

A

En considérant l'interaction entre les champs électriques non uniformes et les composants transversaux du **tenseur piézoélectrique**  $d$ , nous découvrons un mécanisme d'actionnement spécifique aux **actionneurs piézoélectriques à l'échelle nanométrique** qui conduit à une augmentation de deux ordres de grandeur des déplacements réalisables. Nous proposons et démontrons un actionneur compact ( $\sim 10 \mu\text{m}$ ) et géométriquement isolé, que nous appelons un "nanobender", composé d'électrodes métalliques monolithiques sur une seule couche d'un **piézoélectrique** en film mince. Le déplacement du nanobender évolue de manière quadratique avec sa longueur  $L$  et peut atteindre jusqu'à  $20 \text{ nm/V}$  pour  $L \sim 20 \mu\text{m}$ . L'énorme sensibilité et la plage de réglage atteintes dans ces nanobenders nous permettent de réaliser une avancée significative dans la performance NOEM. Nous démontrons une cavité **optomécanique** "zipper" actionnée par quatre nanobenders qui déforment la structure pour régler la longueur d'onde de résonance optique d'environ  $5 \text{ nm/V}$ . Avec une vitesse de réglage approchant  $1 \text{ MHz}$ , et une plage de réglage de  $60 \text{ nm}$  avec environ  $4 \text{ V}$ , nous montrons....

Considérons une **plaque** de matériau **piézoélectrique** prise en sandwich entre deux **électrodes** séparées par une longueur  $L$  et ayant une différence de potentiel de  $U$  (Fig. [1] a). La propriété piézoélectrique d'un matériau est représentée par son **tenseur de piézoélectricité de charge**  $d$ , un **tenseur** de troisième rang qui relie la déformation au champ électrique à l'intérieur d'un matériau ( $S = d \cdot E$ ). Les termes  $d_{11}(22,33)$  (**notation de Voigt**) couplent  $S_{kk}$  à  $E_k$ , pour  $k = x, y, z$ , provoquant l'accumulation de déformations de compression/traction dans la direction du champ électrique. Cela conduit à un déplacement  $\Delta = SL = d_{11}U$ . En considérant que  $d \approx 10 \text{ pm/V}$  dans les matériaux piézoélectriques standards tels que le **nitruure d'aluminium** (AlN) et le **niobate de lithium** (LiNbO<sub>3</sub>), un tel transducteur ne générerait que des déplacements à l'échelle atomique pour des tensions  $U \sim 1 \text{ V}$  qui sont facilement produites par les circuits CMOS.

B

En considérant l'interaction entre des champs électriques non uniformes et les composants transversaux du **piezoelectric tensor**  $d$ , nous découvrons un mécanisme d'actionnement spécifique aux **nanoscale piezoelectric actuators** qui conduit à une augmentation de deux ordres de grandeur des déplacements réalisables. Nous proposons et démontrons un actionneur compact ( $\sim 10 \mu\text{m}^2$ ) et géométriquement isolé, que nous appelons un "nanobender", composé d'électrodes métalliques monolithiques sur une seule couche d'un film mince **piezoelectric**. Le déplacement du nanobender évolue de manière quadratique avec sa longueur  $L$  et peut atteindre jusqu'à  $20 \text{ nm/V}$  pour  $L \sim 20 \mu\text{m}$ . L'énorme sensibilité et la plage de réglage atteintes dans ces nanobenders nous permettent de réaliser une avancée significative dans les performances des NOEM. Nous démontrons une cavité **optomechanical** "zipper", actionnée par quatre nanobenders qui déforment la structure pour régler la longueur d'onde de résonance optique de  $\sim 5 \text{ nm/V}$ . Avec une vitesse de réglage approchant  $1 \text{ MHz}$ , et une plage de réglage de  $60 \text{ nm}$  avec environ  $4 \text{ V}$ , nous montrons....

Considérons une **slab** de matériau **piezoelectric** prise en sandwich entre deux **electrodes** séparées par une longueur  $L$  et ayant une différence de potentiel de  $U$  (Fig. [1] a). La propriété **piezoelectric** d'un matériau est représentée par son **charge piezoelectricity tensor**  $d$ , un **tensor** de troisième rang qui relie la déformation au champ électrique à l'intérieur d'un matériau ( $S = d \cdot E$ ). Les termes  $d_{11}(22,33)$  (**Voigt notation**) couplent  $S_{kk}$  à  $E_k$ , pour  $k = x, y, z$ , provoquant l'accumulation de **compressional/tensile strain** dans la direction du champ électrique. Cela conduit à un déplacement  $\Delta = SL = d_{11}U$ . En considérant que  $d \approx 10 \text{ pm/V}$  dans les matériaux **piezoelectric** standards tels que le **aluminum nitride** (AlN) et le **lithium niobate** (LiNbO<sub>3</sub>), un tel transducteur ne générerait que des déplacements à l'échelle atomique pour des tensions  $U \sim 1 \text{ V}$  qui sont facilement produites par les circuits CMOS.