



## ÉCOLE CENTRALE CASABLANCA

### PROJET LEARNING BY DOING

---

## ZeroJam

---



Réalisé par :

Oussama HAJJI  
Salwa EI HIZAZ  
Ilyas DAHOUI  
Mouâd FEKKAK  
Bilal EI HACHIMI

Encadrant :

Mr. Adnane BOUKAMEL

Année 2022-2023

# Table des matières

<b>1 Remerciements</b>	<b>4</b>
<b>2 Résumé</b>	<b>5</b>
<b>3 Introduction</b>	<b>5</b>
<b>4 Déroulement du projet :</b>	<b>5</b>
4.1 Planification : . . . . .	5
4.1.1 Étude bibliographique : . . . . .	6
4.1.2 Étude théorique de la solution retenue : . . . . .	6
4.1.3 Prototypage : . . . . .	6
<b>5 Le contexte et problématique :</b>	<b>7</b>
5.1 Synthèse : . . . . .	8
<b>6 Etat de l'art et univers des solutions :</b>	<b>8</b>
6.1 Ajout des voies : . . . . .	8
6.2 Garder la distance de sécurité (presque) constante : . . . . .	9
6.3 Réduire nombre des véhicules : . . . . .	9
6.4 Voiture autonome : . . . . .	9
6.5 IA pour distribution de voies : . . . . .	9
6.6 Feu rouge intelligent : . . . . .	10
6.7 Paiement routier en centre-ville : . . . . .	10
6.8 Réseaux de caméras : . . . . .	10
6.9 Diminution de l'infrastructure routière : . . . . .	10
6.10 Transition : . . . . .	11
<b>7 Univers des solutions adapté :</b>	<b>12</b>
7.1 La télématique et la théorie de la sécurité comportementale : . . . . .	12
7.2 Gamification : . . . . .	12
7.3 Analyse prédictive : . . . . .	13
<b>8 Récapitulatif :</b>	<b>14</b>
<b>9 Discussion et comparaison :</b>	<b>14</b>
<b>10 Mise en place de la solution :</b>	<b>15</b>
10.1 Solution retenue : . . . . .	15
10.2 Principe de fonctionnement du jeu sérieux : . . . . .	15
10.2.1 Changement de fil : . . . . .	16
10.2.2 Freinage brusque & accélération : . . . . .	16
10.3 Passage piétons : . . . . .	17
10.3.1 Panneaux de signalisation : . . . . .	17
<b>11 Archimate :</b>	<b>18</b>
<b>12 Diagramme FAST ( Functional Analysis System Technique) :</b>	<b>19</b>
<b>13 Réalisations et tests :</b>	<b>19</b>

<b>14 Introduction aux résultats obtenus :</b>	<b>23</b>
14.1 Freinage brusque : . . . . .	23
14.2 Changement de fil : . . . . .	25
<b>15 Conclusion :</b>	<b>28</b>
<b>16 Références :</b>	<b>30</b>

# **1 Remerciements**

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à la direction de l'École Centrale Casablanca (ECC) pour nous avoir offert l'opportunité de mener ce projet "Learning by Doing" sur le thème des villes intelligentes. Grâce à cette expérience enrichissante, nous avons acquis de précieuses connaissances et compétences. Nous sommes reconnaissants envers l'école pour sa volonté constante de nous encourager à apprendre et à innover, quel qu'en soit le défi.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre tuteur, M. Adnane Boukamel, pour sa disponibilité à notre égard et ses conseils précieux. Son encadrement attentif et sa volonté de partager son expérience ont joué un rôle déterminant dans la réussite de notre projet. Sans son soutien inestimable, notre projet aurait pu être voué à l'échec.

Nous souhaitons également exprimer notre gratitude envers tous les enseignants de l'ECC pour leurs critiques constructives lors de nos différentes soutenances. Leurs commentaires avisés nous ont permis de nous améliorer et de progresser tout au long du projet et leurs retours éclairés nous ont permis de prendre du recul et de perfectionner notre travail.

Enfin, nous sommes reconnaissants envers tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet. Votre soutien et votre engagement ont été précieux tout au long de cette aventure passionnante.

## 2 Résumé

Notre projet a pour objectif de réduire l'embouteillage de saturation en se concentrant sur le comportement des conducteurs. Grâce à une recherche approfondie, nous avons identifié des solutions pour fluidifier la circulation. Une simulation préalable a confirmé que le freinage brusque, ainsi que les changements de file fréquents sont une cause significative de l'embouteillage. Ces changements non coordonnés perturbent le flux de circulation, entraînant une diminution de la vitesse moyenne des véhicules et une augmentation de la longueur des bouchons.

Pour concrétiser notre approche, nous avons développé un jeu sérieux en 3D dans lequel les utilisateurs sont invités à adopter une conduite responsable. Le jeu intègre des normes de conduite telles que les feux rouges, les passages piétons et les panneaux de limitation de vitesse. Afin de surmonter les limitations de visibilité en 3D, nous avons ajouté un écran affichant une vue arrière de la route. Ainsi, les utilisateurs peuvent visualiser l'impact de leurs actions, tels que les changements de file ou les freinages brusques, sur la congestion de la route. Des points sont réduits du score des utilisateurs lorsqu'ils ne respectent pas les normes de conduite, ce qui les encourage à adopter une conduite plus responsable.

En complément, nous avons développé une application servant de plateforme de suivi pour les utilisateurs. Cette application évalue leur conduite, en mettant l'accent sur le respect des limites de vitesse et les changements de file. Les utilisateurs reçoivent des conseils personnalisés basés sur les données collectées, afin d'améliorer leurs compétences de conduite. Notre approche globale vise à favoriser une conduite plus responsable et à renforcer la sécurité routière.

## 3 Introduction

Les embouteillages sont un problème majeur rencontré dans de nombreuses régions du monde, ayant des répercussions néfastes sur la qualité de vie des populations et sur l'économie. Afin de faire face à cette réalité, il est crucial de comprendre les facteurs contribuant à l'augmentation des embouteillages et de développer des solutions efficaces pour y remédier. Dans le cadre de ce rapport, notre projet vise à créer un jeu sérieux et une application réaliste pour évaluer l'impact du comportement des conducteurs sur ce phénomène.

Cette problématique est d'autant plus pertinente que les embouteillages entraînent des conséquences significatives, telles que des temps de déplacement plus longs, une pollution atmosphérique accrue, le stress des conducteurs, ainsi que des coûts économiques importants dus à la baisse de productivité et à une consommation de carburant accrue. Il est donc essentiel de comprendre comment les actions des conducteurs influencent la formation et l'aggravation des embouteillages, afin de développer des stratégies d'atténuation efficaces.

## 4 Déroulement du projet :

### 4.1 Planification :

Afin de mener à bien notre projet visant à sensibiliser les conducteurs aux facteurs responsables de l'augmentation du taux d'embouteillage, nous avons établi une méthodologie structurée en trois grandes parties : une étude bibliographique, une étude théorique et une phase de prototypage

#### **4.1.1 Étude bibliographique :**

Cette étape constitue la pierre angulaire de notre projet axé sur l'utilisation d'un jeu sérieux pour sensibiliser les conducteurs aux facteurs responsables à l'augmentation du taux d'embouteillage, en mettant de côté l'aspect infrastructurel. Elle débute par une recherche approfondie sur les différents éléments qui contribuent aux embouteillages, en mettant l'accent sur le comportement des conducteurs et les conditions de circulation. Notre étude nous a permis d'identifier les principaux facteurs à prendre en compte dans le développement de notre jeu sérieux.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons également examiné les travaux existants sur la sensibilisation des conducteurs aux problématiques de circulation. Nous nous sommes intéressés aux approches interactives utilisées dans des projets similaires, en étudiant les mécanismes qui se sont révélés efficaces pour influencer le comportement des conducteurs et encourager des pratiques de conduite plus responsables.

Cette recherche approfondie nous a permis de cibler spécifiquement les éléments clés qui doivent être intégrés dans notre jeu sérieux et notre application afin de fournir une expérience engageante pour les conducteurs.

#### **4.1.2 Étude théorique de la solution retenue :**

Cette deuxième partie consiste à approfondir notre compréhension des mécanismes et des calculs théoriques nécessaires à la réalisation du jeu sérieux et de l'application réaliste. Nous analysons les aspects techniques, tels que la conception des niveaux du jeu, les mécaniques de gameplay, le matériel nécessaire au fondement de l'application, les indicateurs de performance liés à la réduction des embouteillages, ainsi que les méthodes pour encourager un comportement responsable chez les conducteurs. Cette étude théorique nous permet de définir précisément les objectifs de notre démarche et de poser les bases pour sa mise en œuvre.

#### **4.1.3 Prototypage :**

Cette étape finale de notre projet consiste à concevoir et réaliser le prototype de l'application et du jeu sérieux. Après avoir déterminé la structure théorique de l'algorithme, nous entrons dans la phase de développement concrète. Nous sélectionnons les éléments visuels et sonores appropriés, nous définissons les mécaniques de jeu spécifiques, les méthodes d'évaluation instantanées et nous procédons à l'assemblage de tous les éléments pour créer une expérience immersive et engageante chez l'utilisateur. Le prototypage nous permet de tester et d'évaluer le jeu sérieux ainsi que l'application réaliste, afin d'apporter les ajustements nécessaires et d'améliorer continuellement leur efficacité pour sensibiliser les conducteurs aux facteurs contribuant aux embouteillages.

Notre équipe s'est promis un travail en groupe structuré, organisé et équitable pour faciliter l'échange, gérer la diversité et pour permettre à chacun des membres une contribution effective dans l'ensemble du projet. Nous avons donc suivi le planning ci-dessous :

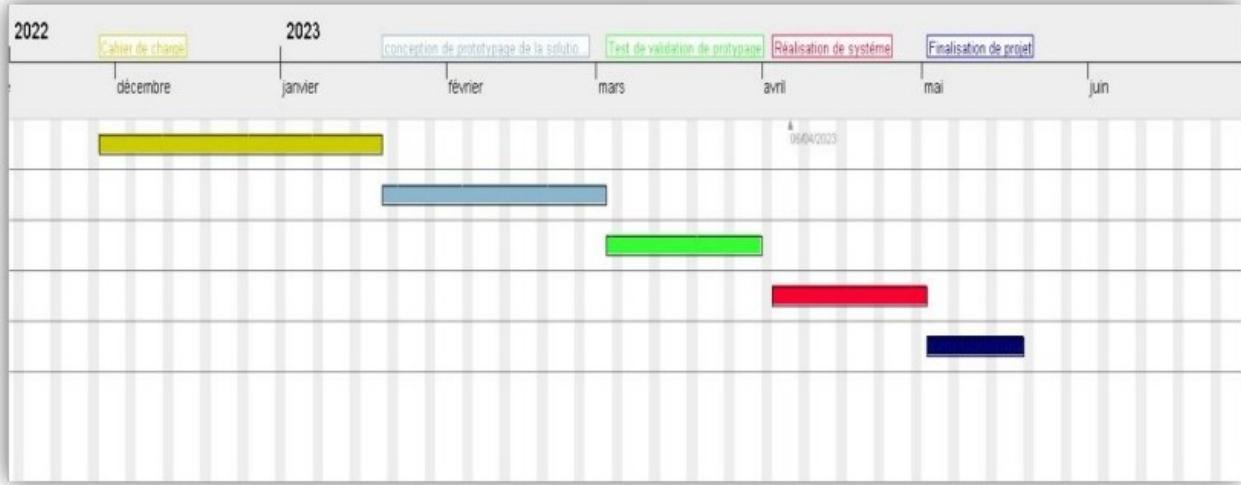


FIGURE 1 – Diagramme de gant

## 5 Le contexte et problématique :

Les habitants d'une ville souffrent quotidiennement des problèmes d'embouteillage, ce qui perturbe leur vie professionnelle et sociale ; cela nous a poussé à chercher des méthodes optimales dans le but de fluidifier la circulation. Or, On ne peut pas innover de solutions sans étude des causes directes de la problématique. L'embouteillage peut être réparti sous quatre types selon sa causalité suivant l'ordre suivant :

