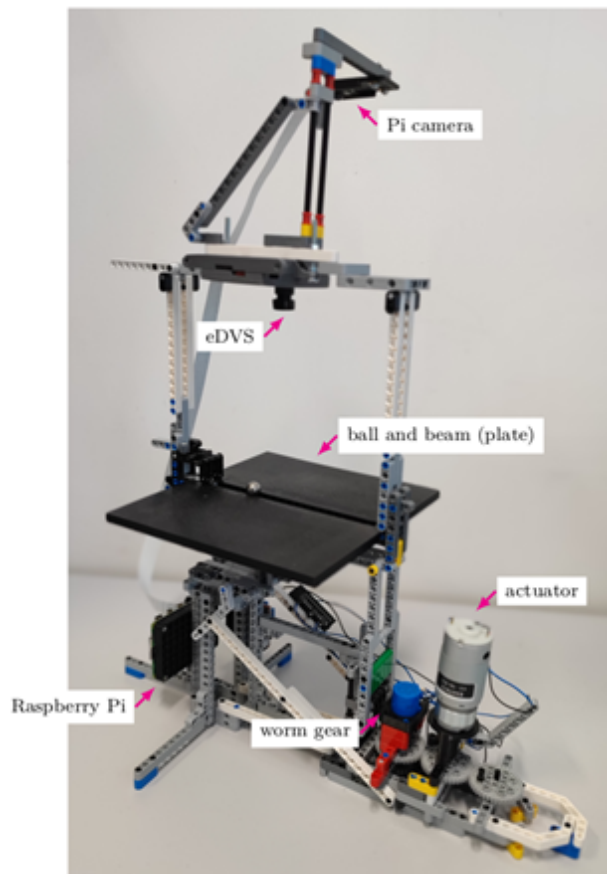


CHLOÉ GANGLOFF

# Rapport bibliographique

Conception, implémentation et commande d'un actionneur événementiel  
basé guidage flexible multistable et AMF

7 Novembre 2022



# Table des matières

|          |  |          |
|----------|--|----------|
| <b>1</b> | <b>Introduction</b>                          | <b>3</b> |
| 1.1      | Caméra événementielle . . . . .              | 3        |
| 1.2      | Commande événementielle . . . . .            | 3        |
| 1.3      | Mécanismes compliants multistables . . . . . | 4        |
| 1.4      | Types d'actionneurs compliants . . . . .     | 4        |
| 1.4.1    | Actionneurs électrothermiques . . . . .      | 5        |
| 1.4.2    | Actionneurs AMF . . . . .                    | 5        |
| 1.4.3    | Actionneurs piézoélectriques . . . . .       | 5        |

# 1 Introduction

Ce PRT reprend le travail de PFE de Jean Soudier, qui a réalisé toute la commande événementielle de l'asservissement en position de la bille sur le plateau, ainsi que la maquette existante.

Le premier objectif est de concevoir une nouvelle structure permettant une inclinaison discrète du plateau, ainsi que la réalisation du prototype. Dans un second temps, le but sera de trouver des solutions basées guidage flexible multistable et AMF pour obtenir les positions discrètes du plateau.

## 1.1 Caméra événementielle

La particularité de ce système est l'utilisation d'une caméra événementielle (DVS) pour faire l'asservissement de la bille en position. L'article [11] présente le fonctionnement et les caractéristiques de la caméra utilisée dans le cadre de ce travail, et le [7] compare les différentes caméras événementielles existantes de nos jours. Au lieu de transmettre la totalité de l'image comme pour les caméras classiques, la DVS ne transmet que des événements correspondant à un changement d'intensité d'un pixel. Cela réduit ainsi la quantité d'informations transmises ainsi que sa consommation d'énergie.

