

Récupération d'énergie biomécanique et Systèmes autonomes

URSI – L'Homme connecté
25/03/2014

Sébastien Boisseau
CEA-LETI

Récupération d'énergie et besoins énergétiques

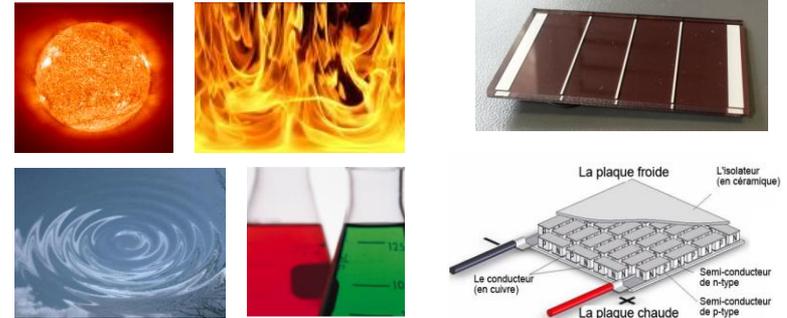
FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech

Récupération d'énergie

■ Convertir l'énergie ambiante en électricité

- Lumière, Vibrations, Gradients thermiques, biochimie



■ Récupération d'énergie ≠ Production d'énergie



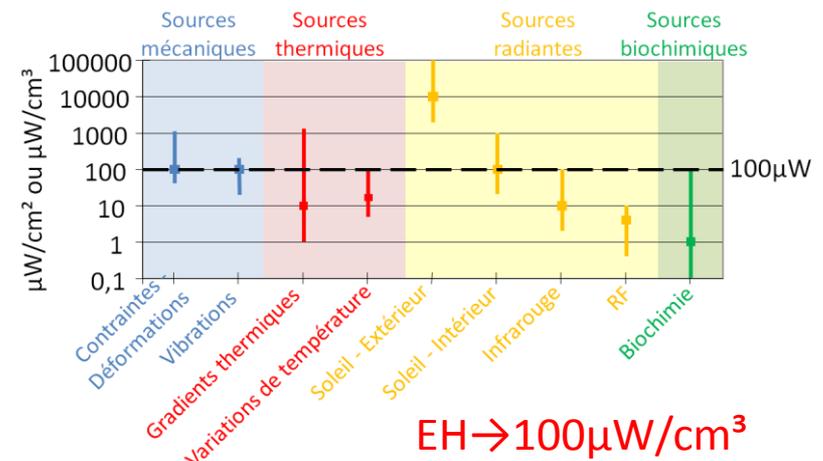
© sysen



© decathlon

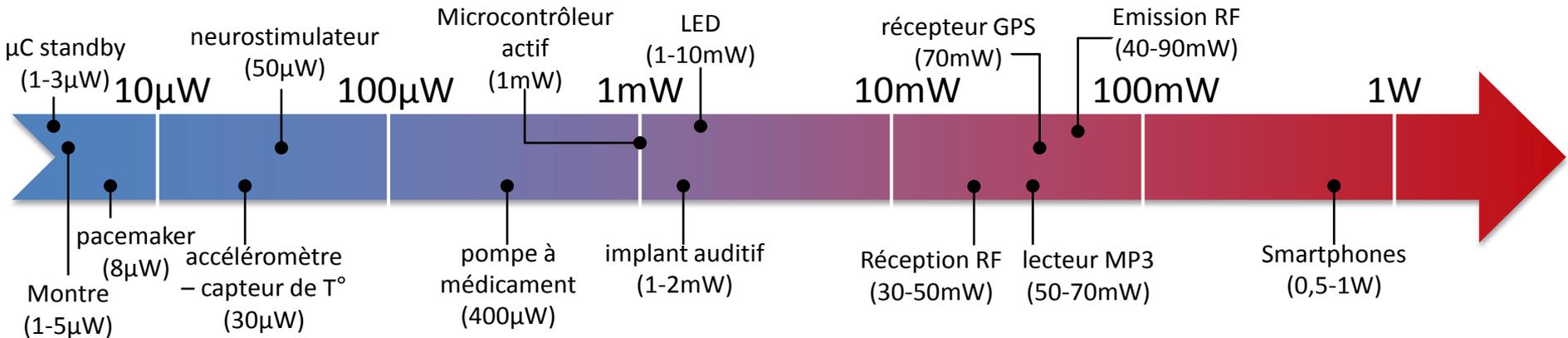
■ Pour alimenter/prolonger la durée de fonctionnement de dispositifs nomades

