

NANOSTRUCTURES POUR LA CONVERSION D'ENERGIE : RECHERCHES ET APPLICATIONS



Dr. Laurent GRAVIER //////////////////////////////////////

Responsable Ra&D

+41 (0)24 557 61 84

+41 (0)24 426 44 59

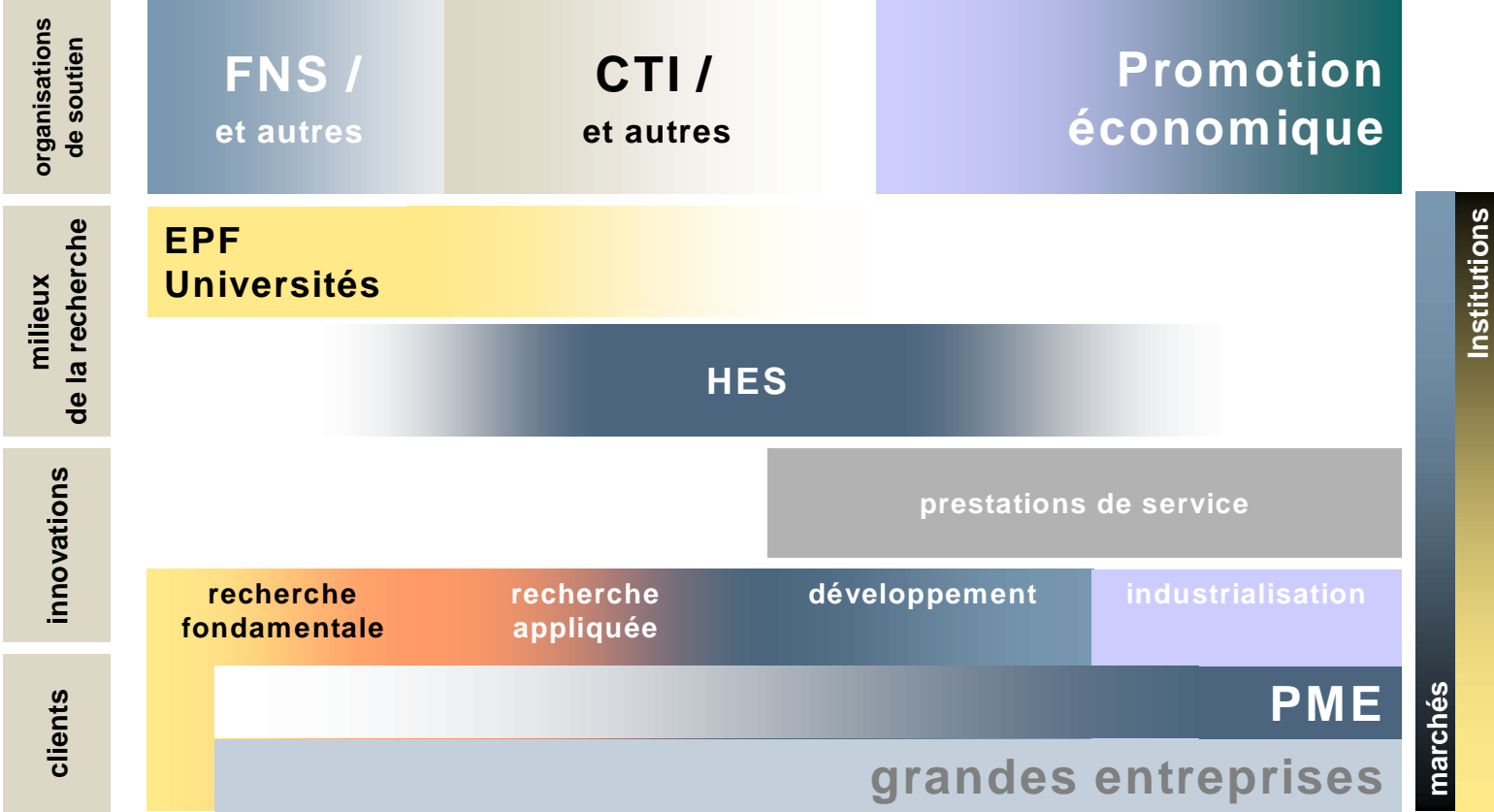
+41 (0)79 702 27 16

laurent.gravier@heig-vd.ch

Institut de Micro & Nano Techniques (MNT)
Av. des Sports 14 • CH - 1400 Yverdon-les-Bains
<http://mnt.heig-vd.ch>