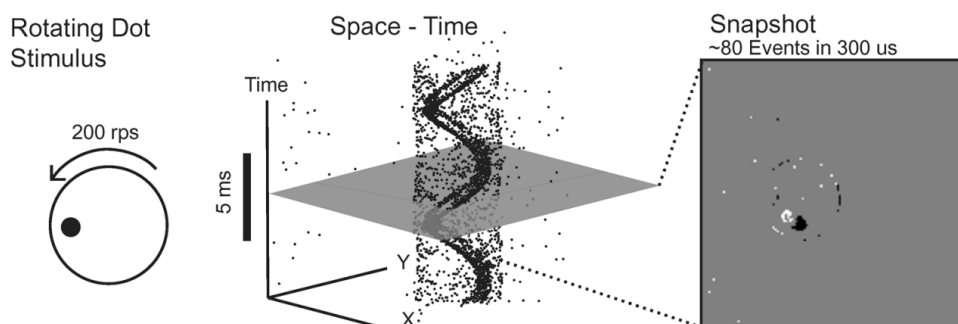


FIGURE 1 – [11] Principe de fonctionnement de la DVS

Cependant, ce fonctionnement asynchrone et indépendant pose un problème pour la commande, qui doit être adaptée en conséquence.

## 1.2 Commande événementielle

Un des problèmes qui se pose avec l'utilisation d'une caméra événementielle pour la commande est son caractère asynchrone : la période d'échantillonnage n'est pas fixe. On ne peut donc pas appliquer un PID classique. L'article [6] présente un PID modifié déclenché par événement, utilisé dans l'algorithme de cette maquette. L'asservissement comporte une fonction de déclenchement d'évènements qui active le PID seulement lorsque l'erreur dépasse un certain seuil défini par l'utilisateur.

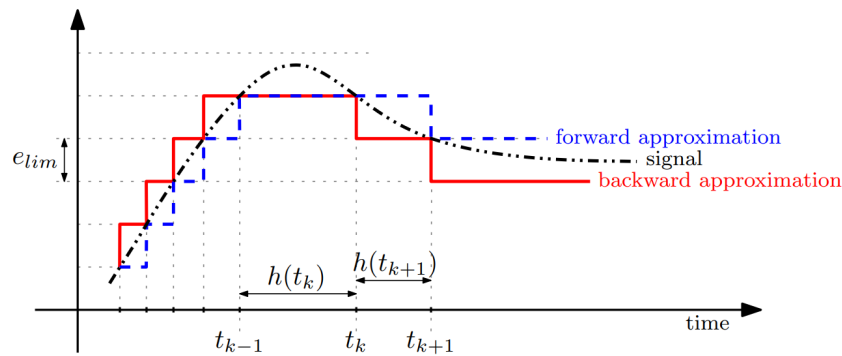


FIGURE 2 – [6] Principe de fonctionnement de la détection d'évènements

L'article [15] présente le travail réalisé durant le PFE de Jean Soudier sur la maquette de contrôle de trajectoire d'une bille sur un plateau. Ce système s'applique à contrôler en position une bille sur un plateau pouvant être incliné. La mesure de la position de la bille est faite par la caméra événementielle. [5], [12], [13] et [1] présentent des applications utilisant la DVS pour de la commande par vision.

### 1.3 Mécanismes compliant multistables

La seconde étape du travail de ce PRT est de trouver une architecture basée guidage flexible multistable pour réaliser l'inclinaison discrète du plateau (3 positions). Cette approche permet d'avoir une faible consommation d'énergie. Il existe dans la littérature des exemples de mécanismes multistables compliant, pouvant être utilisés lors de la conception du plateau.

Certains mécanismes multistables sont composés de plusieurs modules bistables en parallèle. L'article [9] étudie le système bistable des poutres incurvées, avec leurs différents modes de flambage. La thèse [16] présente un micro robot composé de modules bistables mis en cascade, qui peut atteindre de nombreuses positions différentes. L'actionnement est fait par des actionneurs thermiques (voir partie suivante). La thèse [4] présente la conception du module bistable et son actionnement utilisé dans le robot [16].

