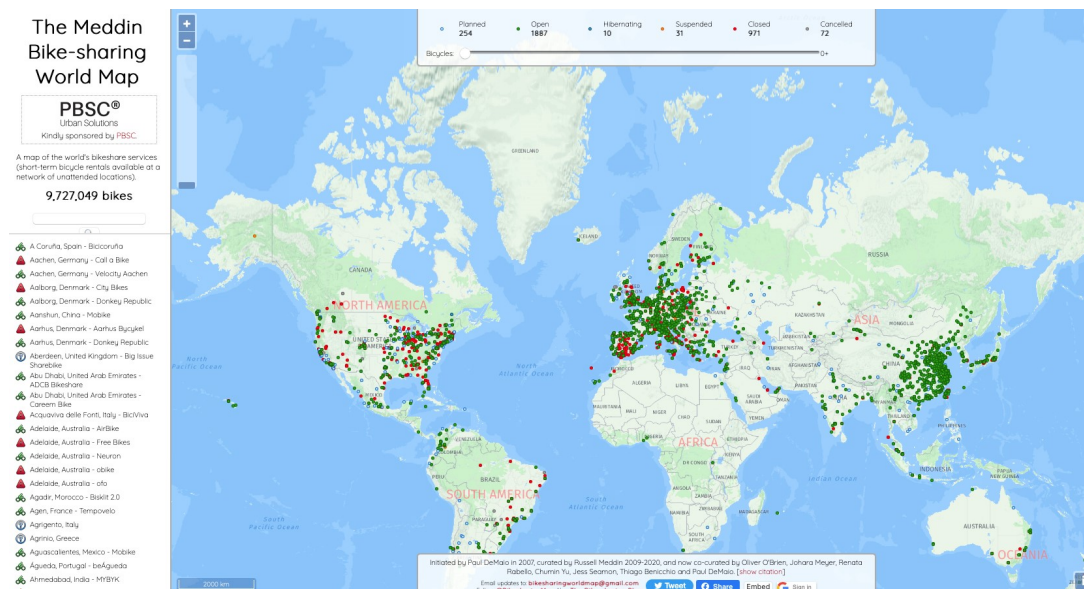


Figure 2: répartition des systèmes de vélo en libre-service à travers le monde

3.2.1 Avantages:

- Le coût de l'abonnement reste généralement moins élevé qu'un abonnement aux transports en commun, et reste également bien moins cher que l'achat et la maintenance d'une voiture par exemple. Ce qui permettra de mettre ce vélo disponible à la grande majorité de la population.
- L'utilisation d'un vélo en libre-service offre quelques autres avantages en termes de coût et de sécurité. Par exemple, c'est l'opérateur qui prend en charge la maintenance et la réparation des vélos. Afin d'alléger les frais de l'utilisateur.
- point de vue, écologique, utiliser ce système réduire considérablement la pollution atmosphérique tout en passant par la fluidification de la circulation donc la réduction de la pollution sonore. Le vélo est moins bruyant que les véhicules à moteur, ce qui rend la qualité de vie meilleure en ville.

3.2.2 Contraintes:

- Les coûts d'installation d'un système de vélos en libre-service peuvent être élevés, notamment la construction des stations de vélos, l'achat des vélos et la mise en place des systèmes de verrouillage et de suivi GPS. A titre illustratif, le cout de lancement de Vélib" à Paris a coûté, 150millions de dollars, y compris l'acquisition des

vélos, la construction des stations et la mise en place des systèmes de paiement et de surveillance

- D'un point de vue entretiens, Les systèmes de vélos en libre-service nécessitent un entretien régulier pour assurer leur bon fonctionnement, ce qui peut représenter un coût important pour certains pays Africain.
- Le problème le plus récurrent, malgré les mesures de sécurité mis en place, est le Vol et le vandalisme, C'est vélo sont bien souvent libre-service peuvent être la cible de vols et de vandalisme, ce qui peut entraîner des coûts supplémentaires pour leur remplacement ou leur réparation. Ce qui pourra composer une entrave a son fonctionnement, en fonction du degré de discipline des populations.

