

# Caractérisation du comportement fonctionnel de relais électromagnétiques aux sollicitations mécaniques et pyrotechniques

David WATTIAUX, Olivier VERLINDEN, Calogero CONTI

Faculté polytechnique de Mons (FPMs)

Service de Mécanique Rationnelle, Dynamique et Vibrations

31 Boulevard Dolez 7000 Mons (Belgium)

☎: +32 (0) 65 37 42 17 📠: +32 (0) 65 37 41 83 📧: David.Wattiaux@fpm.ac.be

## CONTEXTE

- Utilisation de dispositifs pyrotechniques dans le domaine spatial pour assurer diverses opérations (séparation d'éléments structuraux, déverrouillage de mécanismes, activation de sous-systèmes, ...)
- Génération de vibrations intenses risquant d'engendrer des dysfonctionnements électriques des équipements embarqués (changements d'état des relais, fissures des composants magnétiques, ...)



## OBJECTIFS DE RECHERCHE

- Reproduire sur base de critères d'équivalence les environnements vibratoires perçus par les équipements électroniques utilisés dans le cadre d'applications spatiales
- Élaborer une méthode numérique de prédiction des niveaux de choc causés par divers moyens d'excitation
- Développer des modèles de composants électriques, tels que des relais électromagnétiques, en vue de comprendre et prédire leurs dysfonctionnements électriques lors de sollicitations vibratoires intenses

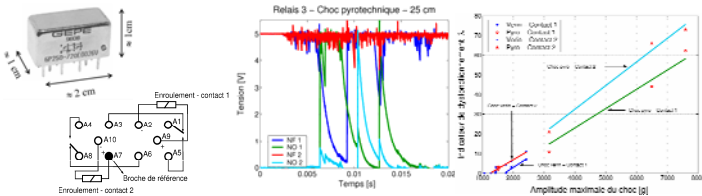
### Développement de dispositifs de test – Alcatel Etca

- Les dispositifs de test sont principalement composés d'un ensemble de plaques en acier ou en aluminium suspendues verticalement ou horizontalement à une structure tubulaire à l'aide d'élingues en acier
- L'équipement à tester est vissé sur l'une des plaques du dispositifs de test
- L'excitation est réalisée soit par un vérin pneumatique, soit par la détonation d'une charge explosive (12g/m pentrite)



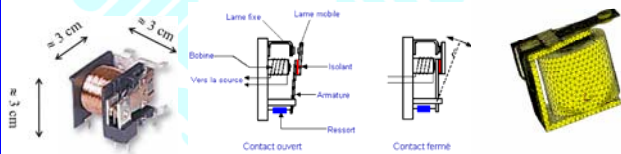
### Comportement aux chocs de relais – Application au GP250

- Relais hermétique bistable polarisé possédant deux contacteurs
- Relevé des évolutions temporelles des tensions lors du choc
- Définition d'un indicateur de dysfonctionnements électriques lié associé au nombre de micro ouvertures observées lors du choc.



### Modélisation de relais – Application au PED PXC-1203

- Élaboration d'un modèle dynamique du contacteur en vue de prédire les niveaux d'accélération minimaux conduisant à des dysfonctionnements électriques des relais



### Principe de la modélisation de la micro ouverture du relais

Équation du mouvement

$$-m(\ddot{y} + \ddot{a}) - c\dot{y} - ky + F_{c0} = 0$$

Précontrainte

Accélération à la base du relais

Introduction de la position d'équilibre statique  $y_{eq}$ :

$$\ddot{Y} + 2\xi\omega_0\dot{Y} + \omega_0^2 Y = -a \text{ avec } Y = y - y_{eq}$$

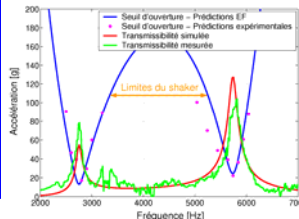
Condition d'ouverture :

$$|Y_{max}| = |Y_{eq}| \Rightarrow A_{min} = \frac{F_{c0}}{m} \sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega_r}{\omega_0}\right)^2\right)^2 + \left(2\xi\frac{\omega_r}{\omega_0}\right)^2}$$

### Modèle EF multi physiques du relais (Ansys)

- **Structure:** éléments volumiques « magnéto-structure » (Solid 62 - Ansys)
- **Air et bobine:** éléments volumiques magnétiques (Solid 97 - Ansys)
- **Force de Contact:** raideur unilatérale (Combin 14 - Ansys)

### Résultats numériques



### Équation du mouvement

$$[M] \{\ddot{q}\} + [C] \{\dot{q}\} + [K] \{q\} = -[M] \{\ddot{R}\} a(t)$$

### Excitation harmonique

$$[-\omega^2 [M] + j\omega [C] + [K]] \{\ddot{Q}\} = -[M] \{\ddot{R}\} A$$

## Perspectives

- Réalisation d'essais complémentaires de chocs sur le relais PED PXC-1203
- Application de la méthodologie à des relais plus compacts tels que les relais GP250
- Simulation des niveaux de choc ressentis à l'intérieur des boîtiers électroniques
- Optimisation du mode de report des composants électroniques sur les PCB (Printed Circuit Board)