

# Contribution aux techniques d'actionnement numérique : cas d'un système électromagnétique 2D

Laurent Petit

Laboratoire de Mécanique Roberval – UMR UTC/CNRS 6253

Directeurs de Thèse : Pr Maxence BIGERELLE et Dr Emmanuel DORE

## Objectif

A l'heure actuelle, les systèmes mécaniques intègrent un nombre croissant de fonctionnalités dans un encombrement toujours plus réduit. Cette évolution pose des problèmes particulièrement en terme de consommation d'énergie, d'intégration, d'assemblage, de pilotage ou encore de coût.

Tous les systèmes mécaniques sont composés d'organes élémentaires : les actionneurs qui réalisent une action en réponse à une commande. Ces derniers ont contribué à la complexification de ces systèmes de par les niveaux de fiabilité et de performances qui leur sont imposés. Afin d'apporter une réponse à la problématique évoquée, j'ai dans le cadre de ma thèse étudié et développé des actionneurs numériques qui disposent d'une architecture basée sur des positions discrètes précisément connues (états discrets) entre lesquelles la partie mobile de l'actionneur peut basculer. Leur pilotage est donc extrêmement simple car basé sur une commande impulsionnelle ce qui leur assure une faible consommation d'énergie. Leur intégration est également facilitée car le contrôle de la position de l'actionneur par des capteurs n'est pas forcément nécessaire puisque les états discrets sont précisément connus. L'objectif final est d'utiliser un assemblage d'actionneurs numériques afin de générer des actions complexes composées de plusieurs actions élémentaires obtenues chacune par un actionneur numérique.

## Méthodes et résultats

Dans le cadre de ma thèse, j'ai dans un premier temps effectué un état de l'art de l'actionnement numérique ce qui m'a permis de découvrir les architectures, les applications et les principes physiques utilisés dans les actionneurs numériques rencontrés dans la littérature. A partir de cet état de l'art, j'ai tout d'abord proposé une classification des différents types d'actionneurs numériques puis j'ai effectué plusieurs choix pour l'actionneur développé. J'ai ainsi décidé d'utiliser le principe électromagnétique car il est adapté à l'actionnement numérique. J'ai également choisi une architecture basée sur deux axes de déplacements orthogonaux et quatre positions discrètes ce qui constitue un choix original par rapport aux actionneurs numériques existants qui ne disposent, pour une très large majorité d'entre eux, que de deux positions discrètes et d'un seul axe de déplacement.

J'ai ensuite étudié un prototype d'actionneur numérique afin de vérifier expérimentalement la viabilité du principe proposé. Pour cela, j'ai développé un modèle numérique de son comportement que j'ai utilisé lors de la conception du prototype qui a ensuite été fabriqué. Des mesures expérimentales ont permis de valider son comportement selon un axe de déplacement ainsi que l'adéquation entre les résultats expérimentaux et ceux issus du modèle.

Un prototype optimisé a ensuite été développé en prenant en compte les erreurs liées à l'assemblage du prototype précédent. Les performances de cette version optimisée ont été qualifiées expérimentalement et une amélioration a été observée par rapport au prototype précédent ce qui a prouvé l'intérêt de

l'optimisation. En terme de performances, la course de l'actionneur est de 1 mm × 1 mm et l'erreur de répétabilité de positionnement de 0,0001 mm. Le temps de basculement entre les positions discrètes est compris entre 10 ms et 30 ms. La masse maximale que peut transporter l'actionneur est d'environ 1,8 g et sa consommation d'énergie minimale de 25 mJ.

Après avoir développé et caractérisé les performances d'un actionneur numérique élémentaire, j'ai conçu un assemblage de 5 x 5 actionneurs afin de générer des actions complexes. Lors de cette conception, j'ai dans un premier temps dimensionné l'actionneur élémentaire, en me basant sur l'expérience acquise lors des précédentes études puis j'ai défini l'architecture de l'assemblage en prenant en compte les interactions entre les actionneurs élémentaires.

## Retombées et valorisation

Mes travaux ont fait l'objet de plusieurs communications dans des journaux ou lors de conférences internationales. Les études menées sur le premier prototype d'actionneur numérique ont fait l'objet d'une publication au sein d'un journal international [1] ainsi que de deux communications lors de conférences internationales [7,9].

Le prototype optimisé a également fait l'objet de plusieurs communications : tout d'abord au sein d'un journal international [2] mais également lors de trois conférences internationales [5,6,8]. A l'heure actuelle, deux autres communications [3,4] ont été soumises à des journaux internationaux. Pour ce prototype optimisé, plusieurs applications ont également été envisagées telles que la réalisation d'un interrupteur optique ou encore d'un micro-tribomètre afin de mesurer le coefficient de frottement entre deux échantillons. Dans le cadre de cette application, j'ai d'ailleurs rencontré lors de ma soutenance de thèse un industriel intéressé pour intégrer ma technologie dans sa gamme de produits. Plusieurs des communications mentionnées portant sur le prototype optimisé concernent ces applications [2,4,5,8].

L'étude de l'assemblage de plusieurs actionneurs n'a pour l'heure pas encore fait l'objet de communication car ce travail est très récent. Cependant, j'ai tout de même envisagé plusieurs applications pour celui-ci telle que son utilisation en tant que réseau d'interrupteurs optiques, afin de commuter un signal optique d'entrée entre plusieurs sorties, ou encore comme table de déplacement.