3.2.3 Vélo en libre-service en Afrique:

Il y a eu des initiatives pour mettre en place des systèmes de vélos en libre-service en Afrique, mais ils sont encore assez limités par rapport à d'autres régions du monde. Cependant, il y a eu quelques projets réussis, notamment à Tunis, au Maroc et en Afrique du Sud. Les systèmes de vélos en libre-service en Afrique sont souvent financés par des investisseurs privés ou des organisations internationales, et ciblent généralement les zones urbaines avec une population importante et un accès limité aux moyens de transport en commun. Les systèmes de vélos en libre-service ont le potentiel de contribuer à la réduction de la congestion routière, de l'air pollué et de la sédentarité en Afrique, mais il y a des défis à surmonter pour les rendre plus largement accessibles et utilisables par les populations locales. Les obstacles peuvent inclure des infrastructures insuffisantes, des niveaux élevés de criminalité, des problèmes de maintenance et de gestion, et une utilisation limitée par manque de connaissance ou d'accès aux moyens de paiement.

3.3 Encourager le covoiturage en Afrique

Le covoiturage est un système de transport où plusieurs personnes se partagent les frais d'un voyage en utilisant une seule voiture. Il peut s'agir d'un trajet quotidien pour se rendre au travail ou à l'école, ou d'un trajet occasionnel pour un déplacement ponctuel. Le covoiturage a pour but de réduire, les coûts de transport, de réduire la congestion routière à l'heure de pointes ou de descente et de réduire les émissions de gaz à effet de serre. Il peut être organisé de manière informelle entre amis ou collègues, ou de manière plus formelle via des plateformes en ligne ou des applications de covoiturage. On note cependant, que certains pays africains comme Le Togo vient de lancer son propre système de covoiturage, qui s'appelle BMP.

3.3.1 Avantages et inconvénients :

Les avantages du covoiturage en Afrique sont nombreux. Tout d'abord, il permet de réduire les coûts de transport pour les personnes qui y participent. Cela peut être particulièrement utile pour les personnes ayant un faible revenu ou vivant dans des régions éloignées des centres urbains. En outre, le covoiturage contribue également aider à réduire les embouteillages en répartissant les conducteurs sur plusieurs véhicules tout en contribuant à la réduction de la pollution de l'air.

Quant aux inconvénients du covoiturage en Afrique sont principalement liés à la sécurité et à la fiabilité. Les conducteurs qui proposent des trajets de covoiturage ne sont pas toujours fiables et peuvent ne pas arriver à l'heure ou annuler leur voyage à la dernière minute. Pour une bonne marche de cette solution, Il est important de prendre des précautions pour assurer la sécurité des passagers et des conducteurs, ainsi que vérifier les antécédents des conducteurs et établir des règles de conduite claires.

3.4 Elargissement des routes :

Bloqués dans les embouteillages nous nous sommes déjà demander pourquoi ne pas agrandir les routes pour permettre à tout le monde de circuler rapidement ?

Cependant cette stratégie fournira des bienfaits seulement à court terme mais ne règlera pas la circulation à long terme.

3.4.1 Contraintes

Une étude menée par Transportation for America, qui est l'organisme qui s'occupe des problèmes liés à la congestion confirme le fait que cela ne sera pas bénéfique à long terme.

Voici un exemple bien précis : le réseau autoroutier de la ville de Jackson, au Mississippi, a connu une expansion de plus de 60 % de 1993 à 2017 pendant que sa population enregistrerait une hausse d'à peine 9 %. Eh bien, en 24 ans, le trafic a explosé dans une proportion de 317 % [1].

L'étude confirme que le rythme de la circulation s'accélère après l'ajout de voies sur une autoroute, mais les automobilistes en profitent alors pour changer leur itinéraire et voyager sur de plus longues distances, sans compter qu'ils font moins d'efforts pour éviter les heures de pointes. De plus, certains usagers du transport en commun optent aussi pour la voiture en pensant sauver du temps [1].

Une étude plus poussée, réalisée par Matthew Turner et Gilles Duranton, deux économistes au Bureau américain de recherches économiques ont utilisé le Big Data pour donner une relation précise entre l'augmentation des routes et celui de la population [2].