1. **L'embouteillage de saturation**, qui se produit dans plusieurs endroits et plus fréquemment dans les carrefours, il se manifeste soit par l'infériorité de la capacité routière vis-à-vis de la densité des véhicules, soit par un soudain freinage ultérieur excès de vitesse. [1]

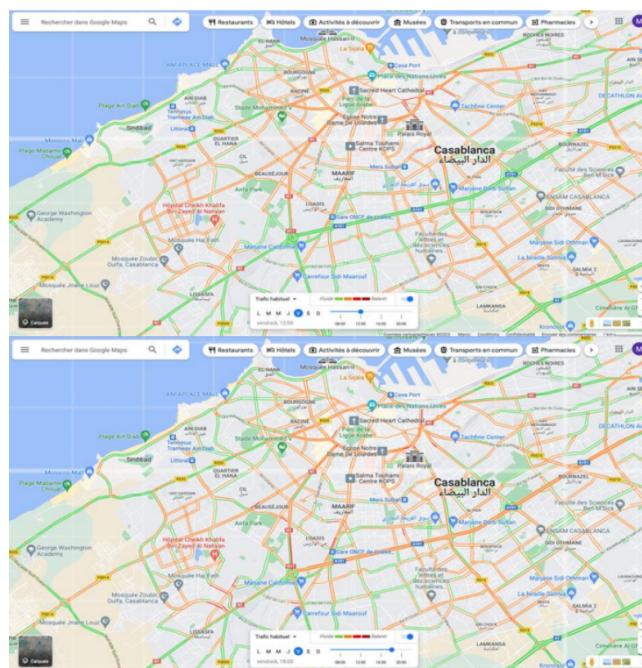


FIGURE 2 – Comparaison du Traffic routier entre 12h et 18h (vendredi) à Casablanca

**Commentaire :** Ce graphe représente le taux de Traffic routier à Casablanca pendant les

heures de pointe, qui sont précisément le vendredi : à midi caractérisé par sa spiritualité et à 18h déclenchant le début du weekend.

2. **L'embouteillage en accordéon** qui se produit, à son tour dans de différents types de réseau routiers mais surtout dans les carrefours, par effet papillon à une grande distance de son lieu de départ si un conducteur nerveux change de fil brutalement : cela vient du fait que le conducteur derrière ralentit du double pour des raisons de sécurité, l'onde de freinage se propage par suite et cause un embouteillage. [2]
3. **Les embouteillages causés par le stationnement** sur la voie se produisent lorsque les véhicules et les marchands ambulants sont garés sur la voie de circulation, ce qui réduit le nombre de voies disponibles et peut entraîner des congestions de circulation. Ces embouteillages sont plus fréquents dans les zones commerciales et peuvent être causés par un manque de places de stationnement adéquates.

La gestion efficace du stationnement est cruciale et a un impact direct sur la circulation fluide. Il est évident que l'utilisation de la voiture en milieu urbain est liée à la disponibilité d'espaces de stationnement. Il est à noter que, en moyenne, en France, 10% des véhicules en circulation à un moment donné sont à la recherche d'un emplacement de stationnement. Selon une étude publiée par IBM, il est établi qu'environ 30% de la circulation urbaine est due à des automobilistes en quête d'un emplacement de stationnement. Il est donc crucial de mettre en place des solutions innovantes pour résoudre les problèmes de stationnement et décongestionner les villes.[3][4]

## 5.1 Synthèse :

Cependant, l'embouteillage de saturation a un large éventail d'effets négatifs sur le plan économique, social, environnemental et sanitaire. En effet, les taux de saturation routière élevés observés dans les principales artères de Casablanca ont des répercussions importantes sur les conducteurs, les passagers et les piétons. On s'intéresse à ce type d'embouteillage et on admet ainsi que les principales causes aboutissant à la gêne rencontrée par la majorité des conducteurs sont soit un manque de capacité routière pour gérer la densité croissante de véhicules, soit une conduite excessivement rapide qui entraîne des freinages brutaux. Ce qui aboutit à cette problématique : Comment peut-on fluidifier la circulation causée par l'embouteillage de saturation ?

## 6 Etat de l'art et univers des solutions :

### 6.1 Ajout des voies :

**Avantages :** Lorsque l'on évoque l'accroissement de l'espace dédié aux véhicules, cela implique une pluralité accrue de possibilités pour le conducteur, par conséquent, nous parviendrons à prévenir tout encombrement routier résultant soit d'incidents, soit de l'accroissement de la concentration automobile.

**Inconvénient :** Le brillant mathématicien Dietrich Braess vient apporter une contrariété à cet avantage, à travers son énoncé paradoxal (1968) fondé sur la théorie des jeux en mathématiques.[5]

## **6.2 Garder la distance de sécurité (presque) constante :**

**Avantages :** L'idée sous-jacente réside dans le fait que si nous parvenons à maintenir une distance de sécurité constante, nous permettrons une fluidité absolue de la circulation. Théoriquement, cela consiste à empêcher la propagation de l'onde qui représente le processus de freinage des véhicules. (Régime stationnaire)

**Inconvénient :** Ford a obtenu un résultat notable grâce à leur dispositif de détection de vitesse adaptatif, conduisant à une réduction allant jusqu'à 30% du niveau de congestion. La seule difficulté subsistante consistera à garantir que chaque conducteur embrasse cette méthodologie.[6]

## **6.3 Réduire nombre des véhicules :**

**Avantages :** Encourager l'indemnité kilométrique vise à gratifier les salariés pour l'usage d'un véhicule spécifique en vue de réduire l'occupation d'espace, à raison de 0,25 euro par kilomètre parcouru.

**Inconvénient :** La question récurrente réside invariablement dans l'altération comportementale des individus, notamment des automobilistes.[7]

## **6.4 Voiture autonome :**

**Avantages :** Ces véhicules peuvent être programmés afin de scrupuleusement observer les distances de sécurité, circuler à une vitesse invariable et respecter les contraintes imposées. De surcroît, ils demeurent insensibles à la fatigue, à la curiosité ou à la nervosité. Qui plus est, ces automobiles sont capables d'interagir entre elles pour anticiper instantanément d'éventuelles réductions de vitesse, contournant ainsi les encombres routiers.

**Inconvénient :** Outre la problématique préexistante, il convient de souligner que sa mise en application demeure encore largement inexistante, ce qui nécessite une transition complète entre les véhicules conventionnels et les véhicules autonomes.[8]

## **6.5 IA pour distribution de voies :**

**Avantages :** L'intelligence artificielle sera intégrée aux véhicules afin de faciliter leur communication mutuelle, permettant ainsi de déterminer la destination respective de chaque voiture. Grâce à cette combinaison, l'IA contribuera à minimiser autant que possible les croisements entre les véhicules à des intersections différentes, tandis que ces derniers pourront ajuster leur vitesse en conséquence afin de traverser ces points de convergence sans aucun incident.

**Inconvénient :** En raison de l'impératif d'établir une fondation solide dans les domaines de l'intelligence artificielle et des systèmes embarqués, ladite solution n'a pas encore été concrétisée. Elle constitue l'objet de multiples recherches dont l'enjeu majeur réside dans l'acceptabilité de ladite solution et dans sa mise en œuvre par les conducteurs.[9]

## **6.6 Feu rouge intelligent :**

**Avantages :** La durée d'attente à un carrefour signalé, qui se situe actuellement à une moyenne de 30 secondes, pourrait donc être réduite de manière conséquente. L'implémentation de cette approche sur divers carrefours pourrait entraîner une diminution significative de la densité du trafic, ainsi que de la formation de bouchons.

**Inconvénient :** Il faut tenir en compte du délai occasionné par le franchissement du passage pour piétons. Les conclusions de diverses études portant sur ces dispositifs lumineux diffèrent en fonction de la méthodologie adoptée et de la zone géographique étudiée. Toutefois, dans l'ensemble, l'utilisation de ces feux a démontré une diminution de la durée des congestions routières ne dépassant pas 18 %.

## **6.7 Paiement routier en centre-ville :**

**Avantages :** Il serait concevable que les grandes agglomérations françaises adoptent également un dispositif de péage afin de réguler la circulation au sein de leurs centres urbains. En 2014, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) a réalisé une étude portant sur l'efficacité de ces systèmes de péage urbain dans les quinze principales métropoles où ils ont été mis en place. Les expériences menées à Singapour, Téhéran, Oslo, Londres et Milan ont généralement connu des résultats bénéfiques. Toutefois, l'une des illustrations les plus remarquables demeure celle de Stockholm. Suite à l'approbation des résidents de la capitale suédoise, un péage a été instauré, basé sur la détection et la facturation automatisées, s'appliquant exclusivement les jours ouvrables. Selon les autorités municipales, le trafic a été réduit de 22% dès la première année, tandis que l'utilisation des transports en commun a connu une hausse significative. Depuis la mise en place du péage, tous les indicateurs de pollution ont connu une diminution notable.

**Inconvénient :** Cette solution se révèlera inopérante dans les pays africains en raison du niveau très bas du revenu individuel par rapport aux autres nations. De surcroît, ladite solution s'efforce de modifier les comportements des conducteurs et encourage le transport en commun, ce qui souligne la nécessité d'une sensibilisation accrue des conducteurs en tant que meilleure alternative pour ces pays. Le péage est actuellement en vigueur.[12]

## **6.8 Réseaux de caméras :**

**Avantages :** Ces caméras peuvent évaluer la densité du trafic, la vitesse du véhicule, son type (voiture ou camion), son comportement, sa panne ou son stationnement. La synthèse de ces informations permet de prédire l'évolution des embouteillages et de fournir des informations au GPS du véhicule ou de les indiquer sur la platine afin que cette trajectoire puisse être modifiée pour éviter les embouteillages.

