

## Recherche Bibliographique

### Classification de courbes de Bézier pour robot roulant intelligent et autonome

*Université Paris 6 : M1 Semestre 2*



Luka LAVAL & Etienne PENAULT & Ruizheng XU

## Table des matières

1. Introduction	3
2. Mots clefs	3
3. Descriptif de la recherche documentaire	5
4. Bibliographie	6
5. Évaluations des ressources	7

## 1. Introduction

Le sujet des véhicules autonomes prend de plus en plus de place depuis plusieurs années. Un chercheur du LIP6, Jean-Michel Ilié, développe un robot roulant intelligent dont on peut faire l'analogie avec un véhicule terrestre autonome.

Celui-ci a été réalisé dans le cadre du projet E-HoA (Embedded Higher Order Agent) qui se base sur le principe du Belief Desire Intention. Avec cette architecture multi-processus, pour prendre des décisions, le robot se base sur ses connaissances, prend en compte son environnement pour réagir aux changements et s'adapter à l'inattendu en temps réel. Certaines études approfondissent déjà ce sujet mais avec beaucoup d'apprentissage en se basant quasi uniquement sur la vision du véhicule ou encore avec des modèles géométriques théoriques complexes. Nous nous plaçons sur une approche hybride tirant parti notamment de l'apprentissage.

Le but du projet est de travailler sur les trajectoires du robot et plus particulièrement ses virages (représentés par des courbes de bézier quadratiques) en développant un environnement de test adapté. Il se découpe en trois grandes parties : caractérisation et classification des virages ; développement d'un environnement de développement et de test pour interagir avec le système autonome en développant l'aspect "ambient" de son environnement ; adaptation du véhicule aux virages par l'apprentissage.

Enfin nous pourrions ouvrir le sujet sur les différentes stratégies théoriques d'évitement d'obstacles fortement lié aux changements de trajectoire.

## 2. Mots clefs

- Quadratic Bezier curve
- Turn
- Curve
- Curvature
- Pre-training
- Autonomous driving
- Continuous adaptation
- Actor critic approach
- Reinforcement Learning
- Ambient system
- Classification
- Real-time

- Simulation
- Gazebo
- Robot Operating System
- Ambient intelligence
- Autonomous mobile robots
- Dynamic environment - No stationary environment
- Contextual information
- Trajectory
- Incremental method