- Capteurs, Smartphones, Implants médicaux

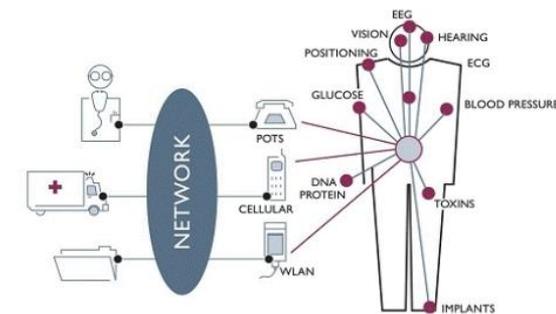
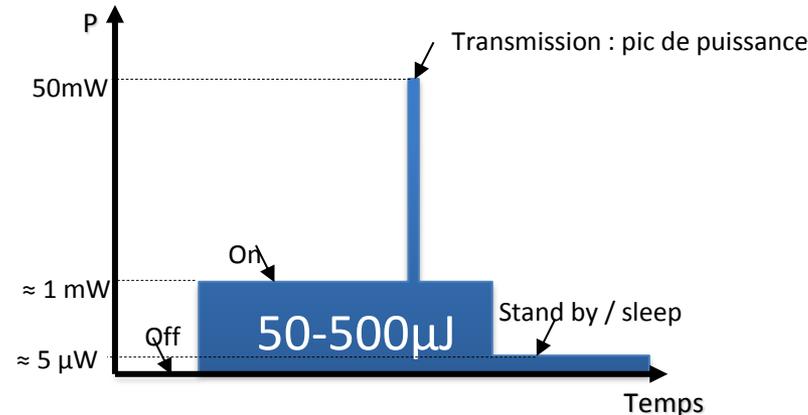
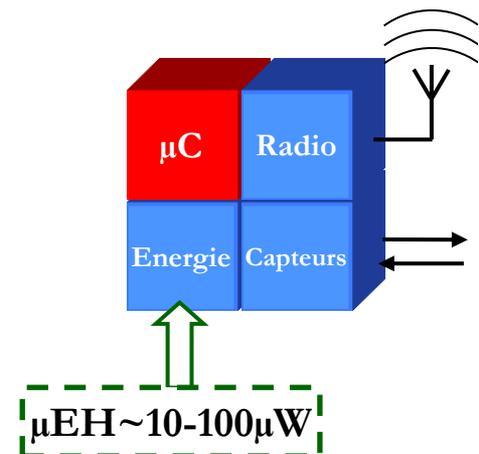


Besoins énergétiques

■ Besoins: du capteur autonome au Smartphone



■ Capteur et mode de fonctionnement intermittent

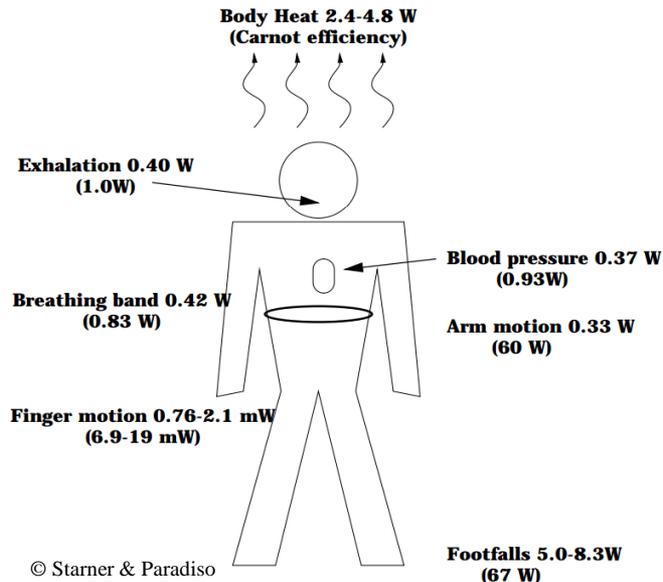


Récupération d'énergie biomécanique

- L'Homme consomme 11MJ d'énergie par jour
 - 127 Watts en moyenne – 100W en dormant – 1630W en courant
 - Une partie utilisée sous forme mécanique: pour se déplacer, respirer, faire circuler le sang...