Après analyse des données, ils affirment que si la capacité des routes augmente de 10%, la distance parcourue par les automobilistes connaîtra une hausse équivalente. Turner et Duranton appellent cela : la loi fondamentale de l'embouteillage. De nouvelles voies créent de nouveaux usagers entraînant une intensité égale du trafic. Les nouveaux usagers ne viennent pas de nulle part. La route fluidifiée attire de plus en plus de conducteurs [2].

L'augmentation de la congestion sur de nouvelles routes plus grandes est, en partie, due au fait qu'elle maintient les gens dépendants de la voiture.

De plus cette solution, exigerait une somme faramineuse pour la réduction de la congestion, un luxe que certains pays africains ne pourraient pas s'offrir. On estime le kilomètre de route à environ 30million de Dh.

3.5 Mettre en œuvre la coordination des feux de circulation

Une solution en vogue à ce 21^{ème} siècle est la création de feux tricolores qui à un fonctionnement dépendant du flux de la circulation sur les artères de la ville.

C'est en ce sens que le géant Américain, à décider de confier la gestion des feux tricolores à une intelligence artificielle dans le but de fluidifier la circulation, voici le futur qu'espère concrétiser Google. Concrètement, l'IA se basera sur les images fournies permettant de juger de la densité de la circulation afin de paramétrer la durée d'attente des automobilistes et des conducteurs de deux-roues. La durée d'un feu rouge ne sera donc pas la même selon les différents horaires de la journée.

Les équipes de Google en charge de ce programme affirme que les recherches menées en Israël en vue d'établir des prédictions sur les conditions de circulation et améliorer la coordination des changements de feux de circulation, ont permis de constater la réduction de 10 % à 20 % de la consommation de carburant et du temps d'attentes aux croisements.

3.5.1 Contraintes

- **financement:** La mise en place d'une infrastructure de traitement de données et de capteurs pour alimenter l'IA peut entraîner des coûts importants. Ce qui représente une limitation pour certains pays Africains pour adopter cette solution vu le coût.
- **Intégration difficile :** Il peut être difficile d'intégrer les feux tricolores IA à l'infrastructure existante de la ville, et des modifications coûteuses peuvent être nécessaires.
- **Fiabilité et maintenance :** Les systèmes IA sont soumis à des bugs et des erreurs, il est donc important de disposer d'une maintenance

et d'une surveillance adéquates pour garantir un fonctionnement optimal.

- Préoccupations éthiques : Il est important de garantir que les décisions prises par l'IA sont éthiques et ne discriminent pas certaines personnes ou groupes de personnes.
- La cybersécurité : Les systèmes de gestion de feux tricolores IA sont vulnérables aux cyberattaques et il est donc important de mettre en place des mesures de sécurité pour protéger les données et les systèmes.

Il est important de consulter les experts en IA et en sécurité routière pour s'assurer que les feux tricolores gérés par une IA sont installés de manière à garantir la sécurité des usagers de la route.

4. Synthèse des solutions

Cet univers des solutions, répondant au problème de la congestion routière comprend une variété de solutions, chacune ayant ses propres caractéristiques, avantages et inconvénients. Certaines limitations, telles que le coût, l'ergonomie, la durabilité et la faisabilité, sont considérées comme contraignantes.

	Réalisabilité	Coût	Temps	Matériel (FABLAB)	Efficacité
<i>Covoiturage</i>	***	*	***	-	**
<i>Tarification routière a l'heure des pointes</i>	*	***	***	-	**
<i>Elargissement des routes</i>	-	-	-	-	*
<i>Mise en œuvre la coordination des feux de circulation</i>	***	*	***	**	***
<i>Système de vélo en libre-service</i>	*	***	***	-	**

Figure 3: tableau comparatif de l'univers des solutions

C'est pourquoi en comparant, l'efficacité des différentes solutions proposez, nous avons optez pour la Mise œuvre de la coordination des feux tricolore. Car elle cautionnera une réduction du temps d'attente de 30 %.