L'article [18] présente un système multistable programmable, qui peut donc avoir plus ou moins de degrés de stabilité selon la programmation faite par l'utilisateur. Le système détaillé est le mécanisme en T, pouvant être monostable, bistable, tristable ou quadristable. [3] présente une configuration de mécanisme tristable en décrivant la manière de le synthétiser.

### 1.4 Types d'actionneurs compliant

L'utilisation de systèmes compliant multistables pour une faible consommation d'énergie nécessite d'avoir des actionneurs adaptés. La suite de ce document en présente différents types utilisés pour les mécanismes multistables.

### 1.4.1 Actionneurs électrothermiques

Les actionneurs thermiques fonctionnent par l'effet Joule : le passage du courant va causer un échauffement déclenchant le mouvement du système. Plusieurs types d'actionneurs existent : [14] présente différents types d'actionneurs électrothermiques. Un premier est l'actionneur en U, qui comporte un bras fin "chaud" et épais "froid", générant une déflexion au passage du courant à cause du différentiel de température. Cet actionneur est notamment utilisé dans le microrobot [16]. Un autre type est l'actionneur en V, dont le modèle dynamique et l'analyse sont réalisés dans [20]. Celui-ci est composé de 2 poutres encastrees de chaque côté et fixées à une navette centrale. Comme précédemment, lorsqu'une tension est appliquée au matériau, il se dilate et fait se déplacer la navette centrale. Le système [2] utilise ce type d'actionneur pour réaliser un système de positionnement 2D monolithique.

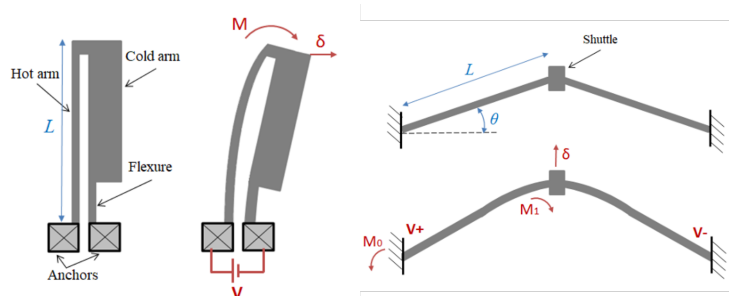


FIGURE 3 – [14] Gauche : actionneur en U ; Droite : actionneur en V

### 1.4.2 Actionneurs AMF

Les AMF (Alliages à Mémoire de Forme), sont des matériaux ayant la propriété de se déformer et de pouvoir revenir à leur forme originale lorsqu'ils sont chauffés. Ils peuvent donc être utilisés pour faire passer un mécanisme multistable vers une autre position. L'article [8] présente l'utilisation des fils AMF pour la robotique molle ou continue, en détaillant d'abord les principes théoriques puis en présentant la conception d'un robot actionné par AMF. Celui-ci n'a pas de joints, et est uniquement actionné par des fils AMF qui se déforment sous tension et permettent de faire se bouger le robot. [10] détaille un actionneur AMF bistable utilisant des aimants pour maintenir les 2 positions stables. Celui-ci devient faible en consommation d'énergie de par son caractère bistable, le maintien dans une certaine position du fil AMF pouvant être assez consommateur.

### 1.4.3 Actionneurs piézoélectriques

Enfin, il existe des actionneurs utilisant des matériaux piézoélectriques, c.à.d ayant la propriété de se déformer sous l'action d'un champ électrique. L'article [19] montre une utilisation d'un matériau de ce type pour réaliser l'actionnement d'un mécanisme compliant et donner un actionneur "stick-slip". De même, [17] montre un exemple de pince monolithique utilisant un actionneur piézoélectrique.