Récupération d'énergie biomécanique

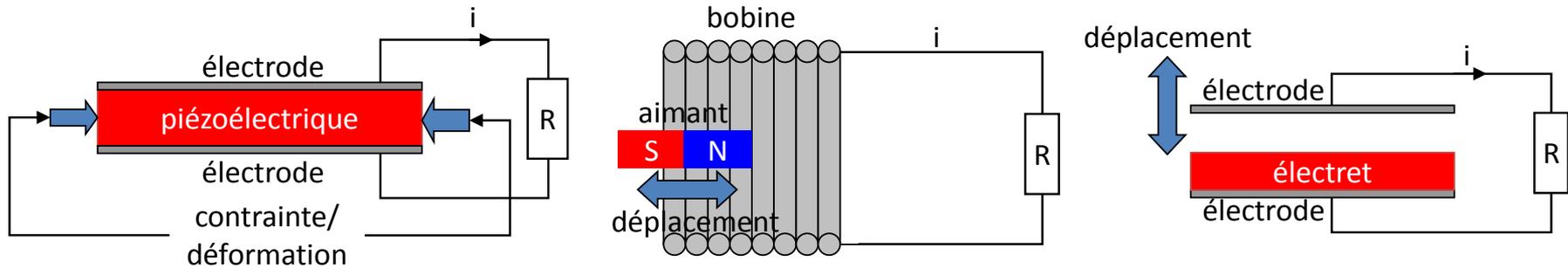
- Récupérer une petite partie de cette énergie: qq μW – qq 10mW



- Vêtements
- Chaussures
- Articulations

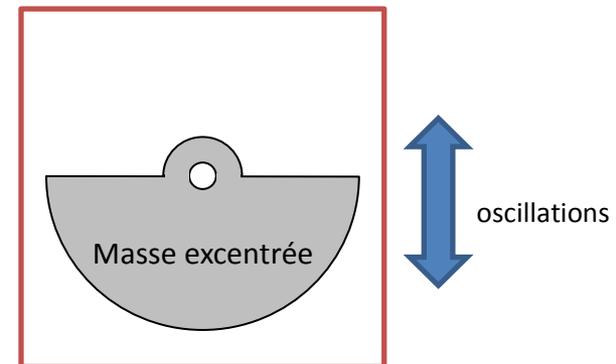
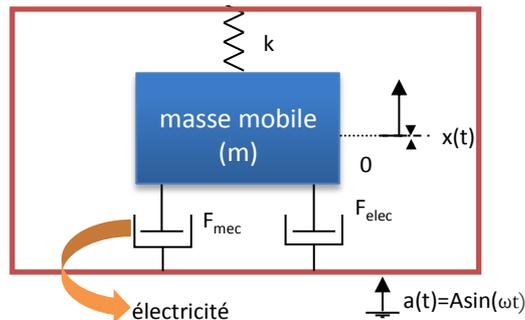
Convertisseurs électromécaniques

■ 3 convertisseurs électromécaniques de base



■ 2 grandes familles de récupérateur d'énergie

- Conversion directe: utilisation directe du convertisseur
- Système inertiel : utilisation d'un système masse ressort ou d'une masse excentrée pour récupérer les vibrations ou les oscillations



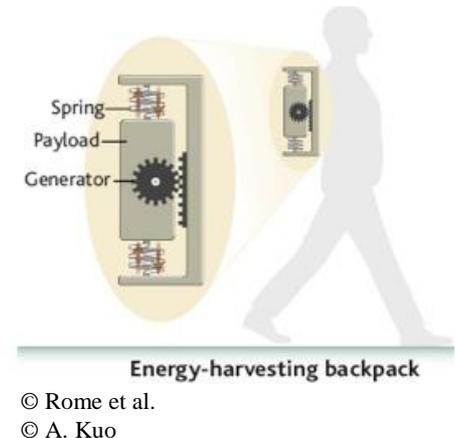
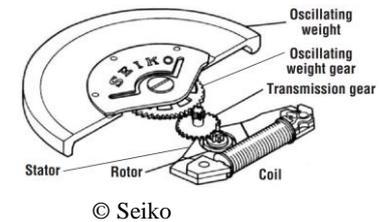
Systemes de récupération d'énergie biomécanique