5. Solution retenue

5.1 Fonctionnement

Dans le but de réduire les embouteillages, nous espérons développer un système de gestion du trafic amélioré sous la forme d'un contrôleur de feux de circulation basé sur la vision par ordinateur qui peut s'adapter de manière autonome à la situation du trafic au feu de circulation. Le système proposé fixe la durée du feu vert de manière adaptative en fonction de la densité du trafic au niveau du feu et veille à ce que la direction où le trafic est le plus important se voie attribuer un feu vert pendant une durée plus longue que la direction où le trafic est moins important.

Ce projet peut être décomposé en 4 phases :

5.1.1 Phase 1 :

On développera en premier lieu un module de détection de véhicules. Ce module est responsable de la détection du nombre de véhicules donc la densité des routes. On pourra utiliser deux méthodes, détection de la densité par l'image reçue en entrée de des caméras, donc un traitement d'image, ou on utilisera des capteurs ultrasons. Plus précisément, cette phase fournira en sortie le nombre de véhicules de chaque classe de véhicules tels que voiture, vélo, bus, camion etc... On utilisera la bibliothèque libre openCV développée par INTEL qui est responsable sur le traitement d'image et la détection des objets en temps réel.



Figure 4: exemple de détection des véhicules par traitement image

5.1.2 Phase 2 :

À la suite de la détection des véhicules, on passe maintenant à la commande des signaux du feu tricolore, on développera en deuxième lieu un algorithme qui met à jour les temps rouge, vert et jaune de tous les signaux. Ces temporisations sont définies en fonction du nombre de véhicules de chaque classe reçue du module de détection des véhicules et de plusieurs autres facteurs tels que le nombre de voies, la vitesse moyenne de chaque classe de véhicules, etc.

L'algorithme prend en entrée les informations sur les véhicules qui ont été détectés par le module de détection, comme expliqué dans la phase précédente. Ces informations sont au format JSON pour le cas des caméras, avec l'étiquette de l'objet détecté comme clé et les coordonnées comme valeurs. Cette entrée est ensuite analysée pour calculer le nombre total de véhicules de chaque voie. Après cela, le temps de signal vert est calculé, et les temps de signal rouge des autres signaux sont ajustés en conséquence. L'algorithme peut être étendu ou réduit à un nombre quelconque de signaux à une intersection.

On essayera ensuite d'implémenter le maximum des facteurs pour reprocher la réalité lors du développement de l'algorithme :

- Le temps de traitement de l'algorithme pour calculer la densité du trafic, puis la durée du feu vert pour déterminer à quel moment l'image doit être acquise.
- Le nombre de voies
- Le nombre total de véhicules de chaque catégorie (voitures, camions, motos, etc.).
- Densité du trafic calculée à partir des facteurs ci-dessus
- Temps ajouté en raison du retard que subit chaque véhicule au démarrage et de l'augmentation non linéaire du retard subi par les véhicules situés à l'arrière.
- La vitesse moyenne de chaque classe de véhicules lors du passage au feu vert, c'est-à-dire le temps moyen nécessaire à chaque classe pour franchir le signal.

5.1.3 Phase 3 :

Pour s'assurer de la qualité du code des signaux tricolore, on développera maintenant des simulations en utilisant la bibliothèque Pygame pour simuler les feux de circulation et les véhicules se déplaçant à travers une intersection. Cette simulation va aider à visualiser le système et à le comparer avec le système statique existant. On implémentera une intersection à 4 voies avec 4 feux de circulation. Chaque signal sera surmonté d'un minuteur qui indique le temps restant pour que le signal passe du vert au jaune, du jaune au rouge ou du rouge au vert. Afin de rendre la simulation plus réaliste, on prendra aussi en considération que certains des véhicules de la voie la plus à droite vont tourner pour traverser l'intersection. Le fait qu'un véhicule tourne ou non sera défini à l'aide de nombres aléatoires lors de la génération du véhicule.

5.1.4 Phase 4 :

C'est la phase de la conception du prototype qu'on va détailler dans le prochain chapitre.

