



# Electrostatic Sensing System for Aero-Engine

Realizing online monitoring and early fault detection for aero-engine

## Système de Détection Électrostatique pour Moteurs d'Avion

Contrôle en ligne et détection précoce d'anomalies pour les moteurs d'avion

### Introduction

Vibration monitoring and endoscopy are conventional approaches used in fault diagnosis and maintenance of aero-engine. However, these methods are not able to detect minor faults or when the engine is intact and running. Detection method for material loss and combustion chamber deposits is not available. Real time online health monitoring is not available yet resulting in ineffective fault prediction.

In this invention, real time online monitoring and early fault prediction are enabled by a group of gas path electrostatic sensor, regional electrostatic sensor and oil electrostatic sensor. A prediction model is also developed providing information on the status and conditions of critical components for important prognostics and health maintenance.



*Wear particles online electrostatics sensor*



*Gas path electrostatics sensor*

### Special Features and Advantages

- Innovative application of electrostatic inducting technology for online monitoring of aero-engine
- Real time online monitoring of component and early prediction of faults such as blade rubbing, foreign materials on gas path, carbon accumulation on nozzle, fatigue crack, bearing wear, etc.
- Facilitate the development of Prognostics and Health Maintenance (PHM) system for aero-engine
- Improve safety and decrease maintenance cost

### Applications

- Real time online monitoring and early fault prediction for aero-engine
- Collaborated with Beijing Changcheng Institute of Metrology & Measurement for application development

### Intellectual Property

PRC Patent: ZL200810019102.2; ZLCN201010579190.9;  
CN201110400048.8; CN201110403483.6; CN201210064687.6;  
CN201110403483.6

### Introduction

Le contrôle des vibrations et l'endoscopie sont les approches conventionnelles utilisées dans le diagnostic d'anomalies et l'entretien des moteurs d'avion. Ces méthodes, cependant, ne sont pas capables de détecter des anomalies mineures ou lorsque le moteur est intact et en fonctionnement. Il n'existe pas de méthode de détection de perte de matière et de présence de dépôts dans la chambre de combustion. Le contrôle en ligne et en temps réel de bon fonctionnement n'est pas encore disponible, ce qui implique une inefficacité de la prédiction d'anomalies.

Dans cette invention, le contrôle en ligne et en temps réel ainsi que la prédiction précoce d'anomalie est permis par un groupe de capteurs électrostatiques dans la veine gazeuse, un capteur régional électrostatique et un capteur d'huile électrostatique. Un modèle prédictif est également développé qui fournit des informations sur l'état et la condition de composants critiques afin de permettre d'importants pronostics et un maintien en bon état de fonctionnement.



*Oil electrostatic sensor*

### Caractéristiques Particulières et Avantages

- Application innovante des technologies électrostatiques inductives pour le contrôle en ligne des moteurs d'avion
- Contrôle en ligne et en temps réel des composants et prédiction précoce des anomalies telles que friction de pales, présence d'objets étrangers dans la veine gazeuse, accumulation de calamine sur la tuyère, crique de fatigue, usure de pallier, etc.
- Facilite le développement des systèmes de Pronostic et Maintenance (PHM) pour les moteurs d'avion
- Améliore la sécurité et diminue les coûts d'entretien

### Applications

- Contrôle en ligne en temps réel et détection précoce d'anomalies pour les moteurs d'avion
- En collaboration avec le Beijing Changcheng Institute of Metrology & Measurement pour le développement applicatif

### Principal Investigators

Prof. Hongfu ZUO, Dr Ying ZHANG, Dr Pengpeng LIU, Dr Jianzhong SUN,  
Dr Yiming XU, Dr Zhixiong CHEN, Dr Yu FU  
College of Civil Aviation  
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics  
Email: rms@nuaa.edu.cn



# Multi-directional Vibration Energy Harvesters with Wideband Adaptation

*A novel and efficient piezoelectric vibration energy harvester*

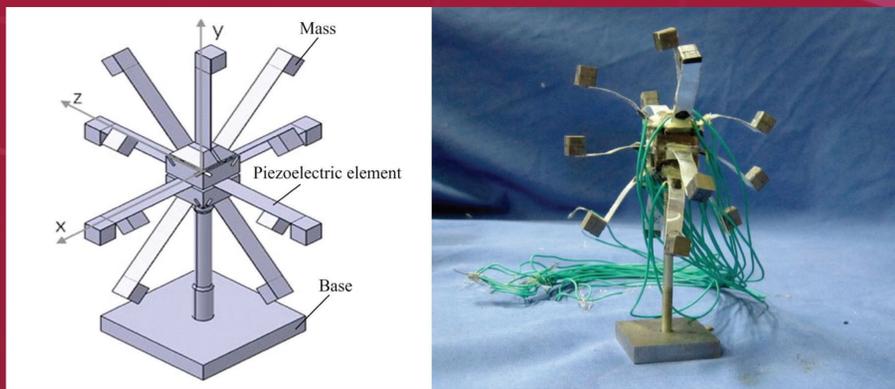
## Récolteur d'Énergie de Vibration Multidirectionnel avec Application Large Bande

*Nouveau récolteur de vibrations piézoélectrique efficace*

### Introduction

Vibration energy commonly exists in nature making it a promising source for energy harvest. However, current vibration energy harvesters (VEH) can only harvest vibration energy of specific direction while the direction of ambient vibrations is ever changing. In addition, the maximum efficiency of VEH is attained only when the ambient vibration frequency matches its resonance frequency.