**Inconvénient :** On tombe dans le même problème où les études montrent que le changement n'est pas très considérable (max 15%) car les conducteurs ne respectent souvent pas le trajet proposé. Le problème revient au changement du comportement conducteurs. [10]

## **6.9 Diminution de l'infrastructure routière :**

**Avantages :** En effet, plus il y a de routes et de voies de circulation, plus cela incite les gens à se déplacer en voiture, à habiter plus loin de leur lieu de travail et à se rendre plus loin. Il existe un

adage en urbanisme qui dit "on ne construit pas un pont en fonction du nombre de personnes qui traversent la rivière à la nage", ce qui signifie que chaque nouvelle infrastructure attire ses usagers. Ainsi, l'ajout d'infrastructures routières aura l'effet inverse de celui souhaité : au lieu de réduire les embouteillages, cela attire davantage d'automobilistes. À l'inverse, lorsque des infrastructures (des routes, des voies, ou même des ponts) sont supprimées, les automobilistes modifient leur comportement et s'organisent différemment pour se déplacer. La ville de Rouen et le Cerema ont mené une étude pour comprendre comment la fermeture du pont Mathilde en 2012, qui a duré presque 2 ans, allait affecter les 90 000 véhicules qui traversaient le pont chaque jour. Ils ont constaté une diminution globale de 12% du trafic automobile, indiquant que le volume de véhicules traversant la Seine avait diminué et que l'utilisation des transports en commun et des modes de déplacement actifs (marche, vélo, etc.) avait augmenté.

**Inconvénient :** L'amélioration n'est pas considérable et n'est que de 12%. [11]

## 6.10 Transition :

Et pourtant, en mettant en œuvre de telles mesures, il est observé que la réduction du niveau de congestion routière demeure relativement modeste (à peu près 20 %). Cela nous amène donc à remettre en question les facteurs qui contribuent à ce type d'engorgement. Cependant, prenons l'exemple du dispositif de régulation adaptative de vitesse développé par Ford et mis en pratique par 50 conducteurs, ce qui a entraîné une diminution de 30 % du taux d'embouteillages. Néanmoins, la seule problématique soulevée après sa diffusion réside dans la garantie de l'adoption de cette méthodologie par l'ensemble des conducteurs.

### Reformulation des causes aboutissant au problème :

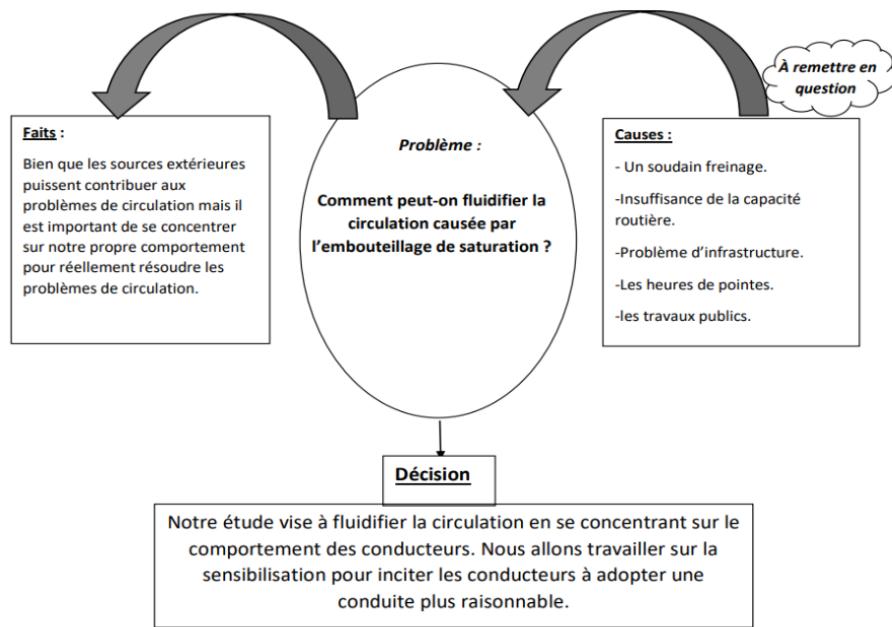


FIGURE 3 – Tableau Récapitulatif

## **7 Univers des solutions adapté :**

### **7.1 La télématique et la théorie de la sécurité comportementale :**

#### **Principe :**

La télématique constitue un instrument permettant d'assurer la traçabilité des véhicules, des objets volumineux, des équipements et autres éléments en mouvement grâce à l'utilisation du système de positionnement global (GPS) et des dispositifs de diagnostic intégrés (OBD), dans le but d'afficher les déplacements de ces éléments sur une cartographie en ligne. Également connue sous les dénominations de "surveillance des parcs automobiles" ou de "localisation des véhicules par GPS", cette technologie est aujourd'hui un outil de gestion primordial pour de nombreuses flottes commerciales et publiques.

#### **Avantages :**

L'association conjointe de la télématique et de la théorie de la sécurité comportementale permet d'optimiser l'évaluation intégrale des risques inhérents aux conducteurs, en déterminant leur niveau de dangerosité et en informant les parties prenantes de la dégradation de leurs aptitudes. Cette approche englobe également une formation correctrice, favorisant ainsi l'amélioration des compétences. De surcroît, par le biais de la combinaison de la télématique et de l'analyse des causes fondamentales, cette méthode a pour objectif d'identifier les motifs sous-jacents des changements comportementaux des conducteurs et d'y remédier, en étudiant les facteurs tant internes qu'externes et en établissant des normes de conduite appropriées. Le MVDP (Managing Vital Driver Performance) considère la sécurité comme une priorité supérieure à tout autre indicateur de performance.

#### **Inconvénients :**

Le traitement télématique appliqué à la théorie de la sécurité comportementale se heurte à certaines contraintes. Tout d'abord, l'application de cette technologie requiert un investissement financier conséquent. De plus, il peut s'avérer ardu de persuader les conducteurs de consentir volontairement à être soumis à un tel processus de surveillance. Il est également essentiel de préserver l'intimité des conducteurs et de garantir une gestion responsable des données collectées.

### **7.2 Gamification :**

#### **Principe :**

La gamification, également connue sous le terme de ludification en langue française, représente une stratégie visant à exploiter les mécanismes ludiques dans des contextes différents de leur intention initiale. L'usage de la gamification permet d'accéder à des niveaux supérieurs d'implication dans une activité donnée. En somme, elle confère un caractère captivant et attractif à une tâche qui serait ordinaire, en lui donnant l'apparence d'un jeu. Tel que dans un jeu vidéo, où une récompense est octroyée une fois l'accomplissement de la mission atteint.

Depuis l'Antiquité, le jeu suscite l'admiration d'un grand nombre d'individus. Il est donc compréhensible que les individus perçoivent leur existence quotidienne comme une partie ludique. Tour à tour, on essaie des défaites et on goûte à la victoire ; on s'investit pour atteindre les desseins personnels. Dans ce processus, on accumule une précieuse expérience.

#### **Avantages :**

L'utilisation de la gamification dans le domaine de la conduite, grâce à l'application de données télématiques, peut présenter de multiples avantages. En effet, elle a le potentiel d'embellir le processus

de surveillance et de gestion du comportement du conducteur, en lui insufflant une motivation accrue et une dimension ludique. Cette approche consiste à transformer cette tâche en un véritable jeu, agrémenté d'objectifs personnels à atteindre et de récompenses à mériter. De plus, elle tire parti de l'instinct naturel des individus à rivaliser et à se hisser au sommet, ce qui peut inciter les conducteurs à se conformer scrupuleusement au code de la route. En outre, elle permet d'identifier les problématiques éventuelles et d'y remédier grâce à la mise en place de programmes de formation et de gratifications adaptées.

#### **Inconvénients :**

Néanmoins, cette approche présente des limitations conséquentes, telles que le coût exorbitant des technologies requises pour instaurer ce système ludique, la complexité inhérente à la préservation de l'engagement des conducteurs tout au long de l'activité et la difficulté de prédire la persistance des effets induits par cette démarche une fois le jeu achevé. Il est crucial de souligner que des risques relatifs à la sécurité émergent également, en lien avec la potentielle distraction des conducteurs durant leur conduite, et qu'il existe un péril quant à la perception de cette approche comme une forme de surveillance plutôt que comme un moyen de divertissement. Par conséquent, il s'avère primordial d'établir une formation adéquate afin de maintenir les comportements souhaités chez les conducteurs.

### **7.3 Analyse prédictive :**

#### **Principe :**

L'objectif de l'analyse prédictive réside dans l'anticipation des résultats à venir qui sont les plus probables, en se fondant sur des données historiques. Cette entreprise repose sur l'utilisation de données, d'algorithmes statistiques et de méthodes d'apprentissage automatique. L'intention consiste à procéder à une extrapolation à partir des événements antérieurs, en vue d'une prédition accrue des événements à venir.

#### **Avantages :**

L'analyse prédictive revêt un caractère d'outil d'une puissance indéniable pour les responsables de flottes qui aspirent à prévenir les accidents en les anticipant habilement. Ces modèles font appel à une convergence de données volumineuses, de télématique et de programmes d'éducation à la sécurité en vue d'identifier les schémas comportementaux des conducteurs susceptibles de mener à des accidents ou d'engendrer des congestions routières. Ils intègrent une vaste gamme de données, englobant les informations télématiques, l'historique des accidents d'un conducteur et même l'industrie au sein de laquelle ce dernier évolue. Cette approche permet aux gestionnaires de distinguer les conducteurs exposés à un niveau de risque élevé et de leur dispenser une formation préventive, anticipant ainsi tout éventuelle congestion.

#### **Inconvénients :**

Alors que l'analyse prédictive peut se révéler un instrument précieux dans le cadre de la prévention des accidents, elle s'avère soumise à certaines limites. Une contrainte réside dans le besoin de vastes quantités de données afin d'obtenir une précision adéquate. Dans l'éventualité où les données utilisées pour former le modèle seraient lacunaires ou erronées, les prédictions formulées par ce dernier risqueraient également d'être erronées. Par ailleurs, les modèles d'analyse prédictive peuvent être d'une complexité conséquente et requièrent une expertise spécialisée pour leur conception et leur interprétation, ce qui peut compliquer leur implémentation pour certains responsables de flottes. Une autre limitation réside dans le fait que l'analyse prédictive repose sur des corrélations et non sur des causes, ce qui signifie qu'elle peut mettre en évidence des modèles et prédire des résultats,

mais sans pour autant pouvoir expliquer les raisons sous-jacentes de ces modèles ou de ces résultats. En outre, cette approche peut engendrer des coûts substantiels lors de sa mise en œuvre et de son maintien.

## 8 Récapitulatif :

<b>Les Solutions</b>	<b>La télématique et la théorie de la sécurité comportementale</b>	<b>La gamification</b>	<b>L'analyse prédictive</b>
<b>Avantage</b>	- Suivre en temps réel le déplacement des voitures. -Agir pour éviter l'embouteillage.	-Motiver les conducteurs à changer leurs comportements. -Profiter de la notion du jeu pour améliorer le comportement du conducteur. -Apprendre en utilisant des feedbacks et en profitant des récompenses.	- Chercher à informer le conducteur pour changer son comportement avant que l'embouteillage se produise.
<b>Inconvénient</b>	-Coûts élevé -Fiabilité dépendante de la technologie -Non-respect de l'intimité - La tendance humaine de désobéir aux ordres	-Impact limité, se basant sur la difficulté à maintenir l'engagement des conducteurs tout au long du jeu.	-Les données utilisé pour entraîner le modèle sont incomplet et inexacte. -le modèle de prédiction peut être complexe et nécessite une expertise spécialisée.