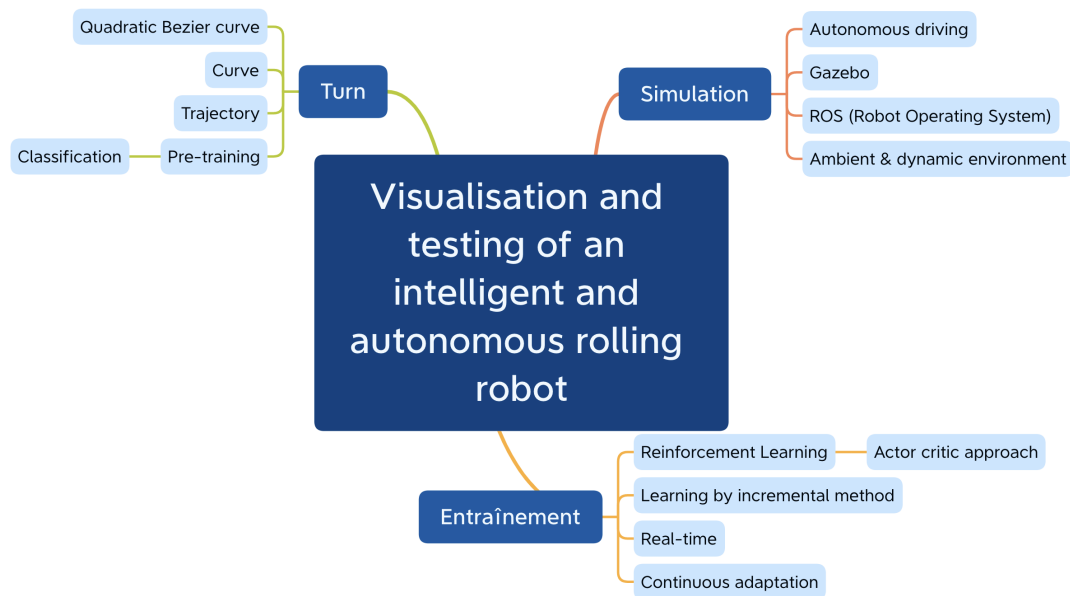


Figure 1: Schéma des mots clefs

### 3. Descriptif de la recherche documentaire

Nos articles proviennent principalement de la recherche des mots clés sur Google Scholar et le catalogue PRIMO de Sorbonne Université, ou encore les documents référents cités à la fin des articles.

Avant de nous lancer dans la recherche, M. Ilié nous a fourni deux articles pour nous aider à mieux comprendre les sujets que nous étudierons, l'un sur l'algorithme de subdivision des courbes de Bézier [7], et l'autre sur les méthodes de planification en temps réel lors de la conduite [5].

Ensuite, nous avons sélectionné des mots clés pour notre projet, et à partir de ces deux articles, nous avons commencé la recherche d'autres documents pertinents.

Avant de lancer la recherche dans le catalogue de PRIMO BSU, nous avons mis en place un filtre pour ne garder que les documents de type article ayant un sujet dans le domaine de l'informatique, technologie, etc... (les articles qui portent par exemple sur de la chimie seront ignorés). Ainsi, un article de Inh-Sik Weon sur la détection de ligne avec les techniques de classification et les notions de Bézier[10] a été découvert par la recherche des mots clés "Classification", "Bezier curve" dans le catalogue de PRIMO BSU, et c'est un article qui a de multiples notions en commun avec notre projet.

En parallèle de la recherche sur les sites, parmi les articles que nous trouvons utiles, nous avons aussi parcouru les documents que ces articles réfèrent. Et en analysant les références d'un des articles [5] fourni par notre encadrant, nous avons trouvé cet article [4] qui présente un algorithme de planification à courbure continue pour éviter les obstacles sur une route, avec l'utilisation de courbes de Bézier.

Google Scholar permet d'accéder très vite à des articles relativement pertinents selon les mots clés utilisés dans la recherche, et il met en avant certains articles plutôt que d'autres. C'est pourquoi il est intéressant de combiner la recherche à PRIMO. En effet, PRIMO nécessite beaucoup de filtres pour trouver un article pertinent, mais tous les articles seront mis en avant de la même manière ce qui permet de trouver des articles qui n'auraient pas forcément été proposés par d'autres plateformes comme Google Scholar. Évidemment la recherche se fait aussi avec de simples recherches sur un navigateur de recherche classique, ceci permet d'ouvrir à d'autres idées et propositions liées de près ou de loin à notre sujet (vidéos, articles de journaux...) qui pourront nous amener à des articles et des sources intéressantes. Le tout est ensuite d'évaluer la légitimité des documents sélectionnés.