CETT
Centre d'Etudes et de Transferts Technologiques
de la HEIG-VD

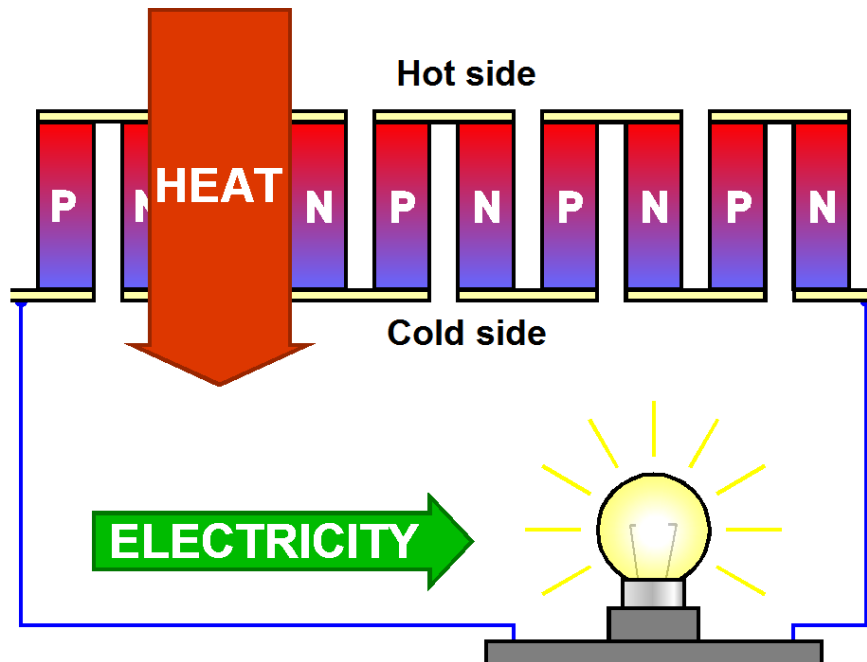
HES : Ra&D, transfert technologique



Applications : les GTE

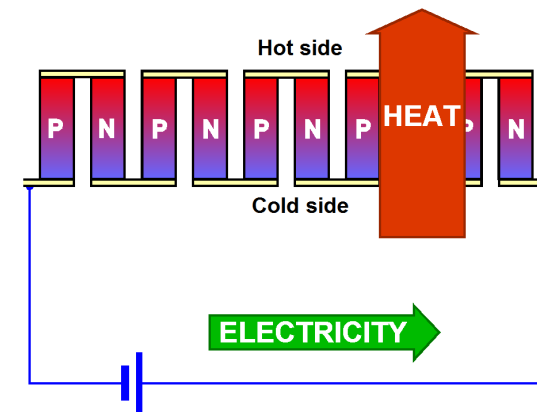
Conversion Chaleur → Electricité

Générateur Thermoélectrique (GTE)



Conversion
Electricité → Chaleur

Refroidisseur Peltier



Applications GTE : critères industriels

RECUPERATION
DE CHALEUR

SYSTEMES
AUTONOMES

SYSTEMES
NOMADES

GWh-MWh

kWh-Wh

mWh- μ Wh

Rendement ZT

Autonomie

Encombrement

- Centrales
thermiques

- Co-génération

- Sondes locales
(Médical)

