

**Projet de recherche**  
**Thèse équipe commune ASTRA (Valeo-Inria)**

**Cartographie et localisation crowdsourcées pour la conduite autonome en environnement urbain**

**Contexte :**

Une des tâches fondamentales nécessaires à la navigation autonome d'un véhicule est celle de la localisation. Le besoin est de pouvoir obtenir des précisions de localisation d'ordre décimétrique voire centimétrique dans certains cas. L'emploi de récepteurs de signaux satellitaires (GNSS<sup>1</sup>) de type Galileo, GPS, Glonass ou Baidu est communément répandu. Néanmoins, lorsqu'il s'agit de navigation en milieu urbain, ces solutions souffrent d'indisponibilités et de défaillances conceptuelles (trajets multiples dus au « canyoning », configurations satellitaires défavorables, conditions atmosphériques...). L'emploi de solutions reposant sur des GNSS RTK<sup>2</sup> de précisions centimétriques est très onéreux.

Afin d'y remédier, les solutions de localisations envisagées reposent sur l'emploi de cartes numériques embarquées et distantes détenant des informations (ou amers) locales géolocalisées. Ces amers sont introduits systématiquement par les véhicules en circulation. En effet, afin de se localiser, un véhicule utilise ses capteurs de perception embarqués afin de détecter certains amers dans l'environnement proche puis tente de les apparier avec ceux stockés dans la carte. Naturellement, plus des véhicules détecteront des amers, plus ceux-ci seront nombreux dans la carte. Mais le défi est alors de garder des amers robustes et dont la localisation est précise.

Afin d'établir de telles cartes pour les principales autoroutes, les principaux acteurs automobiles ont recours à des flottes de véhicules spécialisés équipés de capteurs haut de gamme. Cependant, en raison des coûts opérationnels élevés qui y sont associés, ils n'exploitent qu'un nombre limité de véhicules et ne sont pas en mesure de fournir en direct des mises à jour des cartes, ni de cartographier des réseaux routiers entiers.

La cartographie crowdsourcée représente une solution rentable à ce problème et suscite aujourd'hui l'intérêt des acteurs du secteur automobile. Cette technique consiste à exploiter les mesures récupérées par de multiples véhicules de production équipés de capteurs standards, afin de construire une carte contenant des amers géolocalisés. Néanmoins, même si cette approche semble prometteuse, sa capacité réelle à construire une carte précise et à la maintenir à jour a besoin d'être évaluée dans des scénarios réalistes et à long-terme.

**Travaux attendus :**

---

1 GNSS : Global Navigation Satellite System  
2 RTK : Real Time Kinematics

Dans le cadre de ce travail de thèse, soutenu par un post-doctorat à venir, nous proposons de développer les outils mathématiques nécessaires à un système de cartographie crowdsourcée, permettant la réalisation d'un système de géolocalisation efficace et précis. L'objectif final étant de pouvoir tester et valider les approches développées sur le terrain à l'aide de véhicules réels équipés appartenant à l'équipe commune.

Il existe dans la littérature des approches traitant de ce sujet. L'objectif recherche est celui de réaliser une cartographie précise et passer à l'échelle (*scalable*). Celle-ci doit être surtout robuste, notamment face aux bruits auto-corrélés et biaisés. La plupart des travaux traitent le problème par des techniques d'optimisation (triangulation, graphes...). Les méthodes les plus connues et les plus répandues emploient les techniques dites SLAM (Simultaneous Localization And Mapping).

Ces méthodes diffèrent sur plusieurs points :

- Les capteurs extéroceptifs employés pour la détection des amers : caméras, lidars, radars, ultrasons ;
- Le type de carte employé : carte numérique standard, cadastres, cartes d'amers customisées, cartes hybrides ;
- Les méthodes de filtrage et de fusion employées : bundle adjustment, filtrage numérique, optimisation de graphe, Maximum Likelihood SLAM...

Dans le cadre de ces travaux de thèse et de post-doc, nous nous proposons d'investiguer une nouvelle méthode de construction de carte mais aussi de localisation s'appuyant sur l'algorithme Belief Propagation (propagation de croyance).

### **Approche proposée :**

Nous faisons abstraction du type d'amers détectés et stockés dans les cartes, mais nous faisons l'hypothèse que ces derniers sont obtenus par le système embarqué sur les prototypes de l'équipe commune. Nous supposons également que les problèmes liés aux télécommunications V2X sont maîtrisés ; nous emploierons alors les messages standards (CPM<sup>3</sup>) qui contiendront les informations de perception.

Nous proposons ici une nouvelle méthode qui devrait permettre le traitement de grands jeux de données (plusieurs milliers d'amers). L'idée est de décrire les coordonnées des amers par un champ Markovien Gaussien dont les corrélations seront apprises en modélisant les erreurs de mesure par les différents véhicules. À partir d'un tel modèle, l'algorithme « Gaussian Belief Propagation »<sup>4</sup> devrait permettre de localiser le véhicule de manière fine, en estimant les coordonnées marginales conditionnellement à l'information déjà acquise. Les mesures obtenues durant une session sont ensuite réintégrées dans le champ Markovien de référence et permettent d'affiner la position des amers dans la carte. La mise au point de cet algorithme sera le sujet de la thèse proposée en parallèle à ce post-doc.

D'autres approches sont bien sûr possibles, mais le point important ici est le passage à l'échelle.

---

3 CPM : Cooperative Perception Message

4 Pour un exemple d'utilisation en prédiction de trafic, voir : C. Furtlehner, J.-M. Lasgouttes, A. Attanasi, M. Pezulla, and G. Gentile. [Short-term forecasting of urban traffic using spatio-temporal Markov field](#). *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, pages 1–10, 2021.



### **Compétences requises**

- Modélisation probabiliste et/ou physique statistique
- Bonne maîtrise de la programmation en C++
- Goût pour la recherche à la fois méthodologique et pratique
- Compétences en base de données et cartographie appréciées