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech

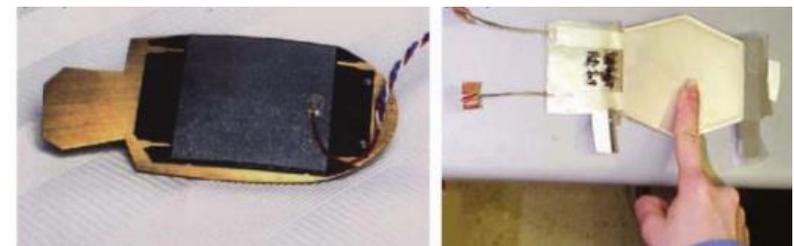
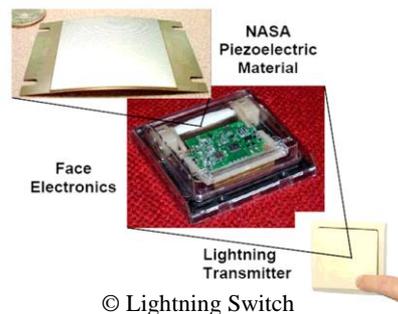
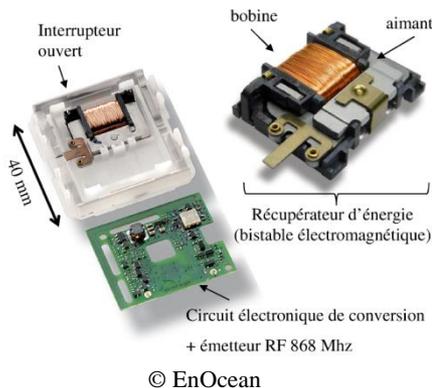
■ Systèmes inertiels

- Conversion électromagnétique majoritairement
- Montres autonomes
 - Récupération du mouvement du poignet (Seiko-1988)
 - Masse excentrée couplée à un convertisseur électromagnétique
 - $5\mu\text{W}$ en moyenne / 1mW en mouvement forcé
 - Suffisamment pour alimenter la montre
- Lampes autonomes
 - Générateur simple bobine aimant
 - Puissances de plusieurs 10mW
 - Alimentation de LED
- Sac à dos récupérateur d'énergie
 - Récupération de l'énergie en marchant
 - Récupération du mouvement d'une masse mobile sur ressort
 - 7W récupérés lors de la marche
 - Suffisamment pour recharger un Smartphone



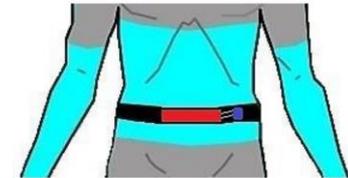
■ Conversion directe

- De nombreux dispositifs à conversion directe. Certains sont déjà commercialisés.
- Interrupteurs autonomes
 - EnOcean, Lightning Switch...
 - 50μJ-100μJ par appuie
 - Assez pour envoyer l'info à distance
- Récupération d'énergie dans la chaussure
 - Conversion piézoélectrique, électromagnétique, électrostatique étudiées
 - Jusqu'à 0,7W récupérés
 - Pratiquement : 1- 10mW facilement récupérables



■ Conversion directe

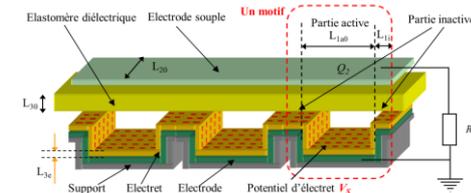
- Récupération d'énergie au niveau du genou
 - Bionic Power – J. Donelan
 - Générateur électromagnétique - 10W récupérés
 - Applications militaires
- Récupération d'énergie de la respiration
 - Sangle PVDF pour récupérer les mouvements de la cage thoracique
 - 2,3mW récupérés
- Sangle de sac à dos récupérateur d'énergie
 - Sangle PVDF
 - 46mW récupérés
- Textile récupérateur d'énergie
 - Structure électrostatique
 - $3\mu\text{W}/\text{cm}^2$ à 2Hz



© H. Abdi et al.



