

JOURNAL INTERNATIONAL DE TECHNOLOGIE, DE L'INNOVATION,  
DE LA PHYSIQUE, DE L'ENERGIE ET DE L'ENVIRONNEMENT

## **Caractérisation des rebonds mécaniques d'un contacteur**

A. Ramzi, A. Schach, M. Chnani, E. Carvou



**ISSN : 2428-8500**

**DOI : 10.18145/jitipee.v5i2.241**

*Le sujet de cet article a été présenté lors du colloque sur les arcs électriques (CAE XIV) les 19 et 20 mars 2019 à Bourges.*

*L'article publié a fait l'objet d'une expertise indépendante par deux spécialistes du domaine.*

## Caractérisation des Rebonds Mécaniques d'un Contacteur

Asma Ramzi<sup>(1, 2)</sup>, Alexis Schach<sup>(2)</sup>, Moussa Chnani<sup>(2)</sup>, Erwann Carvou<sup>(1)</sup>

(1) IPR (UMR CNRS 6251) Université de Rennes 1, 263 Avenue Général Leclerc, 35700  
Rennes

(2) SAFRAN (Zodiac AeroElectric), 7 Rue des Longs Quartiers, 93100 Montreuil  
asma.ramzi@univ-rennes1.fr

**Résumé** - Dans cette étude nous cherchons à caractériser les rebonds mécaniques d'un contacteur de puissance dans le cadre d'une utilisation aéronautique. En effet, lors d'une fermeture de contacts, des rebonds mécaniques se produisent, pouvant provoquer un amorçage d'arc électrique. Cela peut entraîner de graves problèmes, tels que la soudure et l'érosion des contacts. Les caractéristiques de ces rebonds dépendent de plusieurs paramètres, parmi lesquels la force de fermeture, la nature du matériau de contact, la forme des contacts ainsi que des caractéristiques du circuit électrique.

Dans les contacteurs de puissance, la cinématique de commutation du contact produit des vibrations à l'ensemble du système. Cela complique la détection des rebonds mécaniques, en introduisant des perturbations extérieures aux mouvements relatifs de contact seul. Pour remédier à ce problème, nous combinons simultanément deux méthodes de caractérisation des rebonds. La première méthode s'appuie sur l'utilisation de deux capteurs de déplacement, un placé pour mesurer le déplacement du contact mobile et l'autre, la vibration du contacteur par rapport au bâti. En utilisant un programme d'ajustement, on calcule le déplacement absolu du contact mobile par rapport au contact fixe et on en déduit les paramètres des rebonds (force, longueur, durée, forme). La deuxième méthode consiste à utiliser l'imagerie rapide, qui permet de visualiser le déplacement du contact mobile par rapport au contact fixe. La corrélation entre les deux méthodes permet d'avoir une caractérisation fiable des rebonds.

L'objectif final de cette étude est de conduire à la reproduction de ces rebonds dans un banc de test de soudure. Ce banc de test permettra de contrôler les conditions lors de la fermeture des contacts, de tester différentes natures de matériaux de contacts et d'étudier leur comportement vis-à-vis de la soudure sans avoir à fabriquer et tester de nombreux contacteurs.