Applications GTE : critères industriels

RECUPERATION
DE CHALEUR

SYSTEMES
AUTONOMES

SYSTEMES
NOMADES

GWh-MWh

kWh-Wh

mWh- μ Wh

Rendement ZT

Autonomie

Encombrement

- Centrales
thermiques

- Co-génération

- Sondes locales
(Médical)

Eco-compatibilité

Applications GTE : critères industriels

RECUPERATION
DE CHALEUR

SYSTEMES
AUTONOMES

SYSTEMES
NOMADES

GWh-MWh

kWh-Wh

mWh- μ Wh

Rendement ZT

Autonomie

Encombrement

- Centrales
thermiques

- Co-génération

- Sondes locales
(Médical)

Eco-compatibilité

Coûts

Applications GTE : critères industriels

RECUPERATION
DE CHALEUR

SYSTEMES
AUTONOMES

SYSTEMES
NOMADES

GWh-MWh

kWh-Wh

mWh- μ Wh

Rendement ZT

Autonomie

Encombrement

- Centrales
thermiques

- Co-génération

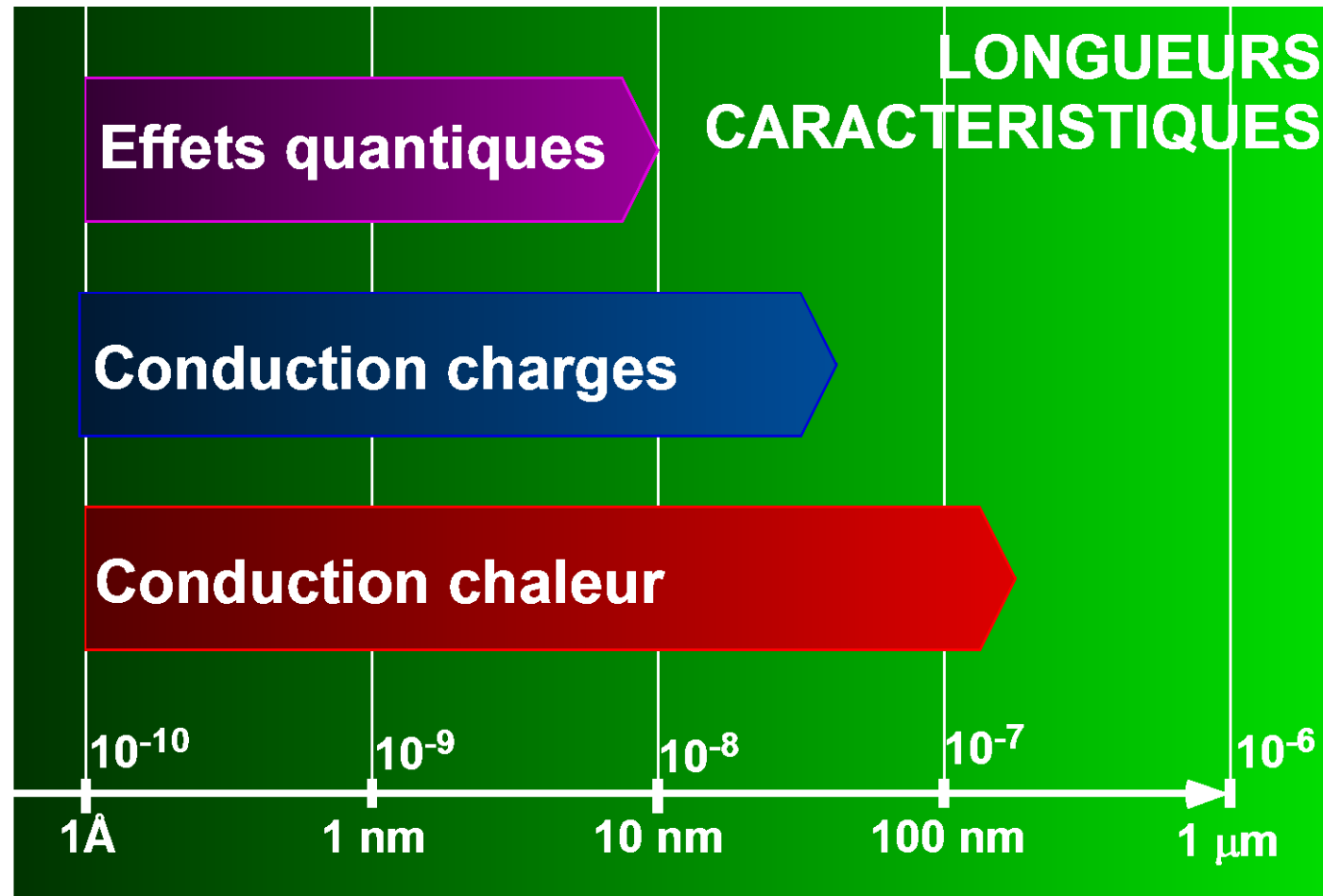
- Sondes locales
(Médical)