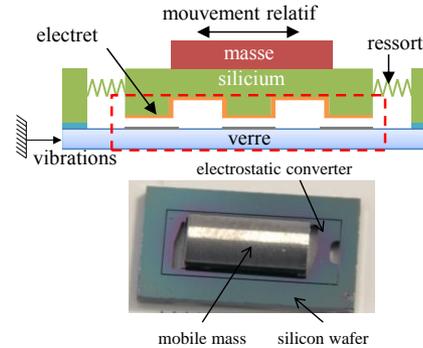
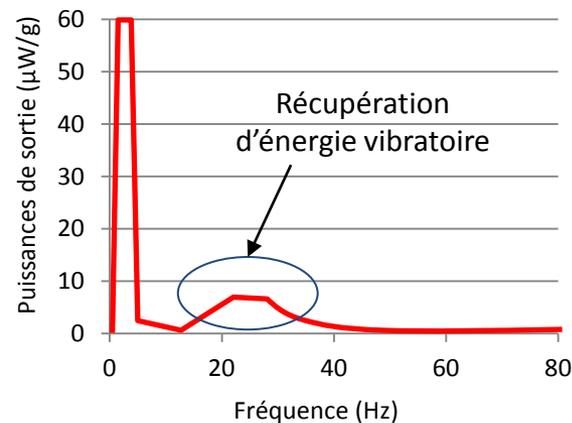
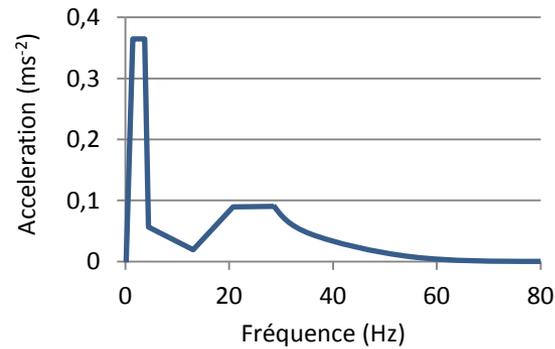
© J. Granstrom et al.



© T. Vu-Cong et al.

■ Systèmes inertiels

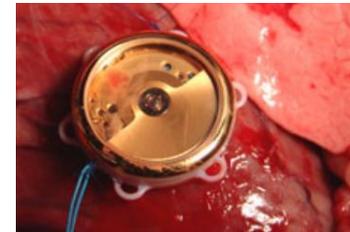
- Récupération des mouvements/vibrations induits par le cœur
- Puissances visées : 10-20 μ W pour alimenter des pacemakers
- Théoriquement qq 10 μ W/g de masse mobile



© CEA-LETI+SORIN

Structure électrostatique

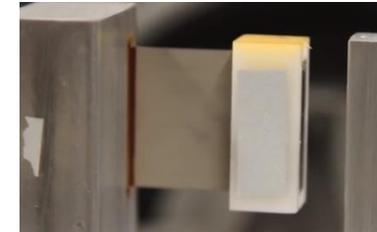
- Qq cm³
- 10 μ W visés
- Compatible IRM
- CEA-LETI+SORIN



© A. Zurbuchen et al.

Structure à rotor excentré

- Même principe que la montre
- 16,7 μ W sur une chèvre
- A. Zurbuchen et al.



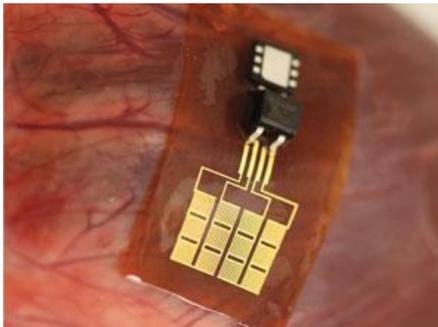
© The University of Michigan College of Engineering

Structure piézoélectrique

- Structure cantilever
- 10 μ W visés
- A. Karami et al.

