

# Cahier des charges de l’outil de simulation pour la génération de scénarios “corner case”.

## Projet ANR MultiTrans

Brouillon préparé par Alaa Daoud

Fev. 2023

### 1 Introduction

Les “corners cases” de la perception visuelle pour la conduite autonome désignent des situations difficiles ou inattendues que le système de perception du véhicule peut rencontrer pendant la conduite. Il peut s’agir de :

- Des conditions de faible luminosité (par exemple, la nuit ou dans un tunnel).
- des conditions météorologiques défavorables (par exemple, une forte pluie, de la neige ou du brouillard)
- L’éblouissement du soleil ou d’autres lumières vives
- Objets ayant une apparence ou une réflectivité inhabituelles (par exemple, véhicules brillants ou cônes de construction).
- Ombres ou reflets qui peuvent créer une confusion
- les tracés routiers inhabituels ou inattendus (par exemple, les chantiers de construction ou les déviations temporaires)
- Les piétons ou les animaux qui peuvent se comporter de manière inattendue.
- Occlusions (par exemple, lorsqu’un objet est masqué par un autre objet)
- les objets dynamiques (par exemple, d’autres véhicules ou des bicyclettes) se déplaçant à grande vitesse.

Il est important de traiter ces cas particuliers pour garantir la sécurité et la fiabilité des véhicules autonomes. Il est possible d’utiliser la simulation pour générer des exemples de cas concrets afin d’entraîner le système de perception

visuelle d'un véhicule autonome. Il s'agit d'une approche courante utilisée dans le développement et le test de ces systèmes.

La simulation permet de créer un environnement virtuel qui peut imiter les conditions du monde réel, telles que différents éclairages, conditions météorologiques et conditions routières. Elle peut être utilisée pour générer un grand nombre de scénarios qu'il serait difficile, voire impossible, de reproduire dans le monde physique. En outre, cela permet aux ingénieurs de contrôler facilement les différents paramètres des scénarios, tels que la position des objets et le moment des événements, afin de tester les limites du système de perception.

L'utilisation de simulations pour générer des exemples d'entraînement pour le système de perception visuelle peut également être utile pour créer des cas limites et des scénarios difficiles qui peuvent ne pas être couramment rencontrés dans la conduite réelle. Cela permet de s'assurer que le système est robuste et peut gérer un large éventail de conditions.

Il est important de noter que, même si la simulation peut être un outil utile pour la formation et le test des systèmes de perception visuelle, il est tout aussi important de tester le système sur des données réelles pour s'assurer de ses performances dans des scénarios réels.

## 2 Objectifs

Cette section définit clairement les objectifs de l'outil de simulation et les exigences qu'il doit remplir pour générer des jeux de données des corner-cases. L'objectif principal de ce travail est le développement d'un outil automatisé qui utilise la simulation AV pour générer des exemples de cas concrets pour l'entraînement du système de perception visuelle d'un véhicule autonome :

1. **Évolutivité** : Le simulateur doit être capable de gérer un grand nombre de scénarios et de générer des données à une fréquence élevée pour entraîner efficacement le système de perception.
2. **Flexibilité** : Le simulateur doit être capable de générer un large éventail de scénarios, y compris des cas limites et des situations inhabituelles, afin de tester les limites du système de perception. Il doit également permettre de manipuler facilement des paramètres tels que la position des objets et le moment des événements.
3. **Compatibilité matérielle sur les capteurs** : Le simulateur doit être capable de s'interfacer avec le matériel utilisé dans le véhicule autonome, comme les capteurs et les actionneurs, afin de garantir que le système de perception est testé dans des conditions réalistes.
4. **Le réalisme** : Le simulateur doit imiter avec précision les conditions du monde réel, telles que l'éclairage, la météo et la configuration des routes. Cela garantira que les scénarios générés par le simulateur sont représentatifs des types de situations que le véhicule peut rencontrer dans le monde réel.

