

# MSPA : un micro-système d'actionnement piézoélectrique pas-à-pas polyvalent.

Fabien DUBOIS \* <sup>1,2</sup>, Victor THIEBAUD<sup>1</sup>, Christian BELL<sup>1</sup>, Timothée FORISSIER<sup>1</sup>, François BARILLOT<sup>1</sup>, Aurélien SAULOT<sup>2</sup>, Yves BERTHIER<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Cedrat Technologies, Meylan, France

<sup>2</sup>LaMCoS UMR 5259, Université de Lyon, INSA-Lyon, Villeurbanne, France

**RESUME**—Les moteurs piézoélectriques pas-à-pas (SPA) sont construits à partir d'actionneurs piézoélectriques amplifiés (APA). Par l'intermédiaire d'une interface de frottement, ils utilisent le principe de stick-slip pour convertir l'énergie électrique reçue par l'actionneur en énergie mécanique. Ces moteurs proposent une haute résolution au positionnement ( $< \mu\text{m}$ ), une longue course ( $> \text{cm}$ ) et un faible encombrement ( $< 15\text{cm}^3$ ). Ils sont utilisés dans des applications optroniques, médicales et militaires. Toutefois, la configuration électromécanique actuelle limite les évolutions potentielles des SPA. Dans cet article, un nouveau concept, appelé Module SPA (MSPA), est introduit. Il libère des degrés de liberté dans le contact frottant pour offrir des capacités de course longue ( $> 10\text{cm}$ ) et pour faciliter le développement de mécanismes à plusieurs degrés de liberté. Les résultats obtenus sur trois prototypes innovants sont présentés : longue course, rotatif et goniomètre deux axes, permettant de se rendre compte des avantages de ce concept.

**Mots-clés**—Moteurs piézoélectriques, Micro-positionnement, Actionneur à multi-degrés de libertés.

## 1. INTRODUCTION

Les moteurs SPA, de type frottement-inertie [1], utilisent le principe stick-slip pour proposer une haute résolution au positionnement ( $< \mu\text{m}$ ), une course longue ( $> \text{cm}$ ) et un faible encombrement ( $< 15\text{cm}^3$ ) [2]. Ces moteurs sont composés de quatre éléments principaux: un APA, une masse inertielle et une interface de frottement composée d'un arbre et d'une pince [3]. Dans ce papier, la configuration frottante actuelle arbre/pince est remplacée par un contact pion-plan. Cette configuration permet de s'affranchir des limitations de la première génération de SPA avec une course étendue et une polyvalence dans l'actionnement, facilitant le design de nouveaux mécanismes. Tout d'abord, le concept MSPA est détaillé. Puis, trois prototypes sont introduits : linéaire longue course, rotatifs et goniomètre deux axes. Enfin, les résultats expérimentaux tels que des cyclages à court termes et des courbes de charge sont présentés.

## 2. LE CONCEPT MSPA

Le fonctionnement des moteurs pas-à-pas SPA de type frottement-inertie repose sur l'effet de stick-slip. La Fig.1.A montre les deux phases nécessaires pour produire ces pas. Par enchaînement d'une alternance, élévation lente – diminution

rapide, de la consigne en tension; la masse oscillante entraîne la masse mobile pas-à-pas. En répétant cette opération, des courses de quelques millimètres peuvent être atteintes. Le mouvement inverse est effectué en inversant la consigne en tension : élévation rapide, diminution lente de la tension.