## Références

- [1] Johan Bertrand, Arda Yiğit, and Sylvain Durand. Embedded event-based visual odometry.
- [2] Benjamin Calmé, Lennart Rubbert, and Yassine Haddab. Towards a compact and low-cost mesoscopic xy positioning system using 3d printing of conductive polymers.
- [3] Guimin Chen, Quentin T. Aten, Shannon Zirbel, Brian D. Jensen, and Howell Larry. A tristable mechanism configuration employing orthogonal compliant mechanisms. *Journal of Mechanisms and Robotics*, 2 :1–6, 2 2010.
- [4] Qiao Chen. Microrobotique numérique fondée sur l'utilisation de modules bistables : conception, fabrication et commande de modules monolithiques.
- [5] Sylvain Durand, Bruno Boisseau, Nicolas Marchand, and J Fermi Guerrero-Castellanos. Event-based pid control : Application to a mini quadrotor helicopter, 2018.
- [6] Sylvain Durand and Nicolas Marchand. Further results on event-based pid controller. pages 1979–1984. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 3 2014.
- [7] Guillermo Gallego, Tobi Delbruck, Garrick Orchard, Chiara Bartolozzi, Brian Taba, Andrea Censi, Stefan Leutenegger, Andrew J. Davison, Jorg Conradt, Kostas Daniilidis, and Davide Scaramuzza. Event-based vision : A survey, 1 2022.
- [8] Yannik Goergen, Romol Chadda, Rouven Britz, Dominik Scholtes, Nataliya Koev, Paul Motzki, Roland Werthschützky, Mario Kupnik, and Stefan Seelecke. Shape memory alloys in continuum and soft robotic applications. American Society of Mechanical Engineers (ASME), 2019.
- [9] Hussein Hussein, Patrice Moal, Gilles Bourbon, Yassine Haddab, Philippe Lutz, and Philippe Lutz Modeling. Modeling and stress analysis of a pre-shaped curved beam : Influence of high modes of buckling, 2015.
- [10] Hussein Hussein, Chalvet Vincent, Le Moal Patrice, Bourbon Gilles, Haddab Yassine, and Lutz Philippe. Design optimization of bistable modules electrothermally actuated for digital microrobotics. 2014.
- [11] Patrick Lichtsteiner, Christoph Posch, and Tobi Delbruck. A 128 × 128 120 db 15 s latency asynchronous temporal contrast vision sensor. *IEEE Journal of Solid-State Circuits*, 43 :566–576, 2 2008.
- [12] M. Litzenberger, C. Posch, D. Bauer, A. N. Belbachir, P. Schön, B. Kohn, and H. Garn. Embedded vision system for real-time object tracking using an asynchronous transient vision sensor. pages 173–178. IEEE Computer Society, 2006.
- [13] F. Perez-Pena, T. Delbruck, S. C. Liu, A. Linares-Barranco, and G. Jimenez-Moreno. Event-based control system on fpga applied to the pencil balancer robotic platform. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 10 2015.
- [14] Alissa Potekhina and Changhai Wang. Review of electrothermal actuators and applications, 12 2019.
- [15] Jean Soudier, Sacha De Sousa, and Sylvain Durand. Fully event-driven control architecture, application to visual servoing of a ball-on-beam system.

- [16] Chalvet Vincent. Conception, réalisation et commande d'un microrobot numérique, planaire, non-redondant et en technologie mems, 2013.
- [17] D. H. Wang, Q. Yang, and H. M. Dong. A monolithic compliant piezoelectric-driven microgripper : Design, modeling, and testing. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 18 :138–147, 2013.
- [18] Mohamed Zanaty, Ilan Vardi, and Simon Henein. Programmable multistable mechanisms : Synthesis and modeling. *Journal of Mechanical Design, Transactions of the ASME*, 140, 4 2018.
- [19] Yangkun Zhang, Yuxin Peng, Zhenxing Sun, and Haoyong Yu. A novel stick-slip piezoelectric actuator based on a triangular compliant driving mechanism. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 66 :5374–5382, 7 2019.
- [20] Zhuo Zhang, Yueqing Yu, Xinyu Liu, and Xuping Zhang. Dynamic modelling and analysis of v- and z-shaped electrothermal microactuators. *Microsystem Technologies*, 23 :3775–3789, 8 2017.