FIGURE 4 – Tableau récapitulatif Avantages/inconvénients des solutions

## 9 Discussion et comparaison :

Les inconvénients inhérents à la télématique, ainsi que la théorie de la sécurité comportementale et de l'analyse prédictive, résident dans le fait que le conducteur répugne à se voir contraint et préfère emprunter le chemin qui lui paraît le plus approprié, jusqu'à ce que le concept de jeu soit évoqué afin d'améliorer son comportement en l'encourageant et en le sensibilisant à ses mauvaises attitudes, tout en lui offrant une expérience agréable et des récompenses. L'impact de cette approche se manifeste de la manière suivante :

À titre informatif, Waze utilise des mécanismes de gamification pour inciter les utilisateurs à emprunter des itinéraires alternatifs et les alerter sur les éventuelles perturbations sur leur trajet. Cela permet d'améliorer les données de l'application et, par conséquent, la qualité des itinéraires suggérés. Cette approche a contribué à réduire le taux d'embouteillage de 40

Cependant, cette théorie présente des limites en termes de maintien de l'engagement des conducteurs tout au long du jeu, d'autant plus que ces derniers peuvent adopter un comportement indifférent. Ainsi, il convient de rechercher une méthode optimale permettant d'anticiper les embouteillages et de minimiser les risques.

## **10 Mise en place de la solution :**

### **10.1 Solution retenue :**

En se basant sur l'univers de solution abordée, on a pu conclure que cette théorie a des limites, qui s'avère dans la difficulté à maintenir l'engagement des conducteurs tout au long du jeu, en outre, ces derniers peuvent se comporter d'une façon indifférente. Donc, cherchant une méthode optimale tout en anticipant de l'embouteillage, en minimisant les risques.

Notre idée consiste à sensibiliser les conducteurs à une conduite plus raisonnable, nous avons choisi d'implémenter une solution basée sur un jeu sérieux. Cette décision repose sur plusieurs facteurs. Tout d'abord, les jeux sérieux offrent une expérience interactive et immersive, ce qui favorise l'engagement et l'apprentissage des utilisateurs. En intégrant des éléments de jeu, tels que des défis, des récompenses et des objectifs, nous pouvons susciter l'intérêt des conducteurs et les encourager à adopter des comportements responsables au volant. De plus, La plateforme intelligente de l'application permettra de suivre les progrès des utilisateurs et de leur fournir des conseils personnalisés pour améliorer leur conduite de manière à contribuer à la réduction des embouteillages. Tout en créant un environnement d'apprentissage adaptatif. Grâce à l'analyse des données de conduite des utilisateurs afin de leur fournir des recommandations spécifiques pour une conduite plus sûre et plus efficace. Cela pourrait être un outil efficace pour sensibiliser les conducteurs aux problèmes liés à la congestion routière et les inciter à adopter des comportements plus responsables en matière de conduite.

Pour faire, Nous avons débuté notre étude en identifiant les comportements des conducteurs contribuant aux embouteillages. Une simulation a confirmé que les changements de vitesse brusques et les changements de voie étaient des comportements majeurs entraînant une congestion accrue. Ainsi, notre jeu intègrera cette logique en faisant diminuer le score du joueur lorsqu'il effectue ces actions. De plus, nous développerons une application qui utilise l'accéléromètre et le gyroscope du téléphone pour calculer le score réel du conducteur et afficher des messages de sensibilisation en temps réel en fonction de son comportement.

### **10.2 Principe de fonctionnement du jeu sérieux :**

Il ressort du contexte de jeu les cas d'utilisation suivante :

- ✓ **Situation 1 :** Changement de file
- ✓ **Situation 2 :** Freinage brusque
- ✓ **Situation 3 :** Accélération
- ✓ **Situation 4 :** Passage piéton
- ✓ **Situation 5 :** Panneaux de signalisation

### 10.2.1 Changement de fil :

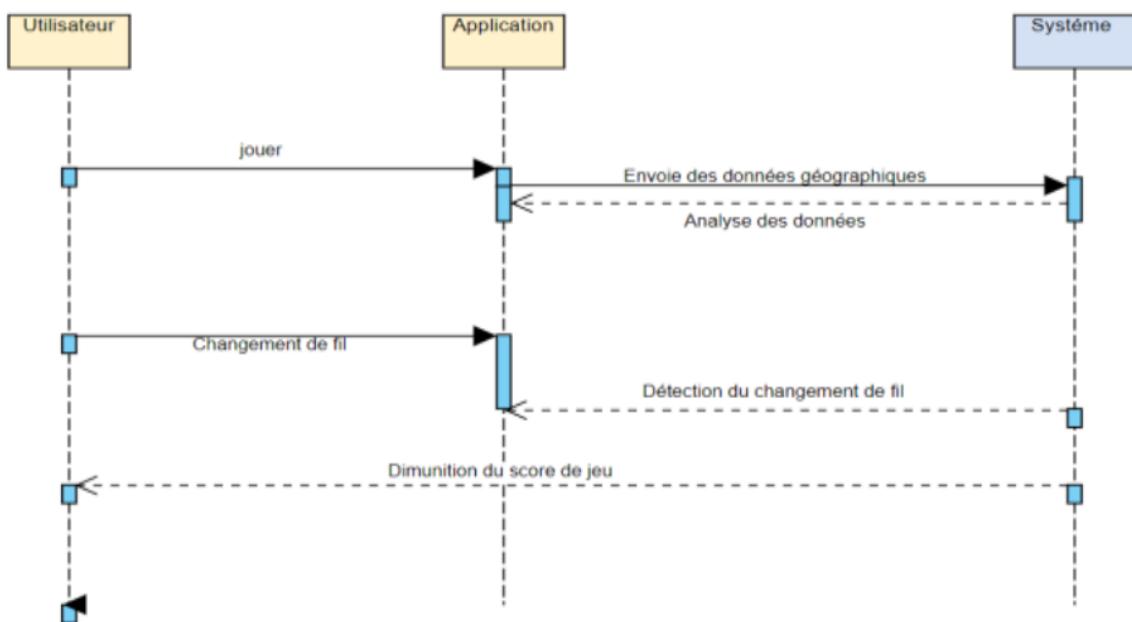


FIGURE 5 – Diagramme de séquence « changement de fil »

- L'utilisateur commence à jouer.
- Les données géographiques sont envoyées puis analysées .
- Si le conducteur change de fil, le programme détecte cette accélération et avertit l'utilisateur.
- Le programme déclare le manifestement du changement de fil .
- Des points sont retranchés et le niveau échoué.

### 10.2.2 Freinage brusque & accélération :

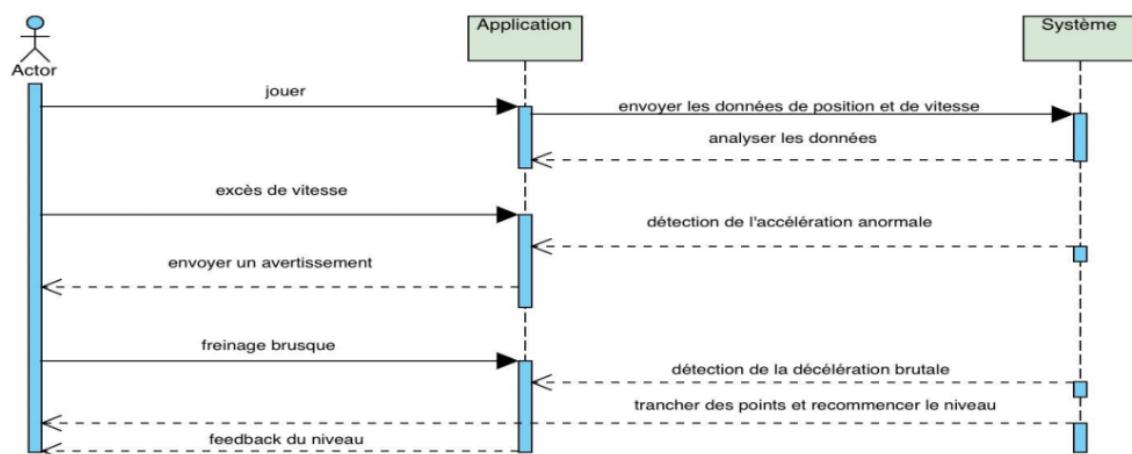


FIGURE 6 – Diagramme de séquence « Freinage brusque & accélération»

### 10.3 Passage piétons :

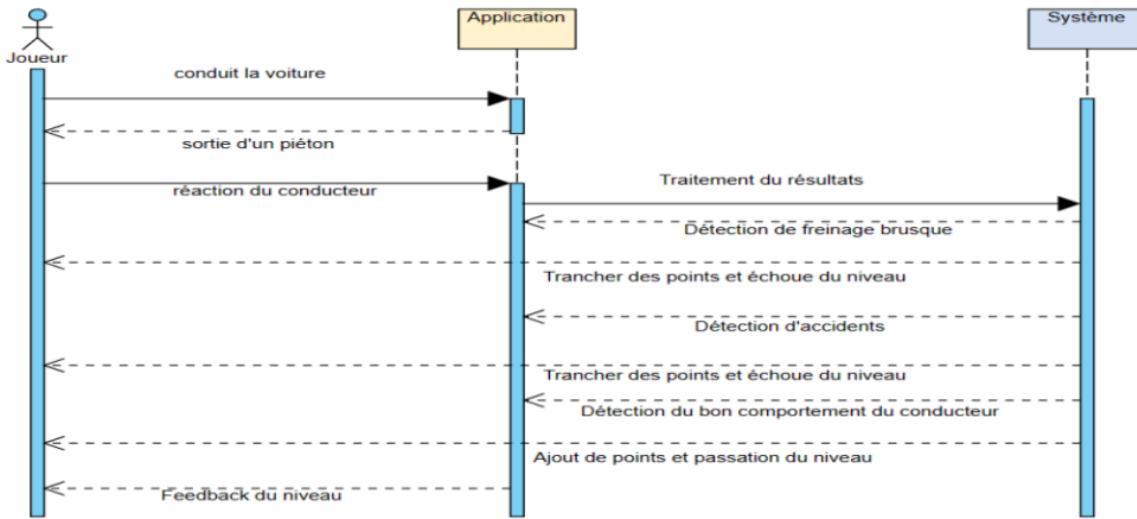


FIGURE 7 – Diagramme de séquence «Passage de piétons »

- Pendant sa conduite à savoir le passage d'un piéton. Le programme analysera sa réaction .
- Le programme détectera tout freinage brusque ou changement de file.
- Des points sont retranchés et le niveau échoué .
- Le programme donnera un feedback et des conseils pour améliorer sa conduite .