**Mots clés** : contacteur, rebond mécanique, soudure, érosion, contacts électriques

**DOI** : 10.18145/jitipee.v5i2.241

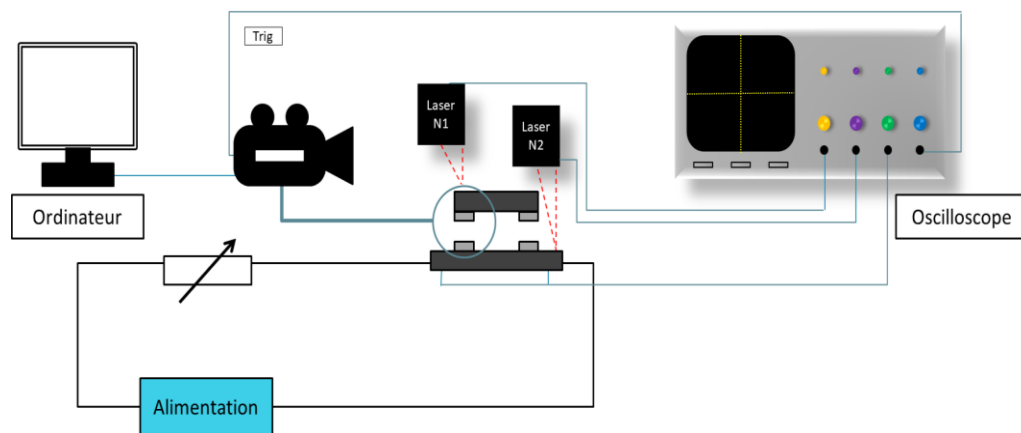
## Introduction

Les industriels aéronautiques tel que Safran travaillent sur l'électrification de différents composants d'avion afin d'améliorer ses performances, son rendement et permettre une maintenance de l'avion plus aisée. Ainsi, les contacteurs jouent un rôle majeur dans un réseau électrique d'avion. En effet, ils se situent entre une source de puissance (ex : génératrice, batterie) et une charge (ex : éclairage, cockpit, actionneur) et ils doivent assurer la fourniture d'une puissance importante (ex : 50 kW) quand ils sont fermés et une isolation galvanique lorsqu'ils sont ouverts.

Le phénomène de soudure des contacts est considéré parmi les modes de défaillance les plus importants des contacteurs. Plusieurs recherches faites sur ce phénomène indésirable montrent que les paramètres responsables sont nombreux et dépendent les uns des autres [1-6]. Dans le cadre de notre étude, nous commençons par la caractérisation des rebonds mécaniques produits au niveau du contacteur échantillon, afin de pouvoir les reproduire ultérieurement sur un banc de test de soudure. Les contacts électriques sont à base d'argent mélangé avec des oxydes métalliques tels que l'oxyde d'étain. Ces oxydes ont des propriétés anti-soudure et ils aident à faciliter la rupture de la soudure si elle se forme [1].

## 1. Banc expérimental

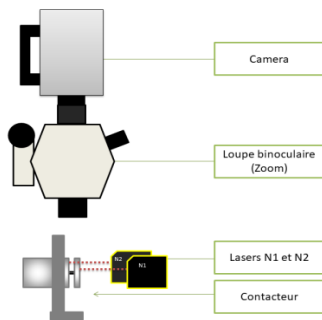
Un dispositif d'essai pour caractériser les rebonds mécaniques a été mise en place. La figure 1 montre le schéma de principe qui lui correspond.



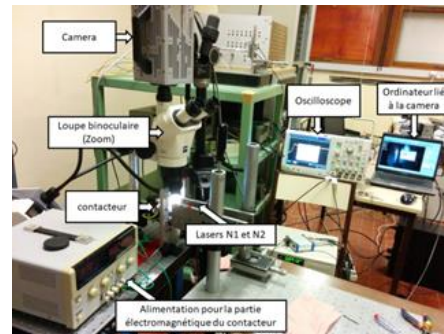
**Figure 1** : Schéma du dispositif de mesure de rebonds

Dans cette expérimentation, un capteur de déplacement « Laser N1 » (LK-H027, Laser rouge à semi-conducteur de longueur d'onde de 655nm) détecte le déplacement du contact mobile et un autre « Laser N2 » (LC-2440, Laser rouge à semi-conducteur de longueur d'onde de 670 nm) détecte les vibrations de l'ensemble du contacteur dues à la cinématique du contact. Une caméra rapide (Phastcam SA3, Photron) est installée au-dessus des contacteurs permettant de filmer la fermeture des contacts électriques.

La fermeture du contacteur se fait sous une tension de 42V avec un courant de 10A, la présence de ce courant pouvant influencer la dynamique de fermeture du contact. La mesure de la tension montre l'instant d'apparition des arcs électriques. Ceci permet d'observer si les arcs se produisent simultanément aux rebonds mécaniques détectés par les capteurs de déplacement.