Two VEHs with cube-ball and dandelion-shaped structures are developed in this invention to resolve the above problems. Energy transfer elements (ETE) are evenly arranged in different directions and positions in the structures to harvest vibration energy of different directions. Besides, the system is developed to change the resonance frequency of VEH by adjusting the stiffness of ETE, enabling the VEH to work at maximum efficiency no matter how the ambient vibration frequency changes.



*Dandelion shape multiple direction VEH*

### Special Features and Advantages

- Harvest vibration energy of different directions
- Adapt to wideband ambient vibration energy
- Enlarge electric output with the rainbow, wrinkled and V-shape Polyvinylidene fluoride (PVDF) composite ETE
- Converge electric energy from multiple ETE using a multiple-source-different-phase charging circuit
- High efficiency and high power output at all directions

### Applications

- Power source for wireless sensors and autonomous electronics devices
- Collaborated with State Grid Nanjing Automation Research Institute for application in wireless sensor networks

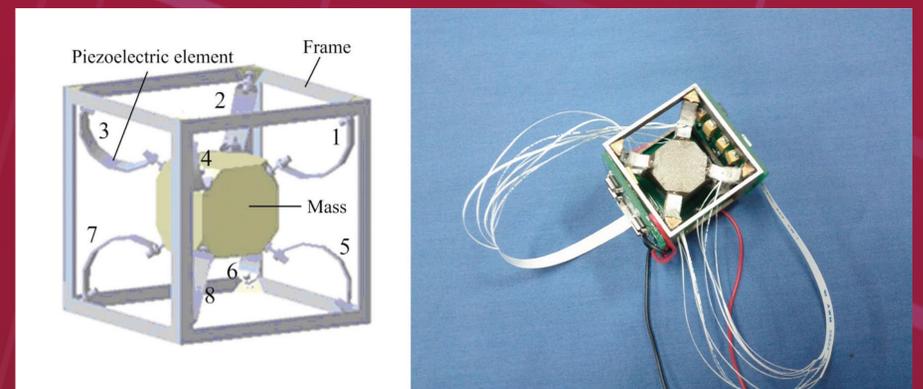
### Intellectual Property

PRC Patent: 201010601354.3, 201010601352.4, 200910033529.2, 200910264889.3, 201010601355.8, 200810021618.0, 201110209602.4

### Introduction

L'énergie de vibration est commune à l'état naturel ce qui en fait une source prometteuse de récolte d'énergie. Cependant, les récolteurs d'énergie (VEH) actuels ne peuvent collecter de l'énergie que dans une direction de vibration, alors que la direction des vibrations ambiantes ne cesse de changer. De plus, l'efficacité maximale des VEH n'est atteinte que lorsque la fréquence des vibrations ambiantes correspond à sa propre fréquence de résonance.

Deux VEHs avec des structures en forme de cube et de dent de lion sont développés dans cette invention dans le but de résoudre les problèmes évoqués ci-dessus. Les éléments de transfert d'énergie (ETE) sont répartis de façon régulière dans différentes directions et positions au sein des structures afin de récolter l'énergie de vibrations ayant différentes directions. En outre, le système est développé pour changer la fréquence de résonance du VEH en changeant la rigidité des ETEs, permettant au VEH travailler avec un maximum d'efficacité en dépit des changements de la fréquence ambiante.



*The cube-ball multiple direction VEH*

### Caractéristiques Particulières et Avantages

- Récolte d'énergie de vibration en provenance de différentes directions
- Adaptabilité à la grande étendue des fréquences de l'énergie de vibration ambiante
- Augmentation du courant électrique de sortie avec les ETEs composites polyfluorure de vinylidène (PVDF) en forme d'arc-en-ciel, de ridules et de V
- Convergence de l'énergie électrique en provenance de multiples ETEs à l'aide d'un circuit de charge multi-sources multi-phases
- Haute efficacité et haute puissance de sortie dans toutes les directions

### Applications

- Source d'énergie pour les capteurs sans-fil et les appareils électroniques autonomes
- En collaboration avec le State Grid Nanjing Automation Research Institute pour des applications sur les réseaux de capteurs sans-fil

### Principal Investigators

Prof. Renwen CHEN, Dr. Liya ZHU, Dr. Xiangjian LIU  
College of Aerospace Engineering  
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics  
Email: rwchen@nuaa.edu.cn



# Nanjing University of Aeronautics and Astronautics



Established in 1952, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics (NUAA) is a national key university with focus in science and engineering. NUAA offers a wide range of programs including 50 undergraduate programs, 127 master programs, 52 doctoral programs. The key disciplines include Mechanics, Aircraft

Design, Aerospace Science & Technology, Aerospace Propulsion Theory & Engineering, Man-Machine and Environmental Engineering, and Manufacturing Engineering of Aerospace Vehicle. There are 95 research institutes and 51 laboratories in NUAA, providing first class facilities and environment for teaching and research.

Over the years more than 110,000 students of different specialties were graduated from NUAA and made significant contributions to the economic development and modernization of national defence in China. NUAA also has close linkage and long term relationships with different industries and enterprises. International exchange and collaboration are developed with over 50 universities and corporations worldwide.