#### 10.3.1 Panneaux de signalisation :

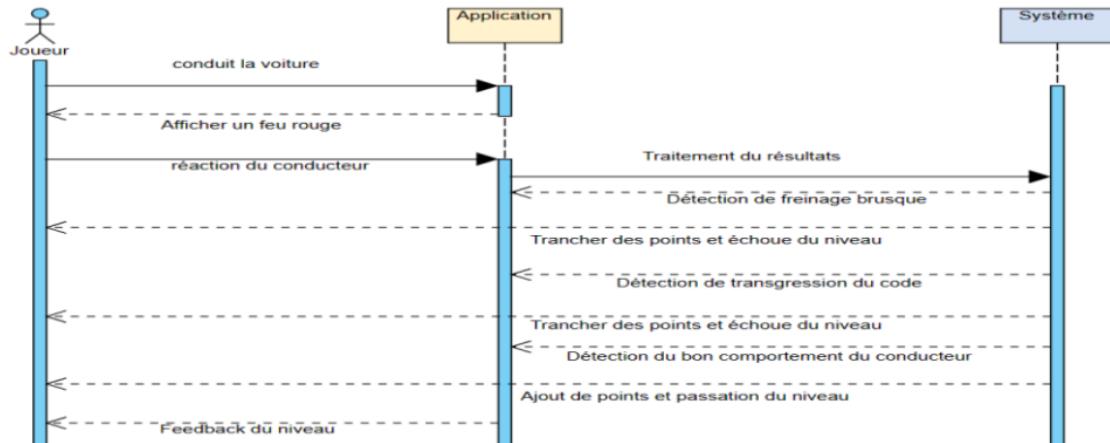


FIGURE 8 – Diagramme de séquence « Panneaux de signalisation»

## 11 Archimate :

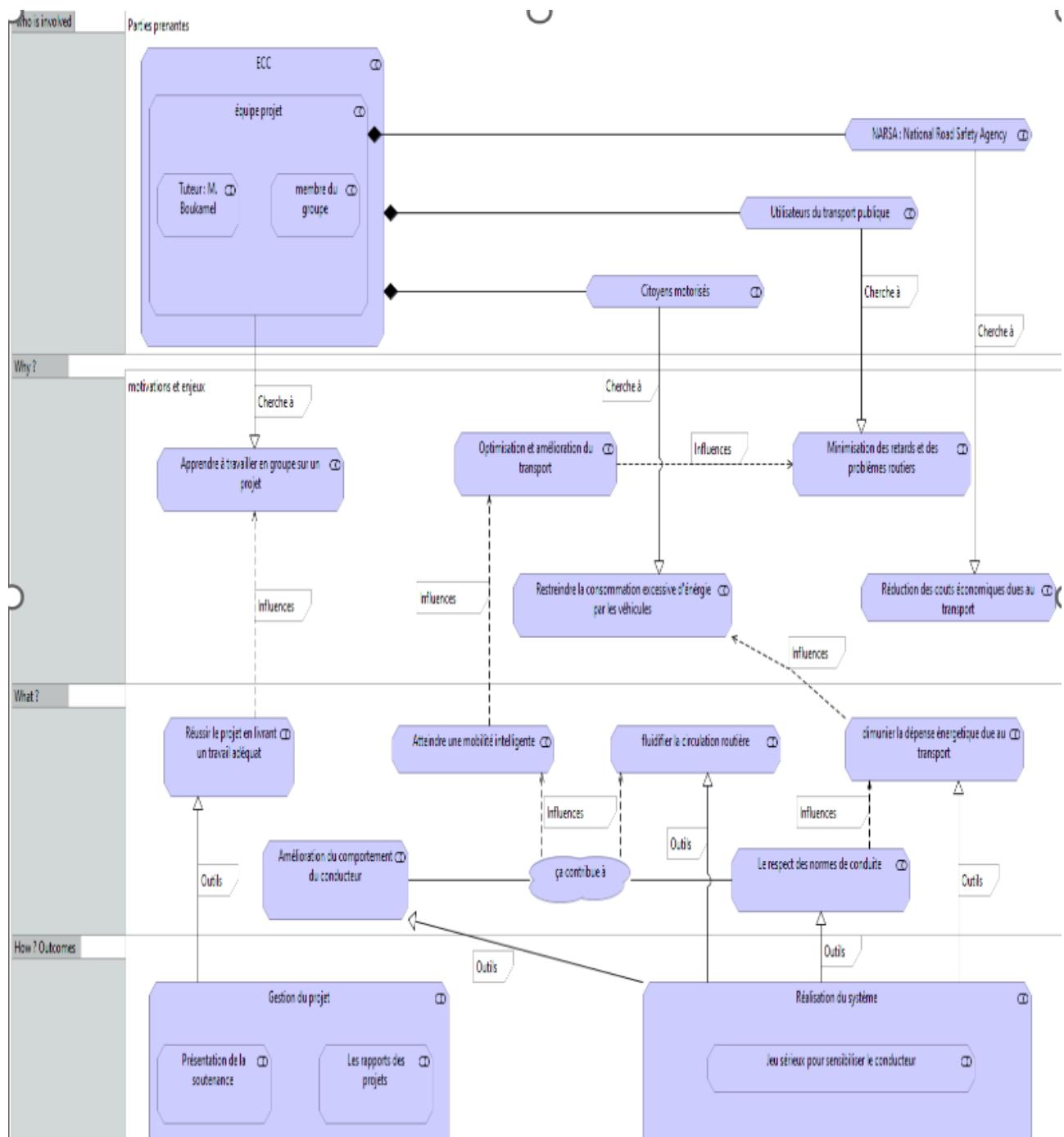


FIGURE 9 – Archimate Diagramme

## 12 Diagramme FAST ( Functional Analysis System Technique) :

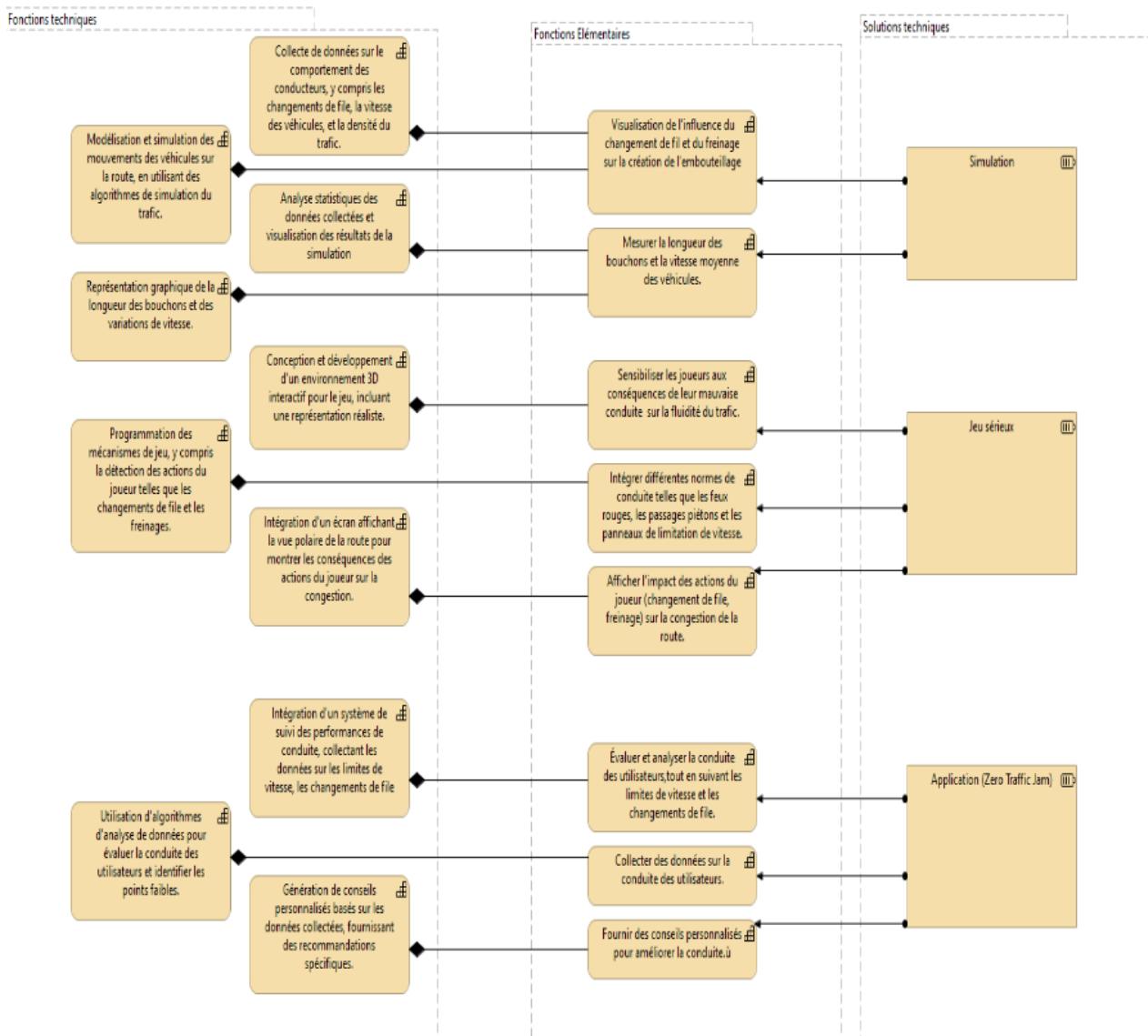


FIGURE 10 – Diagramme FAST

## 13 Réalisations et tests :

Pour parvenir à notre solution, nous avons suivi un processus en plusieurs étapes.

**Étape 1\_les simulations :** Nous avons réussi à cerner l'essence du problème que nous avons étudié, à savoir le mauvais comportement des conducteurs. Notre objectif principal a été d'orienter ce comportement en sensibilisant les utilisateurs sur l'importance de conduire de manière plus efficace afin de réduire les embouteillages. Parallèlement, notre plateforme d'application suivra les progrès des utilisateurs et leur fournira des conseils personnalisés pour améliorer leur conduite. Les résultats que nous avons obtenus revêtent donc une importance capitale dans le domaine de la sensibilisation à la conduite responsable. Ils témoignent de l'efficacité de notre solution et démontrent son potentiel.

iel pour influencer positivement les comportements des conducteurs. Dans la section suivante, nous présenterons en détail notre réalisation suivit des tests de validation.

Mais avant d'entamer la première partie de la solution qui est le jeu sérieux, entamant tout d'abord la partie de la simulation qui est l'essence de notre travail, dont il justifie les hypothèses qu'on a mis, qu'on rappelle :

Hypothèse : les causes principales d'un embouteillage sont :

- 1. Freinage brusque**
- 2. Accélération**
- 3. Changement de fil**

À l'aide de la simulation sur Python, il a été clairement démontré que tout changement de file ou ralentissement provoque un embouteillage ; par conséquent, ces questions seront abordées dans notre jeu sérieux.