**Figure 2.a.** Emplacement de la caméra et les deux lasers par rapport au contacteur

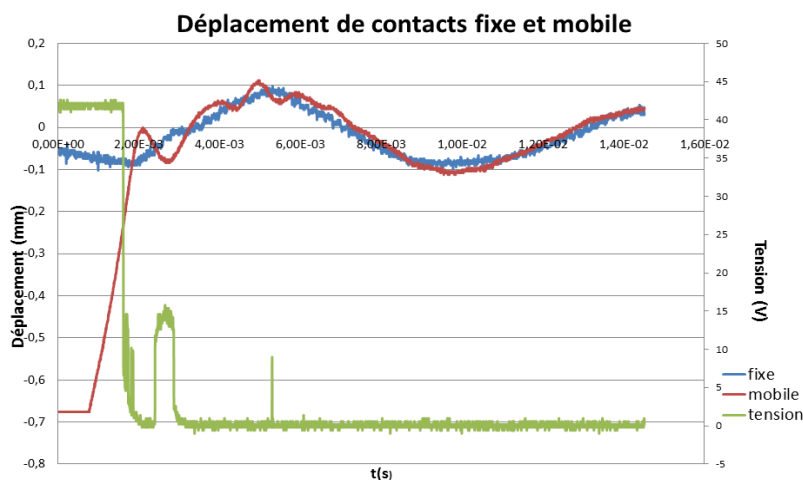


**Figure 2.b.** Différents composants du banc expérimental pour mesurer les rebonds

Les contacts électriques utilisés dans ce test sont à base d'AgSnO<sub>2</sub> 10WPD, matériau connu pour son pouvoir anti soudure.

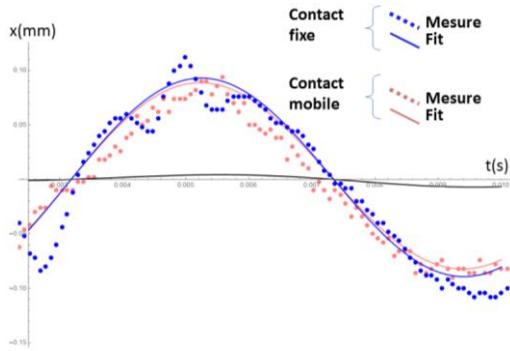
## 2. Résultats et discussion

Les profils de déplacements des contacts mobiles et « fixes » et la trace de tension obtenus à partir de la fermeture du contacteur, sont présentés sur la figure 3.

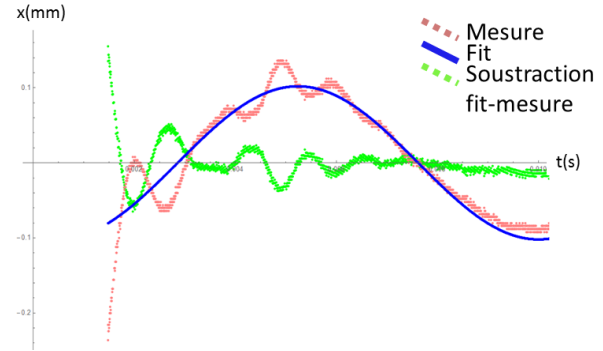


**Figure 3 :** Trace de tension et de déplacement de contact mobile et « fixe » lors de la fermeture.

Ce test montre que tout le système (contacts « fixe » et mobile) subit une vibration provoquée lors du contact (figure 4.a.). Sur la courbe de mesure de déplacement de contact mobile, un rebond apparaît juste après le premier contact provoquant un arc électrique d'une durée de ~2 ms et d'une tension de 14 V (figure 3).

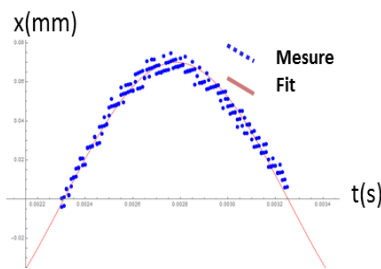


**Figure 4.a.** : Courbe de déplacement des contacts fixe et mobile.

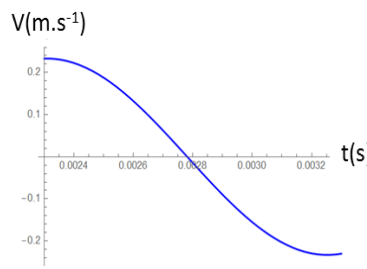


**Figure 4.b.** : Rebond mécanique par soustraction fit-mesure.

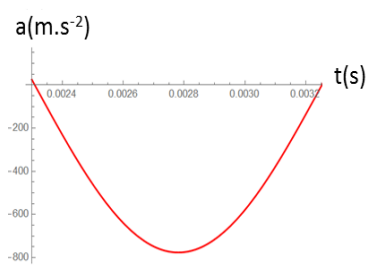
Les courbes d’ajustement des deux mesures de déplacement des contacts « fixe » et mobile correspondent. Le profil absolu du rebond est obtenu par soustraction des mesures de déplacement et d’un ajustement, son apparition et sa durée sont les mêmes que celles de l’arc électrique. Ce profil correspond à une partie d’une solution d’un modèle mécanique de rebond :  $x(t) = a * \text{Sin}[2\text{Pif}t + \phi]$ , avec  $a=70 \mu\text{m}$  ;  $f=530 \text{ Hz}$ . Cette fonction nous permet d’extraire toutes les caractéristiques nécessaires pour les simuler avec le banc de test de soudure (figure 5).