Eco-compatibilité

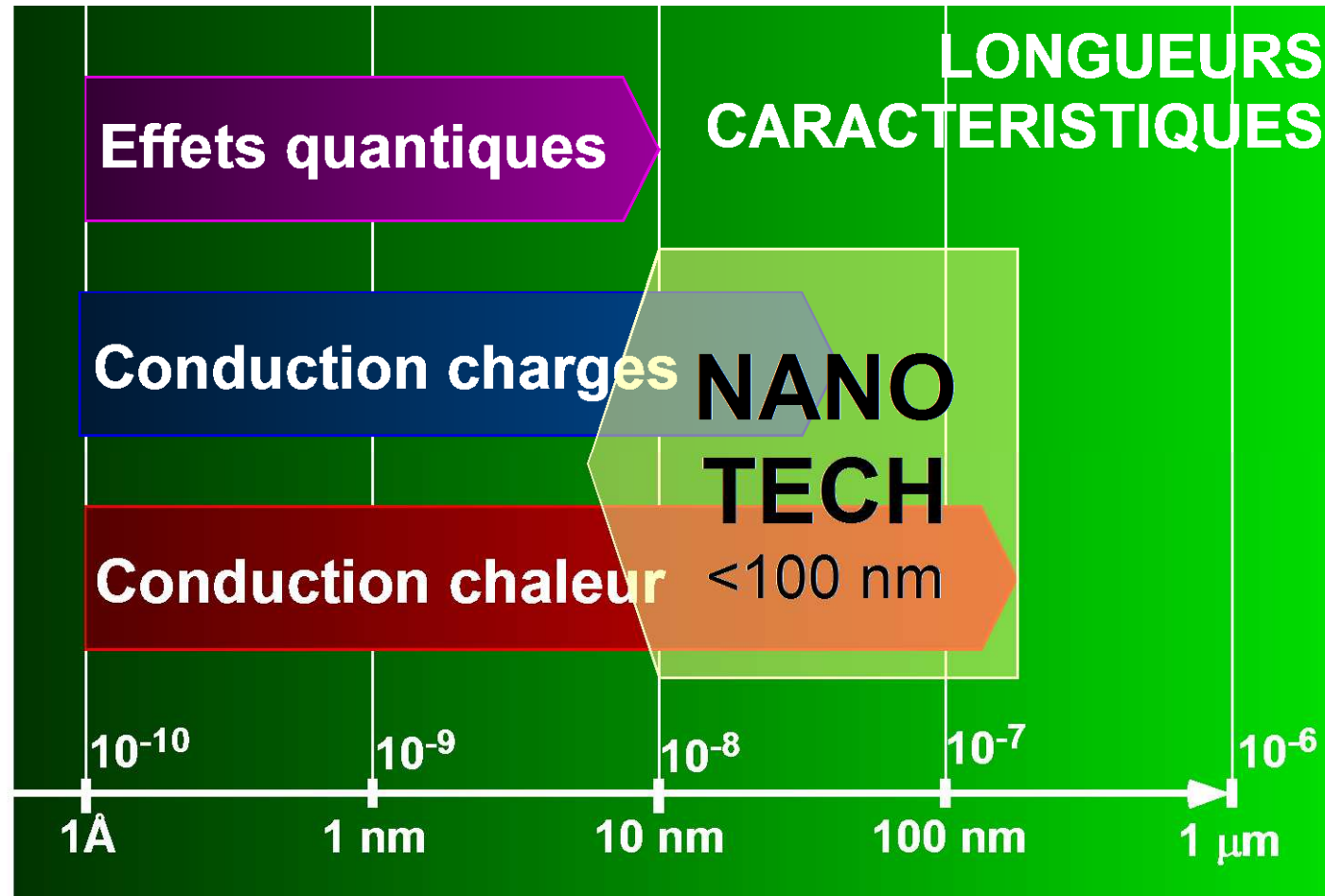
Coûts

MICRO- ET NANO-STRUCTURES

Applications GTE : nanostructuration



Applications GTE : nanostructuration



→ 10-100nm : gain de ZT

Programme « nano-thermoelectrics »

Projets Ra&D

→ NANOCOMPOSITES

- 2D - Couches minces
- **1D - Nanofils**
- 0D - Granulaires

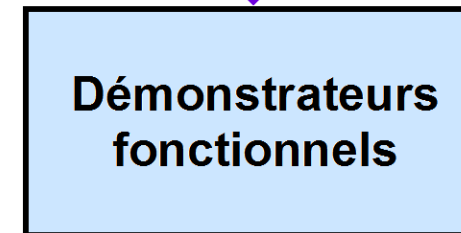