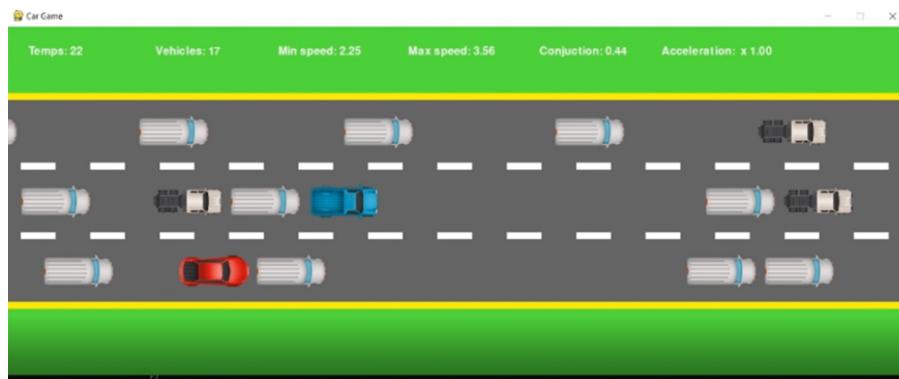


FIGURE 11 – Simulation du freinage brusque



FIGURE 12 – Simulation du changement de file

### **Etape 2\_jeu sérieux\_ Première Partie de la solution :**

**Principe du jeu :** Un jeu sérieux, est un type de jeu vidéo créé spécifiquement dans le but d'éduquer, d'informer ou de sensibiliser le joueur. Contrairement aux jeux traditionnels qui sont principalement destinés au divertissement, les jeux sérieux ont pour but de transmettre des connaissances, de simuler des événements du monde réel ou de susciter une réflexion critique sur des questions importantes. Ils associent souvent des éléments divertissants à des objectifs éducatifs pour produire une expérience interactive et attrayante. Les jeux sérieux sont utilisés dans divers domaines, notamment l'éducation, le développement professionnel, la santé, l'environnement et la résolution de problèmes sociaux.

En se basant sur cela on a pu développer un jeu de conduite à l'aide de python :



FIGURE 13 – Interface de notre jeu

#### **La gamification dans notre jeu :**

L'utilisateur commence à conduire la voiture orange le longue d'une route de trois voies et il a la capacité d'accélérer, de décélérer ainsi de changer la file.

Devant lui en haut un score qui peut être diminuer ou augmenter en fonction de son comportement aussi on lui montre sa vitesse et la vitesse maximale.

On lui tranche les points du moment qu'il change excessivement la file ou il freine brusquement ou il roule d'une vitesse qui dépasse la vitesse maximale et le score augmente sinon.

#### **La sensibilisation :**

Étant donné que le jeu est en 3D, la visibilité de l'environnement arrière de la voiture est limitée. Pour remédier à cela, nous avons ajouté un petit écran affichant une vue arrière de la route.

Pour sensibiliser le conducteur d'éviter de trop changer la file ou de freiner brusquement on a ajouté une carte, L'utilisateur est représenté par un point rouge, tandis que les autres voitures sont symbolisées par des points blancs, du moment qu'il fasse un comportement peu approprié on lui montre sur la carte l'embouteillage qu'il a provoqué comme le cas de nos simulations.



FIGURE 14 – Carte Joueur

Aussi on a pu développer une application mobile à l'aide de Kotlin :

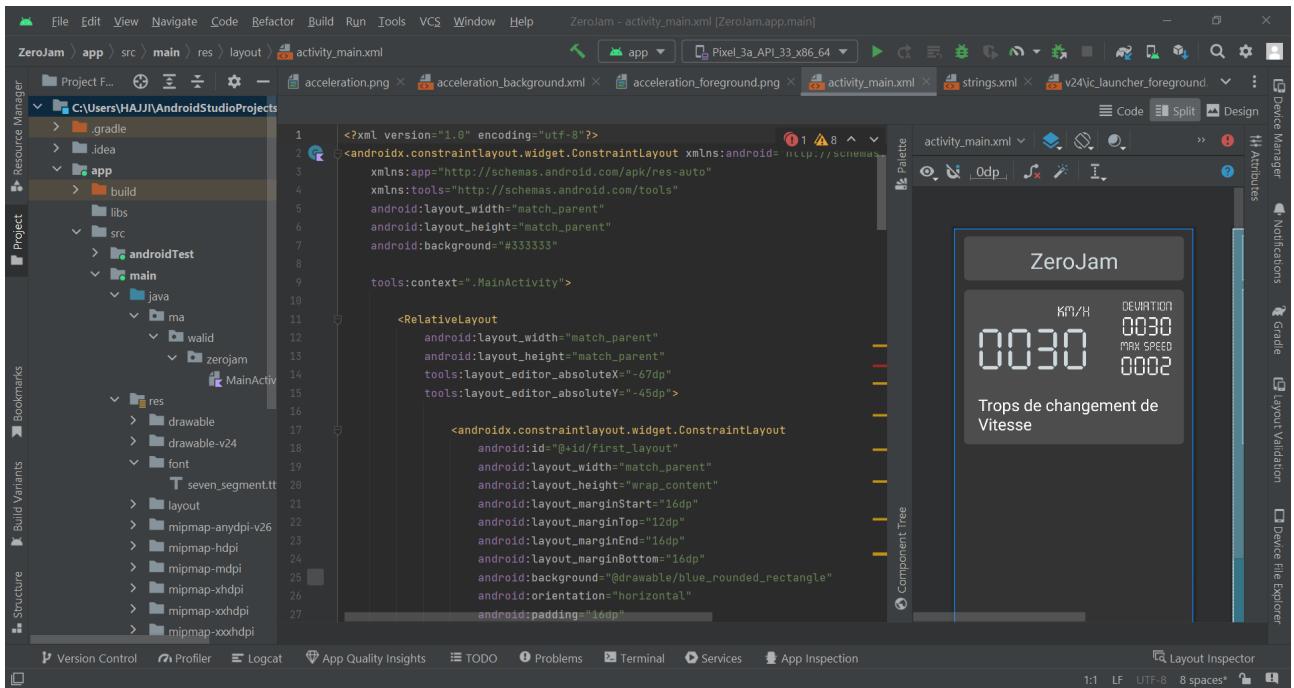


FIGURE 15 – Interface de développement

### Principe de fonctionnement :

Cette application utilise les capteurs de vitesse, d'accélération et de gyroscope déjà intégrés au téléphone de l'utilisateur pour suivre le comportement du conducteur en temps réel. Ces capteurs permettent de détecter à la fois la vitesse du véhicule et les écarts brusques de trajectoire. Ces données permettent à l'application d'évaluer le style de conduite du conducteur.

L'objectif principal de cette application est de promouvoir une conduite responsable. Ainsi, le conducteur est récompensé par des points s'il maintient une trajectoire stable, sans changement brusque de direction ou de vitesse, et s'il évite de freiner brusquement.

En outre, l'application peut fournir un retour d'information en temps réel au conducteur, l'informant des comportements spécifiques qui pourraient être améliorés.

En bref, cette application utilise les capteurs de vitesse, d'accélémètre et de gyroscope du téléphone pour suivre le comportement du conducteur en temps réel. En récompensant les bonnes pratiques de conduite, l'application vise à promouvoir une conduite responsable, sûre et respectueuse de l'environnement, tout en fournissant des conseils sur la manière d'améliorer la conduite.

### L'engagement de l'utilisateur :

Pour encourager l'utilisateur d'adopter nos solutions nous recherchons activement des collaborations et des investissements, comme celui de la NARSA (Association nationale des autorités de sécurité routière), pour donner une valeur tangible aux points de récompense gagnés dans notre jeu de conduite. Notre objectif est de permettre aux utilisateurs de convertir ces points en carburant, offrant ainsi une récompense tangible pour leur conduite responsable.

En établissant des partenariats avec des compagnies pétrolières ou des stations-service, nous envisageons la possibilité de permettre aux utilisateurs d'échanger leurs points de récompense contre du carburant. Cela constituerait une incitation supplémentaire pour les conducteurs à adopter une conduite sûre et respectueuse de l'environnement, tout en offrant des avantages économiques tangibles.

Parallèlement à cette collaboration, nous souhaitons également étudier la possibilité d'attribuer des points bonus dans le permis de conduire des utilisateurs qui atteignent un score spécifique dans notre jeu. En partenariat avec les autorités de régulation et les organismes de sécurité routière, nous pourrions mettre en place un système qui reconnaîtrait les performances exceptionnelles des joueurs et les récompenserait en ajoutant des points positifs à leur dossier de permis de conduire. Il pourrait en résulter des avantages tels qu'une réduction des primes d'assurance ou des avantages spéciaux liés à la conduite.

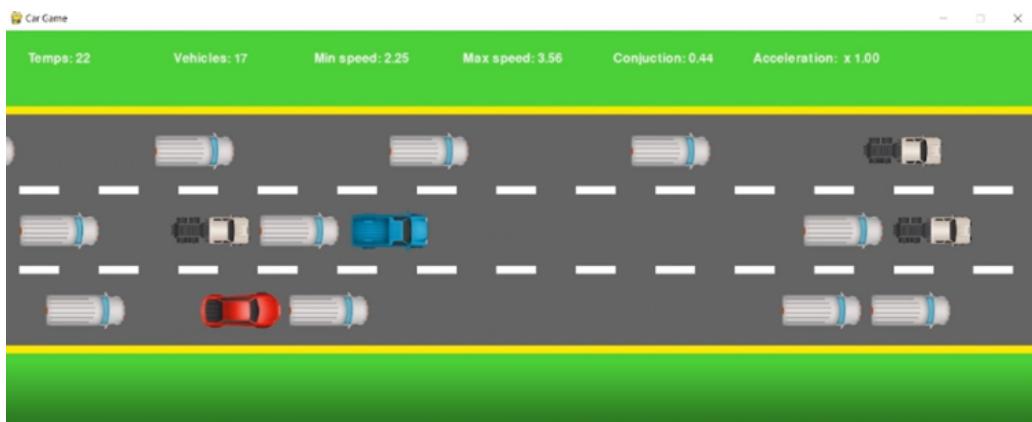
En permettant de convertir les points en carburant et en ajoutant des points bonus au permis de conduire, nous souhaitons renforcer l'attrait de notre jeu de conduite sérieux. Nous voulons encourager les conducteurs à adopter un comportement responsable sur la route en leur offrant des récompenses réelles et en promouvant la reconnaissance officielle de leurs performances.

Ces collaborations et investissements potentiels ouvrent de nouvelles perspectives pour notre serious game. Nous sommes enthousiastes à l'idée de créer des incitations tangibles pour les utilisateurs, en encourageant une conduite plus sûre et en contribuant à la promotion de la sécurité routière.