5. **Réutilisabilité** : Le simulateur doit être conçu de manière à pouvoir être réutilisé pour de multiples projets, tests et mises à jour.

Dans l'ensemble, un bon simulateur AV pour générer des exemples de cas concrets doit être capable de reproduire avec précision les conditions du monde réel, être flexible et évolutif, être compatible avec le matériel utilisé dans le véhicule autonome, être sûr et réutilisable.

Une grande question qui se pose ici est celle de la capacité d'intégration avec d'autres outils et simulateurs : le simulateur doit-il être capable de s'intégrer avec d'autres outils ? Si c'est le cas, il doit fournir des connecteurs compatibles avec divers outils tels que les simulateurs de physique, de dynamique et de contrôle pour créer une représentation holistique et précise du comportement du véhicule dans l'environnement simulé. Dans ces situations, l'architecture API semble la plus appropriée pour permettre une telle capacité d'intégration.

### 3 Périmètre

Cette section décrit le périmètre du projet, incluant les limites de l'outil de simulation et les domaines qu'il couvrira.

Pour la perception visuelle dans le cadre de la conduite autonome, un simulateur utilisé pour générer des exemples de cas concrets doit avoir les capacités techniques suivantes :

Génération de scènes : Le simulateur doit être capable de générer des environnements 3D réalistes qui imitent les scènes du monde réel. Cela inclut les routes, les bâtiments, les arbres et autres objets que le véhicule peut rencontrer. Le simulateur doit également être capable de générer différents types de conditions météorologiques et de situations d'éclairage, comme la pluie, la neige, le brouillard et l'éblouissement du soleil.

Génération d'objets : Le simulateur doit pouvoir générer un large éventail d'objets, tels que des véhicules, des piétons, des bicyclettes et des animaux, que le véhicule peut rencontrer. Le simulateur doit également être capable de générer des objets inhabituels ou inattendus, tels que des cônes de construction, qui peuvent être source de confusion pour le système de perception.

Dynamique des objets : Le simulateur doit être capable de générer des objets dynamiques qui se déplacent et interagissent entre eux et avec l'environnement. Cela inclut les autres véhicules, les bicyclettes et les piétons qui peuvent se déplacer de manière imprévisible. Cela permettra de tester la capacité du système de perception à suivre et à prédire le mouvement des objets dans la scène.

Simulation de capteurs : Le simulateur doit être capable de simuler les données de capteur que le système de perception recevrait de capteurs réels, tels que des caméras, des lidars et des radars. Cela inclut la simulation du bruit et des distorsions qui peuvent être présents dans les données réelles des capteurs.

Annotation : Le simulateur doit être capable de générer des données d'annotation pour les scènes générées, telles que des étiquettes d'objets, des boîtes de délimitation

et des masques de segmentation sémantique. Ces données peuvent être utilisées pour entraîner le système de perception à reconnaître et à comprendre les objets de la scène.

Réutilisabilité : Les scènes générées, les objets et les données des capteurs doivent être stockés dans un format qui permet de les réutiliser et de les partager facilement entre différentes équipes et différents projets.

Randomisation et reproductibilité: Le simulateur doit être capable de générer des variations aléatoires des scénarios, afin de rendre le système plus robuste aux différentes conditions. Dans le même niveau, à partir du même identifiant de graine de randomisation, le même scénario d'exécution doit être reproduit à chaque fois.

Intégration : Le simulateur doit pouvoir s'intégrer à d'autres simulateurs, tels que les simulateurs de physique, de dynamique et de contrôle, afin de créer une représentation holistique et précise du comportement du véhicule dans l'environnement simulé.

Dans l'ensemble, un bon simulateur AV permettant de générer des exemples de cas concrets pour la perception visuelle devrait être capable de générer des environnements 3D réalistes et variés, des objets dynamiques, des données de capteurs et des données d'annotation, être réutilisable et s'intégrer à d'autres simulateurs.

## 4 Contraintes de conception

Cette section liste les contraintes de conception, telles que les limites techniques, les contraintes budgétaires et les contraintes de temps.