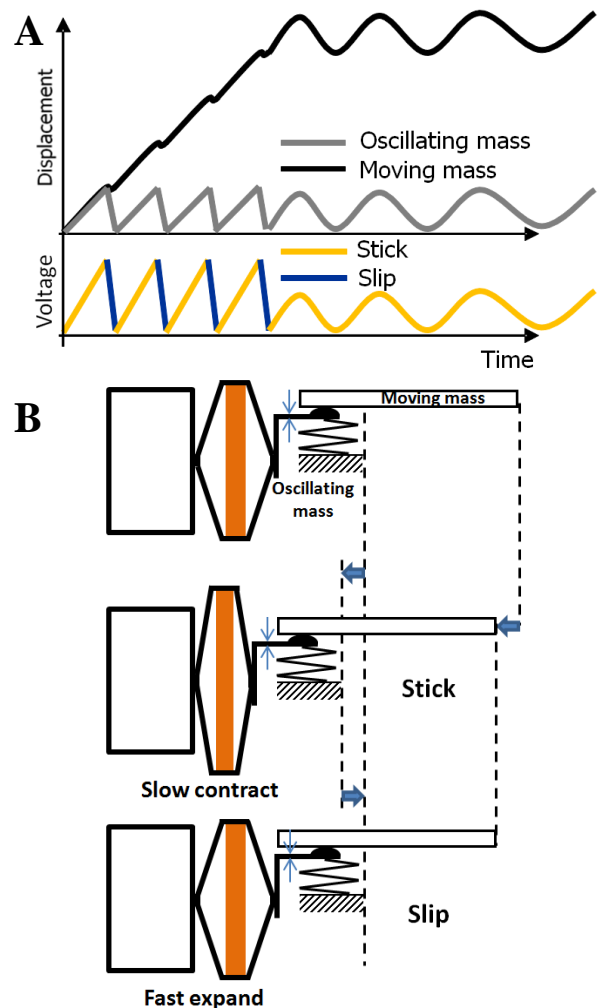


Fig. 1: MSPA motor principle.

Dans les précédents SPA, la pince enchâsse et se déplace le long d'un arbre, localisant le frottement à différentes distances

de l'actionneur. Cette configuration introduit des limitations dans la course maximale disponible, une réduction de la force d'actionnement et rend difficile la conception de nouveaux mécanismes. En comparaison, le module SPA libère les degrés de liberté contraints par l'enchâssement et co-localise la force de frottement avec la force de l'actionneur (Fig. 1 B). Il permet ainsi de piloter un objet par frottement sur un mouvement linéaire ou rotatif selon le guidage employé.

### 3. DEVELOPPEMENTS

Trois prototypes ont été développés pour mettre en évidence les avantages de ce concept. La Fig. 2 illustre un prototype de MSPA linéaire. Le pion est lié solidement à l'actionneur piézoélectrique, et est mis en précharge contre une bande de frottement via un ressort.

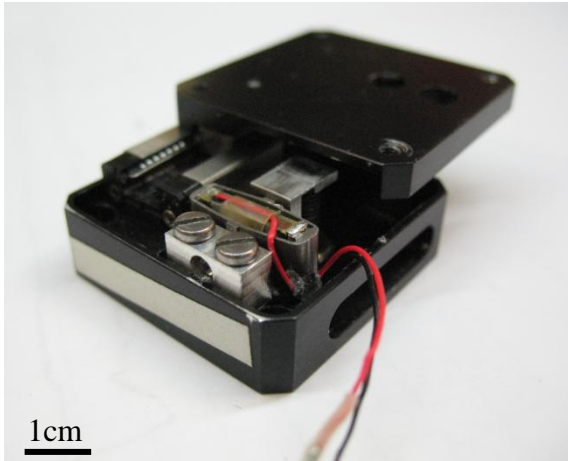


Figure 2: MSPA linéaire prototype de moteur.

### 4. RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La Fig. 3 présente la courbe de charge du prototype de MSPA rotatif. Les principales caractéristiques sont la vitesse à vide : 0.65 mm/s, la force d'actionnement maximale: 3.6N, et le maximum d'énergie mécanique produit: 1.5mW à l'issue des

différentes conversions électro-mécanique et mécanique-mécanique.

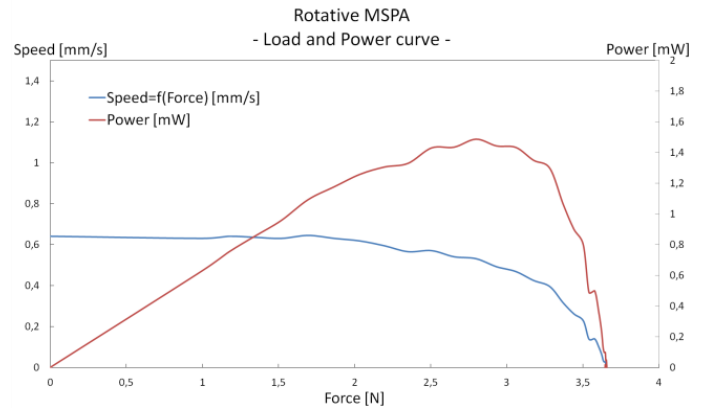


Fig. 3: Rotative MSPA load curve.

Des résultats expérimentaux complémentaires tels que le détail des mouvements pas à pas, et des cyclages seront présentés dans le papier final.

### 5. REFERENCES

- [1] ZM Zhang, Q An, JW Li, and WJ Zhang. "Piezoelectric friction-inertia actuator - a critical review and future perspective." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62(5-8):669–685, 2012.
- [2] F. Claeysen, A. Ducamp, F. Barillot, R. Le Letty, T. Porchez, O. Sosnicki, and C. Belly. "Stepping piezoelectric actuators based on APAs." In *Actuator*, 2008.
- [3] C. Belly and W. Charon. "Benefits of amplification in an inertial stepping motor." *Mechatronics*, 22(2):177–183, March 2012.