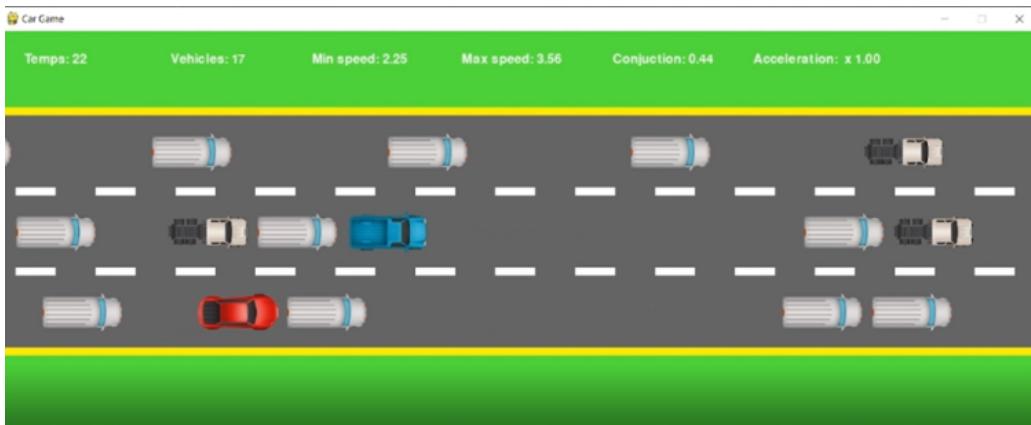
## 14 Introduction aux résultats obtenus :

**Simulation :**

### 14.1 Freinage brusque :



À travers notre évaluation basée sur la simulation, nous avons pu observer de manière significative l'impact du freinage brusque sur la formation des embouteillages de saturation. Lorsque les conducteurs effectuent des freinages brusques, cela crée une perturbation dans le flux régulier de circulation, entraînant une baisse de la vitesse moyenne des véhicules qui a passé de 2.905 à 1.815 et une augmentation du temps de trajet pour l'ensemble des conducteurs qui a évolué à 162 comme la montre la simulation suivante :



### Visualisation des résultats :

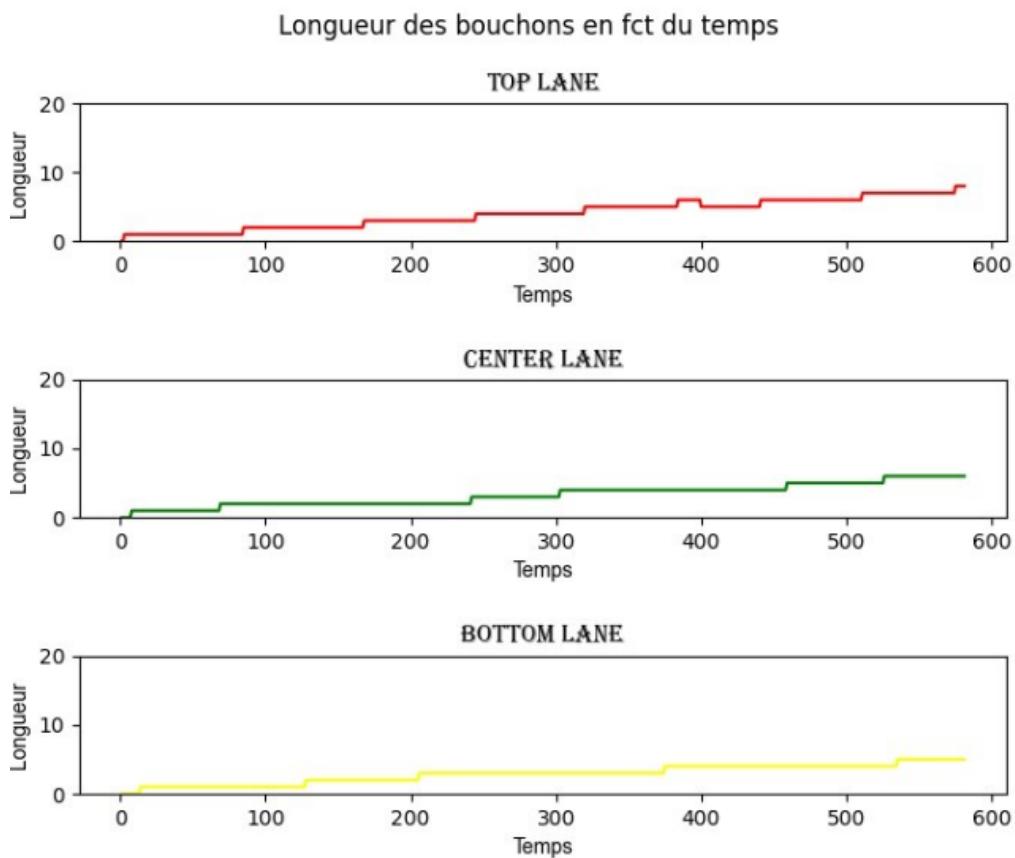


FIGURE 16 – Longeur des bouchons en fonction de temps

Lors de notre simulation, nous avons pu visualiser de manière claire les courbes de la longueur du bouchon en fonction du temps lors d'un freinage brusque sur les trois voies de la route. Les résultats ont montré une augmentation significative de la longueur du bouchon immédiatement après le freinage brusque, suivi d'une lente réduction de la congestion à mesure que les véhicules retrouvent une vitesse de circulation régulière. Cette observation visuelle permet de comprendre visuellement l'impact direct d'un freinage brusque sur la formation et l'évolution des embouteillages, soulignant ainsi l'importance d'éviter de tels comportements pour maintenir un flux de circulation fluide.

## 14.2 Changement de fil :



Lorsque les conducteurs effectuent des changements de file fréquents et non coordonnés, cela entraîne une perturbation du flux de circulation, ralentissant ainsi le débit global du trafic et augmentation du taux d'embouteillage qui atteint 84%. Notre simulation a révélé une corrélation directe entre les changements de file excessifs et une augmentation de la longueur du bouchon, ainsi qu'une diminution de la vitesse moyenne des véhicules qui a passé de 2.655 à 1.345, comme la montre les simulations :



Cette observation met en évidence l'importance cruciale de sensibiliser les conducteurs à adopter des changements de file réfléchis et stratégiques, en favorisant la fluidité du trafic .

## Visualisation des résultats :

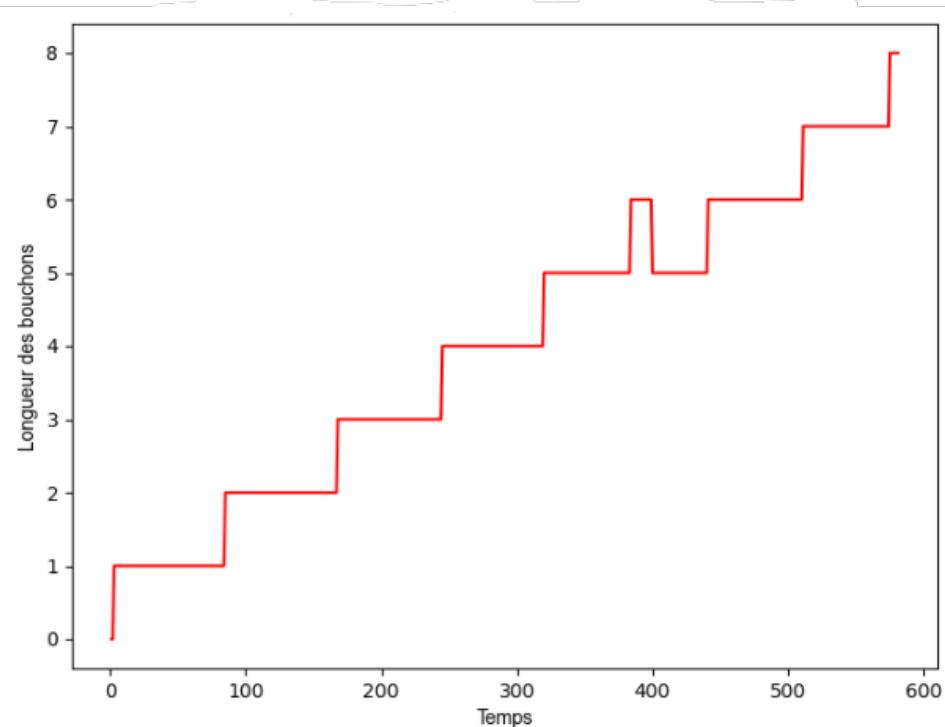


FIGURE 17 – Taux d’embouteillage en fonction du nombres de changement de voies

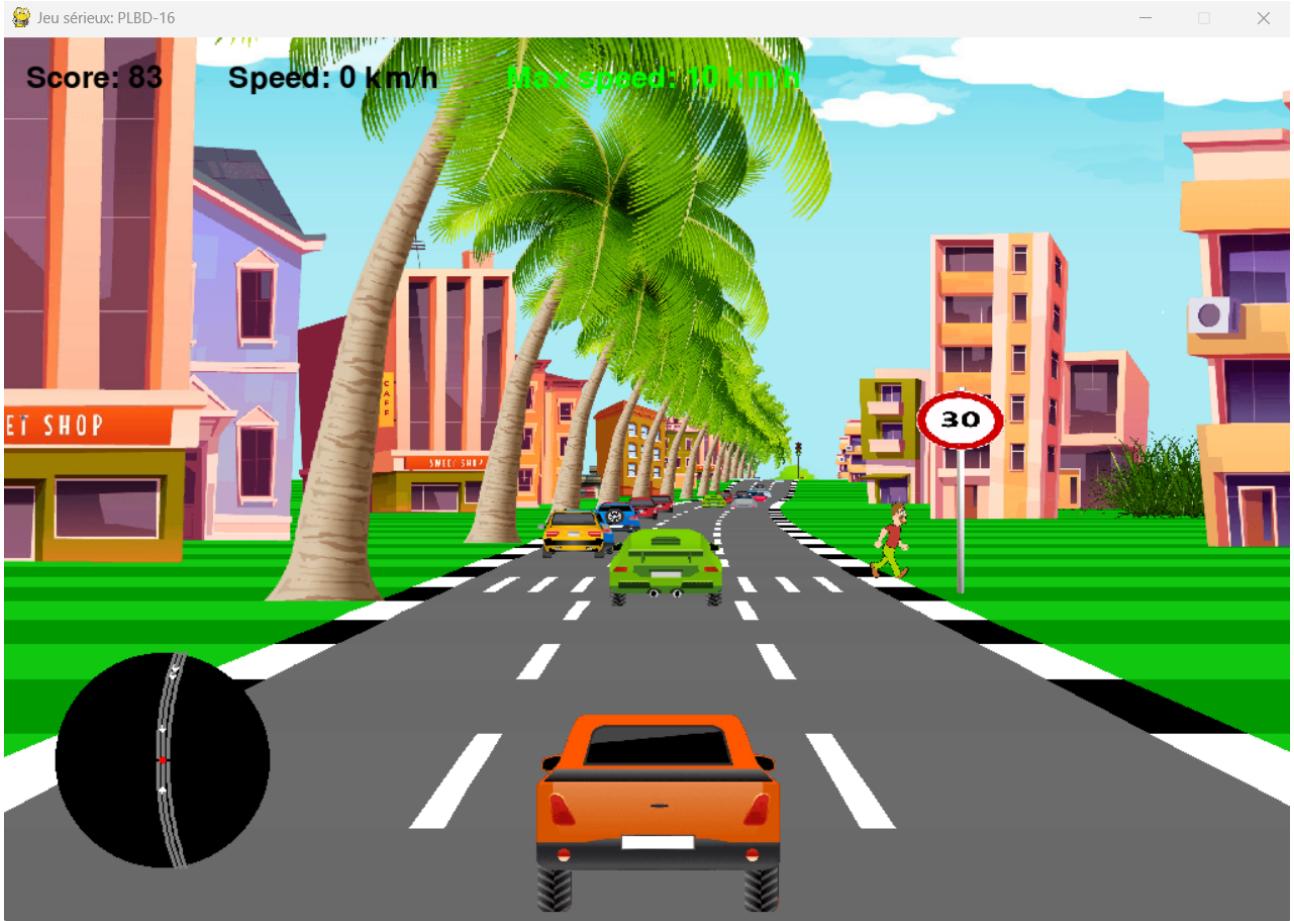
Le graphique représente l’évolution du taux d’embouteillage en fonction du nombre de changements de file. Les données révèlent une corrélation significative entre ces deux variables. En observant le graphique, il est clairement visible que plus le nombre de changements de file augmente, plus le taux d’embouteillage augmente de manière proportionnelle. Cette analyse démontre de manière concise et objective que les changements de file fréquents ont un impact direct sur l’aggravation de la congestion routière.