**Figure 5.a.** :  
Rebond mécanique

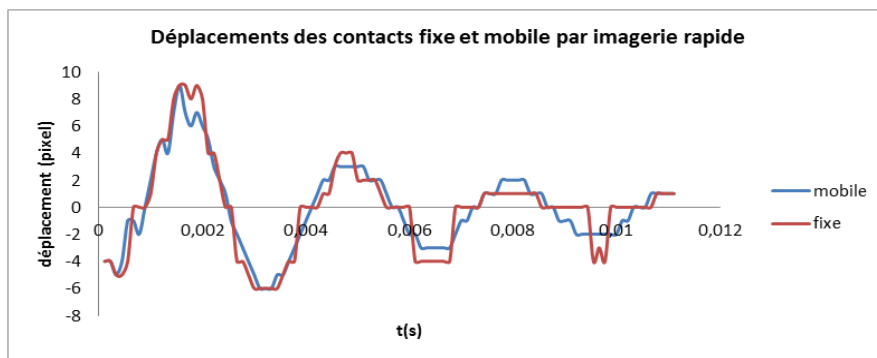


**Figure 5.b.** :  
Vitesse du rebond



**Figure 5.c.** :  
Accélération du rebond

La figure 6 représente le déplacement des contacts fixe et mobile obtenu par imagerie rapide, le principe de cette méthode s’appuyant sur la détermination des coordonnées des pixels correspondants à la position des deux parties des contacts électrique en fonction du temps. Cette méthode est complémentaire, elle permet de valider les résultats présentés précédemment.



**Figure 6** : Déplacement de contact mobile et fixe obtenu via l’imagerie rapide  
(1 pixel correspond à  $10 \mu\text{m}$ .)

## Conclusion

Dans cette étude, les rebonds mécaniques qui se produisent lors de la fermeture des contacts électriques d'un contacteur de puissance ont été caractérisés par l'utilisation des capteurs de déplacement synchronisés avec une caméra rapide, les tests ont été réalisés pour une tension de 42 V et un courant de 10 A. Le rebond mesuré a une durée de ~2 ms et une hauteur de 70µm. Ces mesures nous permettra de reproduire ces rebonds dans un banc test approprié à l'étude du phénomène de soudure. En effet, ce banc nous permettra de simuler le comportement d'un contacteur et de mesurer la force de soudure ainsi que les caractéristiques électriques du circuit lors de la fermeture. En particulier, les futurs tests sur les soudures se dérouleront dans des conditions proches de celles du fonctionnement d'un contacteur en vue d'une application aéronautique.

## Références

- [1] L. Féchant et P. Tixador, (2003), « Matériaux conducteurs et de contact électrique. », Editeur:Hermès /Lavoisier, Paris. ISBN: 2746204894
- [2] Z. Chen et G. Witter, (1999), « Dynamic welding of silver contacts under different mechanical bounce conditions », Proceedings of the Forty-Fifth IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, Pittsburgh, USA, p. 1–8.  
Doi :10.1109/HOLM.1999.795920
- [3] M. Braunovic, V. V. Konchits, et N. K. Myshkin, (2006), « Electrical Contacts: Fundamentals, Applications and Technology », Ed. Taylor & Francis.
- [4] J. W. McBride, (1989), « Electrical contact bounce in medium-duty contacts», IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology », vol. 12, n°1, p. 82 - 90.  
Doi: 10.1109/33.19016
- [5] Z. K. Chen et G. J. Witter, (2010), «A Study of Dynamic Welding of Electrical Contacts with Emphasis on the Effects of Oxide Content for Silver Tin Indium Oxide Contacts», in 2010 Proceedings of the 56<sup>th</sup> IEEE Holm Conference on Electrical Contacts, p.1-6.  
Doi: 10.1109/HOLM.2010.5619552
- [6] E. Yee Kin Choi, «Étude des arcs et de leurs conséquences sur les matériaux de contacts électriques de puissance pour des applications DC», Thèse, Université de Rennes 1, Rennes, 2015.