■ Conversion directe

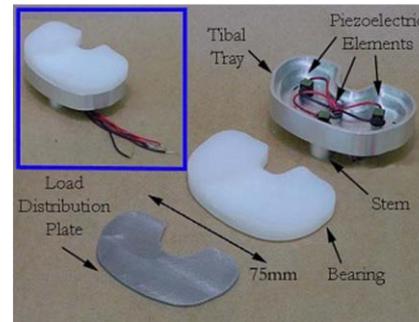
- Pas de dispositif commercialisé
- Nombre croissant de dispositifs de récupération d'énergie dans les articles scientifiques – essentiellement piézoélectriques



© C. Dagdeviren

Patch piezo souple

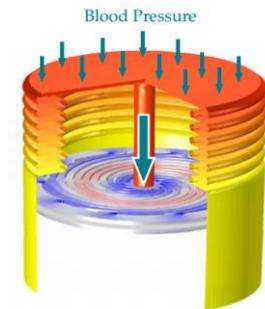
- récupération des déformations du cœur, du diaphragme et des poumons
- Membrane PZT
- $0,18\mu\text{W}/\text{cm}^2$
- *C. Dagdeviren et al.*



©S. Platt et al.

Céramiques piézoélectriques

- placées dans une prothèse de genou
- Céramiques PZT
- $4,8\text{mW}$
- *S. Platt et al.*



©M. Deterre et al.

Structure à soufflet

- Récupération de la variation de pression dans le cœur
- Soufflet + PZT
- $4,15\mu\text{W}/\text{cm}^3$
- *M. Deterre et al.*

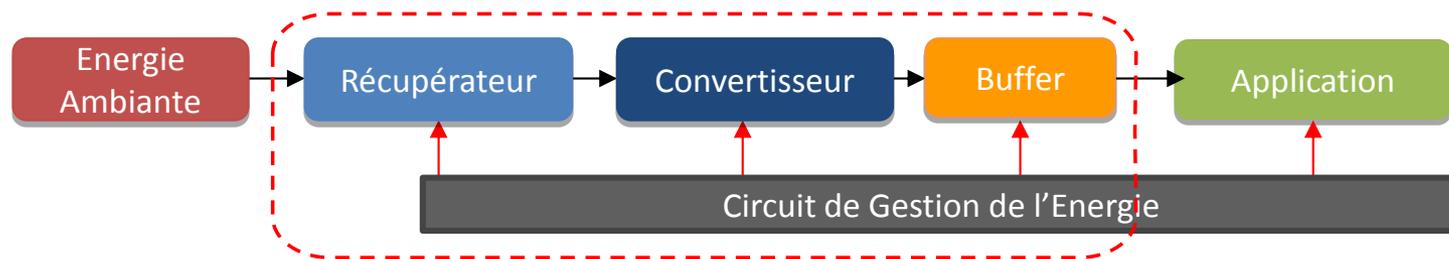
Gestion et utilisation de l'énergie biomécanique

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech

Gestion de l'énergie

- Energie du récupérateur non utilisable telle quelle
 - Alternative, trop forte tension ou trop faible tension
 - -> Besoin d'un circuit de gestion de l'énergie

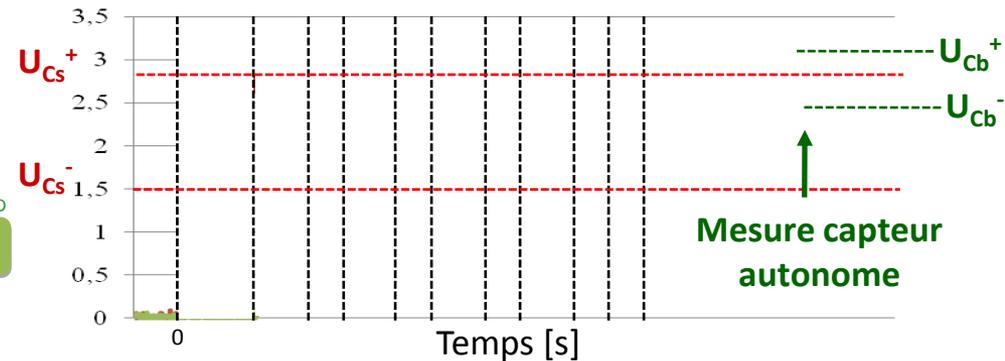
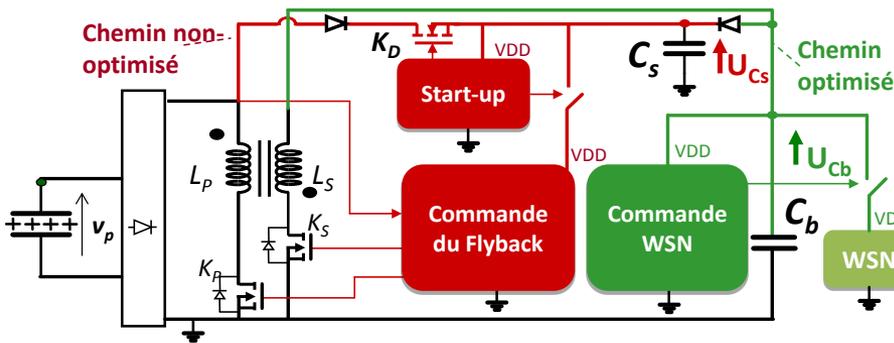


