



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de La Recherche Scientifique**  
**Université Larbi Ben M'hidi, Oum El Bouaghi**  
**Faculté des Sciences et des Sciences Appliquées**  
**Département de Génie Electrique**  
**Année ; Master I /ESE**  
**Matière ; Capteurs intelligents et MEMS**



**TP N° 4 : Etude des réponses électriques de Microcapteurs  
capacitifs d'accélération**

**1. But du TP:**

Ce TP aide l'étudiant à utiliser la console de simulation des microsystèmes MEMS **MEMS SOLVER** pour l'étude des **Microcapteurs capacitifs d'accélération** pour trois types de signaux et cela du point de vue **sensibilité, précision, linéarité**.

**2. Technologie et utilisation de la console de conception et de simulation des MEMS:**

Un **microsystème électromécanique MEMS** est un microsystème comprenant un ou plusieurs éléments mécaniques, utilisant l'électricité comme source d'énergie, en vue de réaliser une fonction de capteur ou d'actionneur, avec au moins une structure présentant des dimensions micrométriques ; la fonction du système étant en partie assurée par la forme de cette structure. Le terme **systèmes microélectromécaniques** est la version française de l'acronyme anglais **MEMS** (Microelectromechanical systems). En Europe, le terme **MST** pour **MicroSystem Technology** est également d'usage, bien que nettement moins répandu. Issus des techniques de la micro-électronique, les MEMS font appel pour leur fabrication aux microtechnologies, qui Les MEMS sont composés de mécanismes mécaniques (résonateurs, poutres, micromoteurs, etc.) réalisés sur silicium à l'échelle micrométrique. Ces différents éléments mécaniques sont mis en mouvement (actionnés) grâce aux forces générées par des transducteurs électromécaniques. Ceux-ci sont alimentés par des tensions produites avec des circuits électroniques avoisinants. Les transducteurs électromécaniques jouent alors le rôle de l'interface entre les domaines mécanique et électrique. Les transducteurs électrostatiques ou capacitifs y sont utilisés le plus souvent, bien que l'on puisse rencontrer des interfaces électromécaniques basées sur des phénomènes magnétiques et thermomécaniques permettant une production à grande ainsi que des analyses de fréquence propre, de réponse de fréquence, paramétrées et quasi-statiques. Vous pouvez facilement extraire des paramètres réduits, tels que la capacitance, l'impédance et l'admittance et connecter votre MEMS à des circuits électriques externes via des fichiers au format SPICE. Grâce aux principales fonctionnalités de Solver MEMS Multiphysics, le MEMS Module permet

de simuler quasiment tous les phénomènes physiques liés à la mécanique à micro-échelle.

### **3. Capteurs Piézorésistifs:**

L'effet piézorésistif désigne un changement dans la conductivité d'un matériau qui se produit suite à l'exercice d'une contrainte. Grâce à la facilité d'intégration de la piézorésistance de petite taille à des procédés pour semi-conducteurs et à la réponse raisonnablement linéaire du capteur, cette technologie devient prépondérante dans le domaine des capteurs de pression. Afin de modéliser des capteurs piézorésistifs, le MEMS Module offre plusieurs interfaces physiques spécifiques pour caractériser la piézorésistivité dans les solides ou les coques. Lorsque vous utilisez conjointement le MEMS Module et le Structural Mechanics Module, une interface physique réservée à la piézorésistivité pour les couches minces est activée.

### **4. Mécanisme de la piezoresistance:**

La sensibilité d'un appareil piézorésistant a comme caractéristique :

$$K = (dR/R)/\epsilon_1$$

Où  $\epsilon_1$  et R représentent respectivement la variation relative de longueur et la résistance.

### **Piezoresistance des métaux:**

La piézoresistance d'un capteur métallique est due au changement de géométrie dû à la contrainte mécanique. Ce facteur géométrique du capteur se représente par la variable K :

$$K = 1 + 2\nu$$

Où  $\nu$  représente le coefficient de Poisson du matériau.

Même si les variations sont relativement faibles, elles permettent d'utiliser ces capteurs (jauge de contrainte) sur une large gamme d'utilisation.

### **Piezoresistance ou piézorésistor:**

Les piézoresistances ou piézorésistors sont des résistances variables faites à partir d'un matériau piézorésistant et sont utilisées pour les jauges de contraintes, couplées avec un pont de Wheatstone.

### **Piezoresistance dans les semi-conducteurs:**

La variable K d'un semi-conducteur peut être cent fois supérieure à celle des métaux. Les semi-conducteurs généralement utilisés sont le germanium et le silicium (amorphe ou cristallisé)... Le silicium étant aujourd'hui largement utilisé dans les circuits intégrés, l'utilisation des capteurs à base de silicium est largement répandue et

permet une bonne intégration des jauges de déformation avec les circuits bipolaires ou CMOS.

### **Piézorésistance du silicium:**

Une contrainte appliquée sur du silicium va modifier sa conductivité pour deux raisons : sa variation géométrique mais aussi sur la conductibilité intrinsèque du matériau. Il en résulte une amplitude bien plus importante que pour des capteurs métalliques. Cela a permis une grande gamme d'utilisation de la piézorésistance. Beaucoup d'appareils commerciaux comme les capteurs d'accélération utilisent des capteurs en silicium.