## 5 Architecture

Cette section donne un aperçu de haut niveau de la conception architecturale de l'outil de simulation, incluant les briques principales et leur interaction.

1. Module de génération de scénarios : Cette partie génère des scénarios de conduite à partir desquels les données seront simulées. Les scénarios peuvent inclure des informations telles que les itinéraires, les véhicules impliqués, les conditions météorologiques, etc.
2. Module d'environnement de conduite: définit les environnements de simulation réalistes. Celui-ci peut être construit en intégrant trois sous-composants
  - Modèle physique
  - Modèle de conduite
  - Module personnalisation

3. Module de génération de données: Cette partie utilise les informations générées par les parties 1 et 2 pour produire des données simulées. Les données peuvent inclure des informations telles que la position, la vitesse, la direction, etc. des véhicules impliqués.
4. Module d'intégration : intègre le simulateur avec d'autres outils et technologies utilisés dans le développement de la conduite autonome.

L'architecture peut être considérée comme un pipeline, où la sortie d'un composant sert d'entrée au composant suivant. Les données de simulation sont générées en faisant passer les informations par chaque composant en séquence, en commençant par la génération de scénarios de conduite, suivie de l'application de lois physiques, de modèles de comportement de conduite, et enfin de la génération de données.

Le composant modèle physique est chargé de simuler les interactions physiques entre le véhicule autonome et l'environnement. Il peut s'agir de modéliser le mouvement du véhicule, ses interactions avec d'autres objets (par exemple, d'autres véhicules, des surfaces de la route, des obstacles, etc.) et les effets de facteurs externes tels que le vent, la pluie et l'état de la route. Le composant modèle physique doit utiliser des algorithmes et des modèles mathématiques pour simuler ces interactions aussi précisément que possible.

Le composant modèle de comportement de conduite est responsable de la simulation des actions que le véhicule autonome prendrait en réponse à l'environnement physique et aux autres conditions de conduite. Il peut s'agir de modèles de maintien de la trajectoire, de contrôle de la vitesse, de comportement de fusion, etc. Le modèle de comportement de conduite doit utiliser des algorithmes et des modèles mathématiques pour simuler le comportement d'un conducteur humain ou une stratégie de conduite spécifique que le véhicule autonome utiliserait.

Les deux composants, le modèle physique et le modèle de comportement de conduite, doivent être flexibles et personnalisables, afin de pouvoir simuler différents scénarios et conditions de conduite. En outre, les deux composants doivent pouvoir interagir l'un avec l'autre, de sorte que les changements dans l'environnement physique puissent affecter le comportement de conduite, et vice versa.

La définition de "corner cases" pour la conduite autonome peut être décrite dans le composant "Génération de scénarios de conduite" de l'architecture. Ce composant est responsable de la création d'une série de scénarios de conduite pour tester le comportement du véhicule autonome, y compris dans des conditions normales et anormales.

Les "corner cases" peuvent être définis comme des scénarios qui repoussent les limites des capacités du véhicule autonome, ou le testent dans des conditions inattendues ou difficiles. En définissant ces "corner cases", la composante "Génération de scénarios de conduite" peut être utilisée pour créer un jeu de cas de test permettant d'exercer le comportement du véhicule autonome dans des conditions difficiles et inattendues. Ces cas de test peuvent ensuite être utilisés pour évaluer le comportement et les performances du véhicule et identifier les points à améliorer.

## **6 Interface utilisateur**

Cette section décrit l'interface utilisateur de l'outil de simulation, incluant la façon dont les utilisateurs interagiront avec lui et le type de feedback qu'il fournira.

## **7 Critères d'acceptation**

Cette section liste les critères qui doivent être remplis pour que l'outil de simulation soit considéré comme complet et accepté par les parties prenantes.

## **Annexes**

Toutes les informations supplémentaires qui sont pertinentes pour le "cahier des charges", telles que des diagrammes, des spécifications techniques et des calendriers de projet.