En intégrant ces informations dans notre jeu sérieux, nous visons à conscientiser les utilisateurs sur l’impact négatif des freinages brusques ainsi que des changements de fil sur la fluidité du trafic et à leur fournir des conseils pratiques pour adopter une conduite plus douce, contribuant ainsi à réduire les embouteillages de saturation. Les résultats obtenus à partir de notre simulation renforcent l’importance de cette sensibilisation et confirment la nécessité de mettre en place des stratégies visant à encourager une conduite plus raisonnable.

## Jeu sérieux :

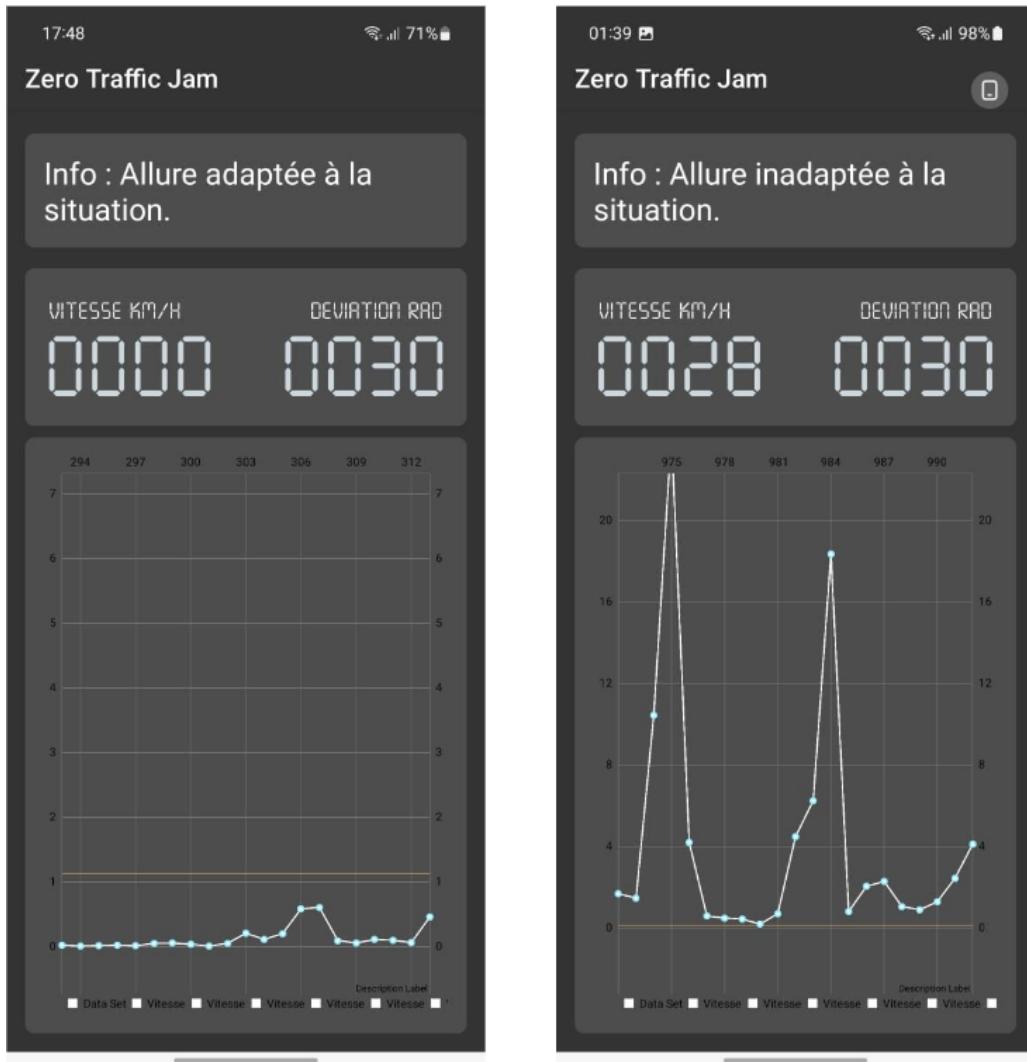
Une fois que le joueur a terminé sa session de jeu sérieux, les résultats de sa conduite sont affichés sous la forme d’un tableau détaillant ses actions tout au long du parcours. Ce tableau révèle le nombre de fois où le joueur a effectué des changements de file, n’a pas respecté les limitations de vitesse ou a effectué des freinages brusques. Ces informations permettent au joueur d’évaluer objectivement sa conduite et d’identifier les domaines où des améliorations peuvent être apportées.

De plus des résultats du tableau, le joueur reçoit un message de sensibilisation encourageant une conduite responsable et respectueuse des règles de circulation. Ce message met en avant l’importance de prendre des décisions conscientes pour éviter les embouteillages, réduire la pollution et améliorer la sécurité routière. Son objectif est de motiver le joueur à appliquer les connaissances acquises grâce au jeu dans sa conduite réelle, contribuant ainsi à une circulation plus fluide.



### Application :

Et comme cette application est conçue pour évaluer et analyser la conduite des utilisateurs, en particulier en ce qui concerne le respect des limites de vitesse et les changements de file. En se basant sur les données collectées, la plateforme fournit des conseils personnalisés aux utilisateurs afin d'améliorer leur conduite. Grâce à cette fonctionnalité, les utilisateurs peuvent suivre leurs progrès, prendre conscience de leurs points faibles et recevoir des recommandations spécifiques pour améliorer leurs compétences de conduite. Cette approche vise à favoriser une conduite plus responsable et à renforcer la sécurité routière.



## 15 Conclusion :

En conclusion, notre projet a abouti au développement d'un jeu sérieux en 3D visant à sensibiliser les utilisateurs à l'importance d'adopter une conduite responsable pour prévenir les embouteillages. Nous avons intégré différentes normes de conduite tout en créant une expérience immersive grâce à un environnement réaliste en 3D. Puis nous avons ajouté un petit écran affichant une vue arrière de la route, nous avons réussi à surmonter la limitation de visibilité et à montrer aux joueurs les conséquences de leurs actions sur la congestion du trafic. L'application que nous avons développée joue un rôle essentiel en tant que plateforme de suivi pour les utilisateurs tout au long de leur parcours. Elle évalue et analyse la conduite des utilisateurs, en mettant l'accent sur le respect des limites de vitesse et les changements de file. Grâce aux données collectées, la plateforme fournit des conseils personnalisés aux utilisateurs pour les aider à améliorer leurs compétences de conduite. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de suivre leurs progrès, de prendre conscience de leurs points faibles et de recevoir des recommandations spécifiques pour favoriser une conduite plus responsable.

Cependant, nous avons également rencontré plusieurs difficultés tout au long de ce projet. L'un des défis majeurs était de développer des algorithmes sophistiqués pour évaluer et analyser de manière précise et fiable les comportements des conducteurs. Nous devions prendre en compte différents facteurs tels que le respect des limites de vitesse, les distances de sécurité, les changements de file,

et bien d'autres encore. La création de tels algorithmes nécessitait une recherche approfondie et une compréhension approfondie des fondements de la programmation. De plus, l'intégration d'une vue arrière en temps réel dans le jeu 3D a également présenté des défis techniques complexes. Nous devions développer des mécanismes qui permettaient aux utilisateurs de voir l'impact de leurs actions sur la circulation et la congestion routière. Cela impliquait la synchronisation précise des mouvements des autres véhicules avec les actions du joueur, tout en maintenant des performances fluides et réactives du jeu.

En termes de pistes d'amélioration, nous pourrions envisager d'élargir le jeu sérieux en y intégrant davantage de scénarios de conduite complexes et réalistes. De plus, nous pourrions développer des fonctionnalités supplémentaires dans l'application, telles que des défis de conduite en temps réel basés sur les conditions de trafic réelles.

Malgré les défis, ce projet nous a apporté de précieux enseignements. Nous avons réalisé d'abord l'importance du travail de groupe; en collaborant étroitement entre membres d'équipe, nous avons pu capitaliser sur nos forces individuelles et combiner nos compétences pour atteindre des résultats plus solides. Puis nous nous sommes rendu compte de la fatalité à considérer lors de la gestion du temps ; la planification et l'organisation efficaces ont joué un rôle clé dans notre capacité à respecter les délais et à atteindre nos objectifs. Enfin ce projet nous a offert une occasion précieuse de développer nos compétences en prise de parole en public ; lors de présentations et de démonstrations, nous avons dû communiquer efficacement nos idées, expliquer les concepts techniques de manière accessible et convaincante, et répondre aux questions de manière claire et concise.

Enfin, notre projet a démontré l'efficacité d'un jeu sérieux en 3D et d'une application réaliste pour évaluer et promouvoir une conduite responsable. Nous espérons que cette approche contribuera à renforcer la sécurité routière en sensibilisant les conducteurs aux conséquences de leurs comportements sur la congestion du trafic et en leur fournissant des conseils personnalisés pour améliorer leurs compétences de conduite.

## **16 Références :**

- [1] embouteillage de saturation consulté le [08/12/2022] : <https://www.lelynx.fr/assuranceauto/conduite/securite/routiere/circulation/formation-embouteillage/>
- [2] embouteillage de stationnement consulté le [08/12/2022] : <https://lematin.ma/journal/2021/usagers-route-anarchie-perimetre-urbain/360058.html>
- [3] statistiques embouteillage de stationnement consulté le [11/12/2022] : <https://hal.science/hal00781140/document>
- [4] statistiques embouteillage de stationnement consulté le [11/12/2022] : <https://www.energystream-wavestone.com/2016/06/decongestion-intelligente-bientot-finembouteillages/>
- [5] statistiques de ford, consulté le [16/12/2022] : <https://www.facebook.com/sanef1077/videos/question-connaissiez-vous-les-embouteillages-enaccord>
- [6] paradoxe des voies, consulté le [20/12/2022] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Paradoxe\\_de\\_Braess](https://fr.wikipedia.org/wiki/Paradoxe_de_Braess)
- [7] réduction des nombres de véhicules, consulté le [20/12/2022] : <https://www.france-educationinternational.fr/b2-tp-candidat-coll-exemple1>
- [8] IA pour les distributions des voies, consulté le [20/12/2022] : <https://parlonssciences.ca/ressources-pedagogiques/documents-dinformation/intelligenceartificielle-et-automobiles>
- [9] feu rouge intelligent, consulté le [23/12/2022] : <https://parlonssciences.ca/ressourcespedagogiques/documents-dinformation/intelligence-artificielle-et-automobiles>
- [10] voiture autonome, consulté le [23/12/2022] : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Voiture\\_automate](https://fr.wikipedia.org/wiki/Voiture_automate)
- [11] diminution des voies, consulté le [23/12/2022] : <https://www.bouyguesconstruction.com/blog/fr/reduire-trafic-ville/>
- [12] paiement pour utilisation de la route, consulté le [24/12/2022] : <https://www.nicematin.com/environnement/propositions-pour-lutter-contre-les-embouteillageset-reduire-la-pollution-258399>