Objectifs

- Maximiser l'extraction d'énergie du récupérateur (passif vs actif)
Ex: décharge au max (SECE)
- Maximiser le rendement de conversion entre le récupérateur et le buffer
- Fournir une tension de 3V à l'application

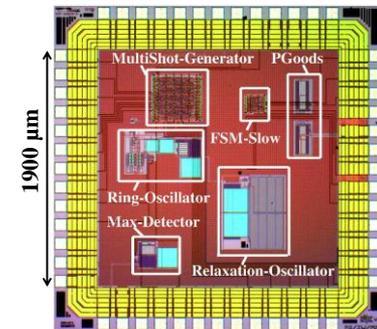
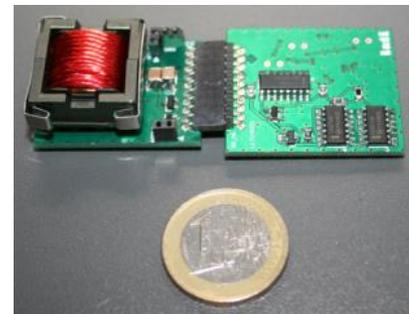
Exemple d'un circuit de gestion de l'énergie

- Circuit de gestion fonctionnant sans pile dès $10\mu\text{W}$ (LETI)
 - Adapté aux récupérateurs piézoélectriques et électrostatiques



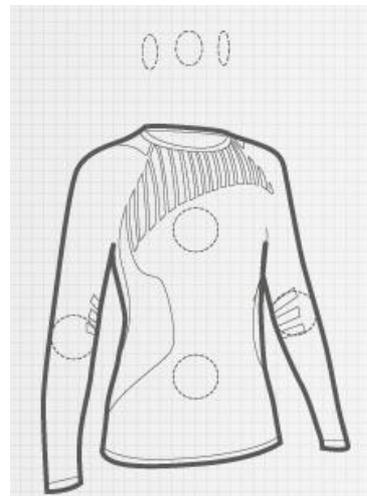
- Réalisé en discret et en ASIC

- Consommation : $<3\mu\text{W}$
- Quelques cm^3
- Rendements : $>50\%$
- Fonctionne dès $10\mu\text{W}$ de puissance récupérée
- Alimente un capteur autonome dès que suffisamment d'énergie a été stockée + communication RF



Récupération d'énergie et objets connectés

- Quelques exemples de dispositifs dans lesquels la récupération d'énergie pourrait être utilisée



Conclusions

FROM RESEARCH TO INDUSTRY

cea tech

Conclusions

■ Récupération d'énergie

- Dispositifs internes et externes
- Puissances de sortie : $1\mu\text{W}$ - $10\mu\text{W}$ (interne) – qq μW -qq 10mW (externes)
- Assez pour de nombreuses applications

■ Circuit de gestion de l'énergie

- Possibilité de concevoir des circuits sans pile autodémarrant
- Fonctionnement dès $10\mu\text{W}$ de puissance récupérée
- Qq cm^3
- Contraintes à ne pas négliger (rendements)

■ → Un des futurs piliers de l'Internet des Objets (IoT)

- Autonomie Energétique des objets, vêtements, capteurs,...de l'Homme connecté