6. Conception

Le projet que nous proposons prend en entrée des images des caméra Raspberry pi V2-8 pour calculer en temps réel la densité du trafic en utilisant le traitement d'image et la détection d'objets, ou on pourra l'implémenter des données de détection par des Capteur à ultrasons HC-SR04. Pour concevoir notre prototype, nous allons suivre les étapes suivantes :

6.0.1 Sélection des composants :

Nous allons sélectionner les composants nécessaires pour le projet, tels que les caméras Raspberry pi V2-8, les capteurs à ultrasons HC-SR04, une carte Raspberry pi 4 et tout autre matériel nécessaire tel qu'une planche pour le prototypage etc,...

- Raspberry pi 4 : est un ordinateur de poche à carte unique basé sur un processeur ARM Cortex-A72. Il possède 4 Go de RAM, des ports USB 3.0, Ethernet Gigabit, des sorties audio et vidéo HDMI, une entrée jack 3,5 mm et une prise en charge de l'affichage dual-monitor 4K. Il peut exécuter un système d'exploitation basé sur Linux, comme Raspbian, et peut être utilisé pour des projets de développement, de l'apprentissage de la programmation, de l'apprentissage de l'informatique ou même comme ordinateur de bureau ou serveur



Figure 5: Raspberry Pi 4

- caméra Raspberry Pi V2-8 : La caméra Raspberry Pi V2-8 : est une caméra à objectif interchangeable pour le Raspberry Pi. Elle utilise un capteur Sony IMX219 de 8 mégapixels avec une sensibilité élevée et une faible distorsion. La caméra est compatible avec les modèles de Raspberry Pi avec un connecteur CSI (Camera Serial Interface) et peut être utilisée pour des projets tels que la surveillance vidéo, la reconnaissance d'image, la photographie, etc. Elle permet des prises de vue en résolutions allant jusqu'à 3280 x 2464 pixels.

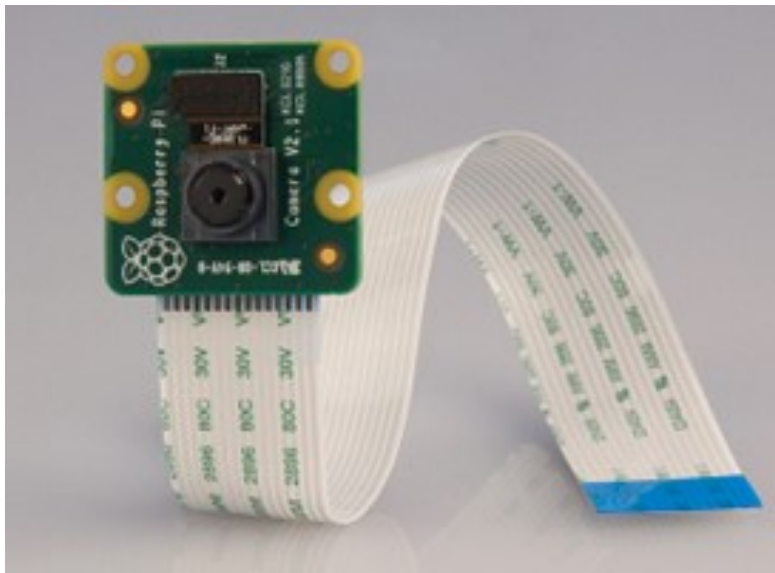


Figure 6: Raspberry Pi V2-8

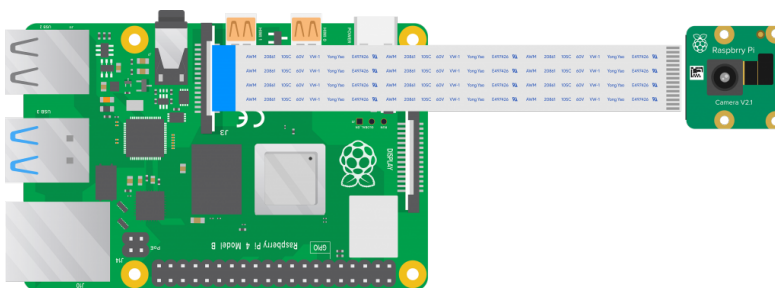


Figure 7: montage avec Raspberry Pi 4

6.0.2 Conception du circuit :

Nous allons utiliser un logiciel de profiCAD pour concevoir le circuit électronique nécessaire pour connecter les caméras/capteurs à ultrasons à la carte Raspberry pi.