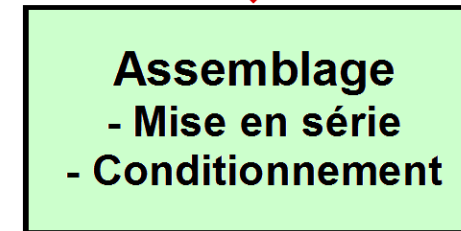
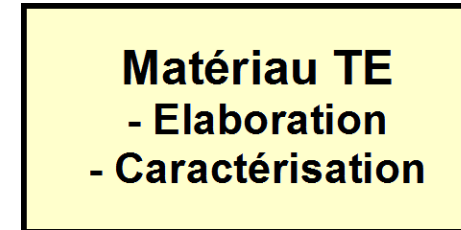
Avantages

- Effets de taille – meilleur rendement
- Dispositifs de très petites tailles - micro- et nano-sources d'énergie

Cahier des charges

- Technologies sub-100 nm maîtrisées
- Eco- et Bio-compatibilité

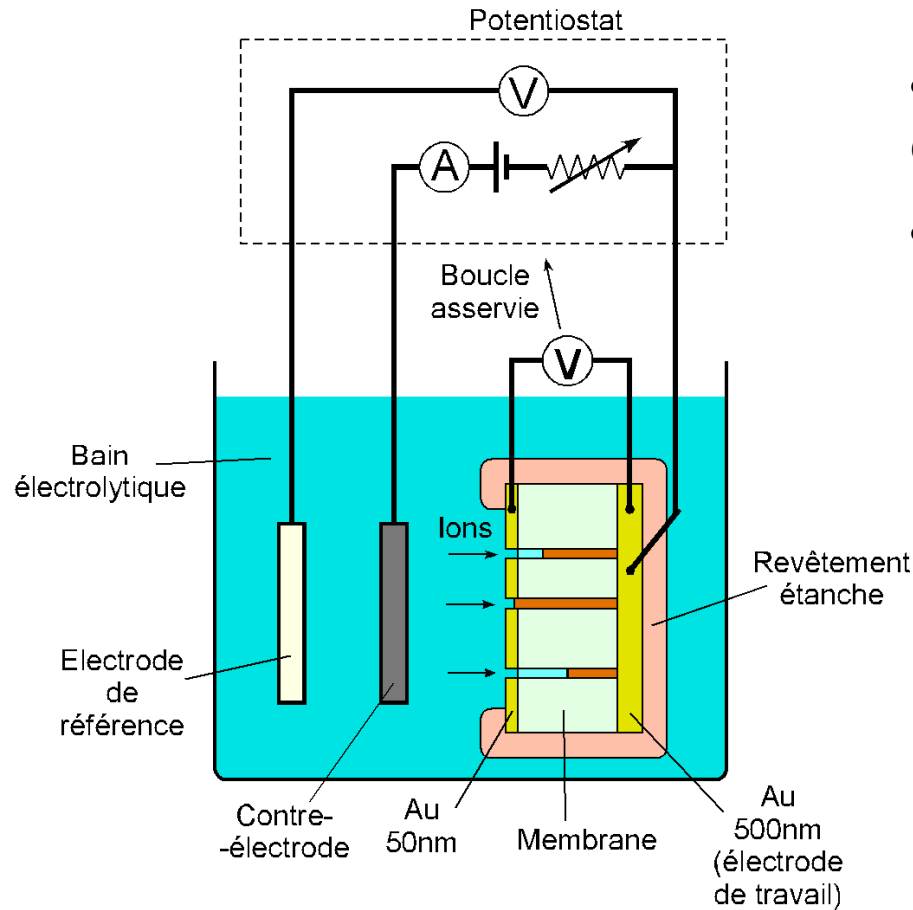
- Production de masse
- Faibles coûts de production