## 4. Bibliographie

### References

- [1] Maruan Al-Shedivat, Trapit Bansal, Yuri Burda, Ilya Sutskever, Igor Mordatch, and Pieter Abbeel. Continuous Adaptation via Meta-Learning in Nonstationary and Competitive Environments. *arXiv:1710.03641 [cs]*, February 2018.
- [2] Peng Cao, Zhandong Xu, Qiaochu Fan, and Xiaobo Liu. Analysing driving efficiency of mandatory lane change decision for autonomous vehicles. *IET intelligent transport systems*, 13(3):506–514, 2019.
- [3] Ji-wung Choi, Renwick Curry, and Gabriel Elkaim. Path Planning Based on Bézier Curve for Autonomous Ground Vehicles. In *Advances in Electrical and Electronics Engineering - IAENG Special Edition of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008*, pages 158–166, October 2008.
- [4] David González, Joshue Pérez, Ray Lattarulo, Vicente Milanés, and Fawzi Nashashibi. Continuous curvature planning with obstacle avoidance capabilities in urban scenarios. In *17th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, pages 1430–1435, October 2014. ISSN: 2153-0017.
- [5] Christos Katrakazas, Mohammed Quddus, Wen-Hua Chen, and Lipika Deka. Real-time motion planning methods for autonomous on-road driving: State-of-the-art and future research directions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 60:416–442, November 2015.
- [6] Sang chan Moon, Soon-Geul Lee, and Dong-Han Kim. Classification of Roadway Type Based on Roadway Characteristics Using RCCC. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10:27587–27592, 2015.
- [7] Gabriel Suchowolski Morelli. Quadratic bezier offsetting with selective subdivision. page 9, July 2012.
- [8] Kenneth Renny Simba, Naoki Uchiyama, and Shigenori Sano. Real-time smooth trajectory generation for nonholonomic mobile robots using Bézier curves. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 41:31–42, October 2016.
- [9] Nickolas S. Sapidis and William H. Frey. Controlling the curvature of a quadratic Bézier curve. *Computer Aided Geometric Design*, 9(2):85–91, 1992.
- [10] Ihn-Sik Weon, Soon-Geul Lee\*, and Soo-Ho Woo. Lane Departure Detecting with Classification of Roadway Based on Bezier Curve Fitting Using DGPS/GIS. *Tehnički vjesnik*, 28(1):248–255, February 2021. Publisher: Strojariski fakultet u Slavonskom Brodu; Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek; Graevinski i arhitektonski fakultet Osijek.

## 5. Évaluations des ressources

Pour l'article [8], nous l'avons trouvé grâce aux mots clés "Bezier curve" et "robot" sur Google Scholar. En ce qui concerne l'article, il a été publié en 2016, et cité 62 fois, donc très récent. Les trois auteurs sont des professeurs/chercheurs à l'Université de Technologie de Toyohashi, dans le département génie mécanique. Donc la provenance de l'article est fiable, et le sujet est bien dans le domaine d'expertise des auteurs.

Cet article étudie sur la génération d'une trajectoire fluide pour un robot mobile en utilisant les courbes de Bézier. Ainsi il nous permettra d'apprendre les notions de Bézier et la construction de chemin pour le robot.

L'article [7] quant à lui nous a été recommandé par M. Jean-Michel Ilié. Il a été écrit en Juillet 2012 par un chercheur argentin travaillant pour l'Université complutense de Madrid. Il a étudié là-bas les mathématiques appliqués. Son article parle de décomposition successive de courbe de Bézier quadratique en plusieurs courbes de Bézier quadratiques. Il a été vu 112 fois sur [researchgate.net](https://researchgate.net).

L'article en question est appuyé par un exemple interactif et open source que le chercheur fournit pour appuyer la véracité de ses propos: <https://microbians.com/mathcode>. La méthode explicité semble fonctionner et nous donne un nouvel angle d'attaque pour aborder le sujet de notre projet.

Pour finir, nous parlerons de l'article [6] qui a pour sujet la classification de type de route à proprement parlé. Cet article a été rédigé par 3 chercheurs de l'Université Kyung Hee en Corée du Sud. Ces chercheurs ont tous une spécialité différente ce qui permet une plus vaste ouverture sur le sujet (respectivement la robotique, la mécanique et l'électronique). Ils semblent très actifs et reconnus dans leurs domaines respectifs en se fiant au nombre de fois où leurs articles ont été cités (plus de 2000 fois à eux trois) ou encore consultés.

Cet article nous offre une approche "nouvelle" sur la possibilité de classer différents types de routes selon les coefficients des gradients associés aux lignes formant la route. Cela nous donne un critère d'estimation de la courbure de la route qui pourrait nous permettre de définir si un virage est compliqué ou non pour le robot.