6.0.3 Développement du logiciel :

Nous allons implementer le code developpe au debut pour la détection d'objets en utilisant le traitement d'image et la détection d'objets sur les images capturées par les caméras.

6.0.4 Assemblage :

on arrive a la fin du prototypage ou nous allons assembler les différents composants pour former un resultat fonctionnel.

6.0.5 Tests :

Nous allons tester en fin le prototype en utilisant des figurines de vehicules pour vérifier que le système fonctionne correctement et qu'il est capable de calculer la densité du trafic en temps réel.

6.0.6 Optimisation :

Enfin, nous allons effectuer des tests supplémentaires pour optimiser les performances du système et résoudre tout problème rencontré.

7. Macro-Planning et avancement de projet

Ce projet a vu le jour depuis septembre ou le groupe a été constitué et le premier contact avec notre tuteur établit. S'en suivit ensuite de la phase de recherches bibliographiques qui nous a permis de cerner beaucoup plus le thème et d'avoir une idée préliminaire sur les problématiques existantes et envisageables. En parallèle, nous avons eu plusieurs contacts avec quelques entreprises qui nous ont aidés, en parallèle des ateliers problématiser de l'ADPL, à mieux élaborer notre problématique.

Nous avons ensuite eu, en novembre, à présenter lors d'une première soutenance, notre charte projet et notre problématique finale afin de la faire valider par les jurys.

A partir de là, nous avons entrepris des recherches plus poussées sur l'univers des solutions qui existaient déjà en matière de traitement des eaux usées. Nous sommes alors parvenus, après plusieurs comparaisons et synthèses de ces solutions ; mais aussi via des échanges autant avec notre tuteur, qu'avec quelques spécialistes du traitement des eaux, à la solution finale retenue que nous avons pris le soin de vous détailler plus haut. Aujourd'hui, nous en sommes à une première version du cahier de charges, ce livrable-ci, et à la préparation pour la soutenance qui vient. Nous avons, en parallèle, commencé à aborder le prototypage et élaborer de premières ébauches en ce sens.

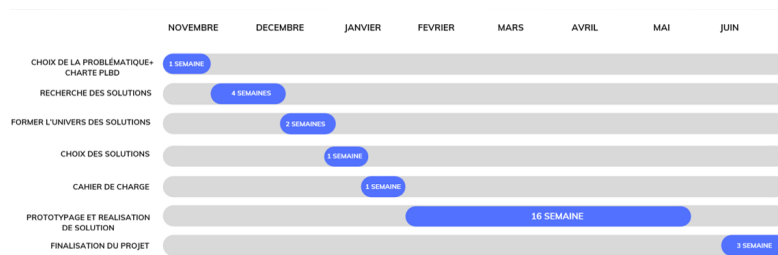


Figure 8: Raspberry Pi V2-8

Pour la suite des événements, nous souhaitons commencer à travailler sur la conception et le prototypage de notre solution avec entretemps l'élaboration d'un cahier de charges plus techniques et spécifique une fois que nous aurons abordé l'analyse fonctionnelle et de la valeur en S6. Finalement viendront les étapes de test du prototype, sa validation puis sa réalisation pour les soutenances de fin d'année.

Bibliographie

[A] :<http://www.obsmigration.org/fr/2020/02/demographie-afrique-enjeu-mondial/>: :text=Le

[1]<https://www.guideautoweb.com/articles/54473/etude-elargir-les-autoroutes-ne-regle-pas-la-congestion/>

[2] <https://detours.canal.fr/construire-des-routes-plus-larges-naide-pas-forcement-a-reduire-les-embouteillages/>

[3] <https://archive.curbed.com/2020/3/6/21166655/highway-traffic-congestion-induced-demand>

[4] <https://www.cnews.fr/vie-numerique/2021-10-06/google-une-ia-va-gerer-les-feux-de-circulation-pour-fluidifier-le-traffic>