Applications industriels :

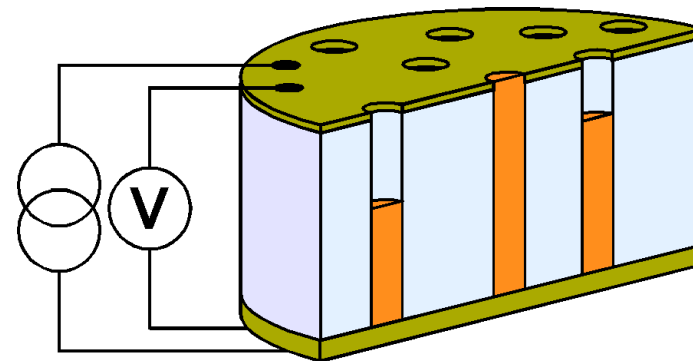
→ PROTOTYPE SVP !

GTE Nanofils : 'Template synthesis'



Principes:

- Croissance **électrochimique** dans des **membranes nanoporeuses**
- Contacts multiples ou **uniques**



Pores : 100nm – 75 μ m de long
10nm – 1 μ m en \emptyset

Challenge: measuring thermoelectrical power (TEP) on nanowires

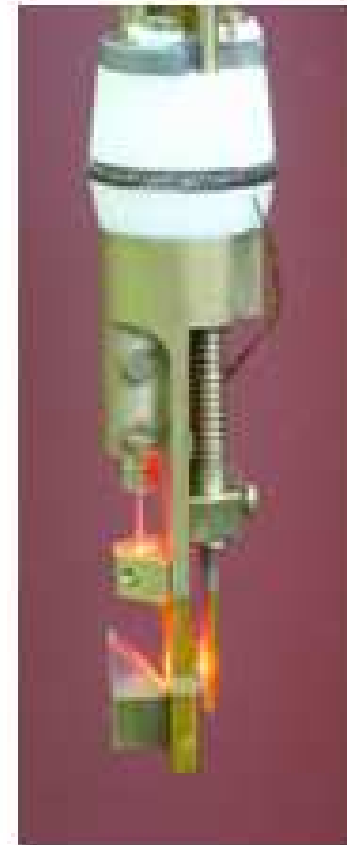
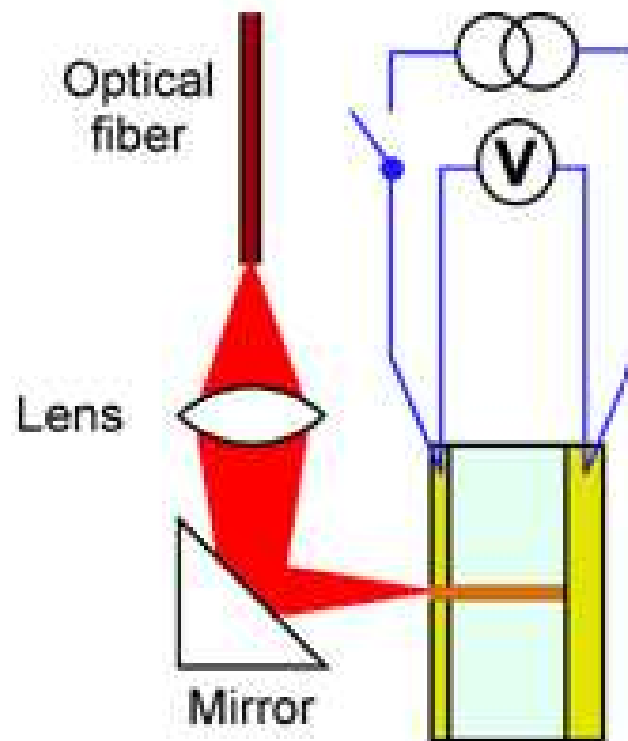
Nanotechnologies:
efficient, but
slow process!

On nanowires in template:

**chopped laser light
as heat source**

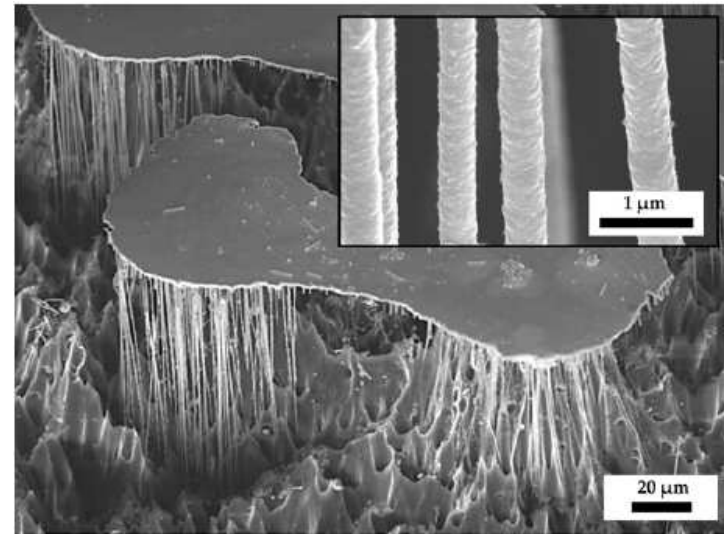
→ **Contactless**

→ **Lock-In detection
(22 Hz)**



GTE Nanofils : μ GTE

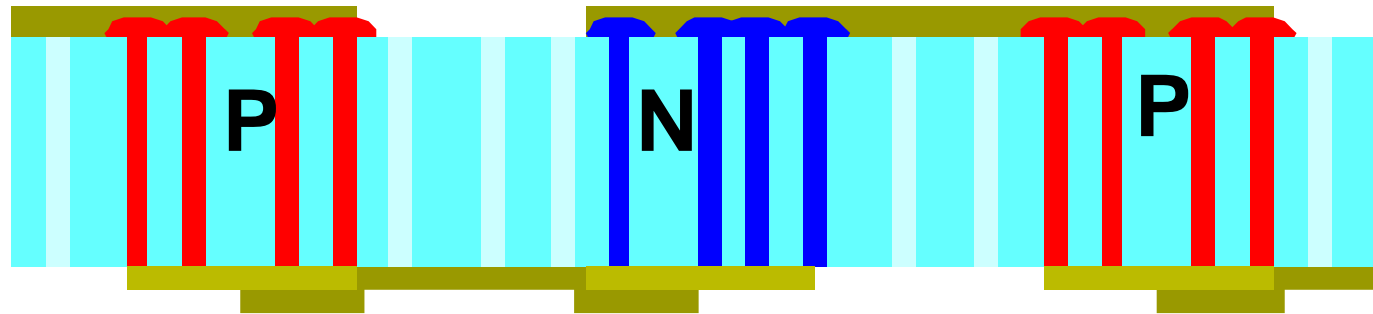
- Nanostructuration “low cost” maîtrisée
- Mise en série haute densité ($>1000/\text{cm}^2$)
- Dispo flexible
- Résistance de contact optimum (profil “champignon”)
- Résistance thermique optimum (pas de plaque alumine)



SEM picture, M. Lindeberg, Uppsala, Sweden
J. Micromech. Microeng. **18** 065021 (2008).

Benchmarking: $\sim 100\mu\text{W}$ ($\Delta T=5\text{K}$)

→ micro-systèmes autonomes



GTE Nanofils : banc de test

Montage en cours

- Mesure de la résistance
- Mesure de thermotension
- Mesure du rendement de conversion

$$\eta = P_{out}/P_{in}$$

Modélisation numérique

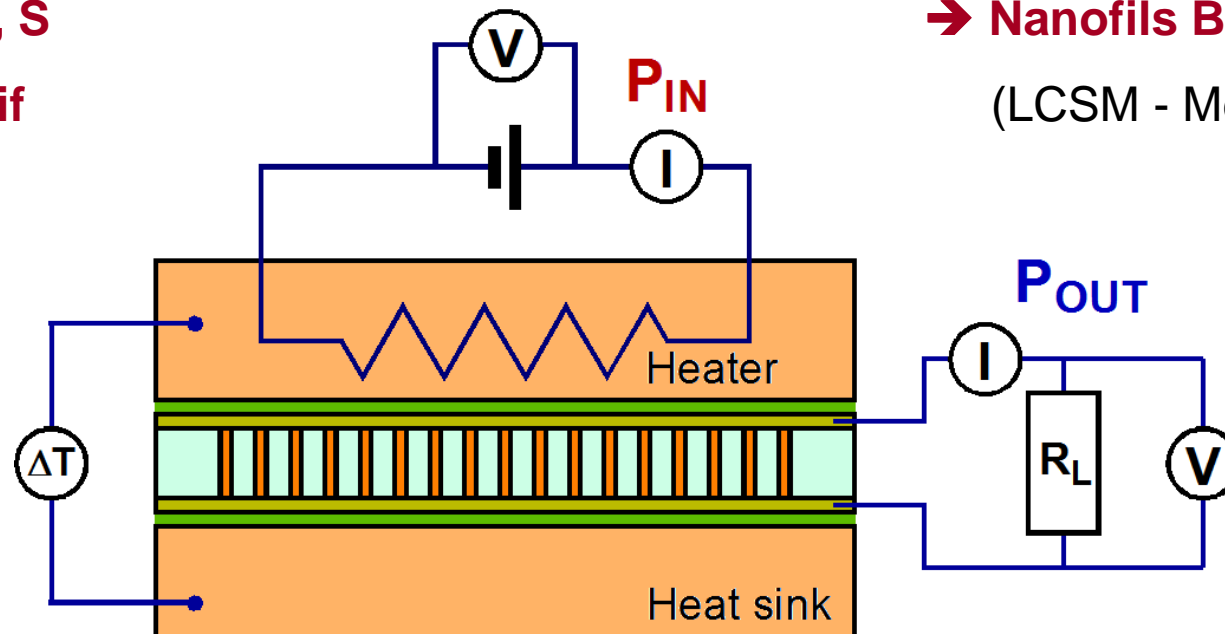
→ Fit : ρ , κ , S

→ ZT effectif

Système modèle

→ Nanofils BiTe

(LCSM - Metz)



Conclusion

Modules thermoélectriques nanostructurés

→ Solutions réelles pour applications industrielles variées

→ Prototypes SVP !

→ Contact avec l'industrie : définition des applications

MERCI DE VOTRE ATTENTION !!

