

Génération d'énergie à partir des ressources disponibles dans l'environnement humain

Marianne Lossec, Bernard Multon, Hamid Ben Ahmed

Contexte de la thèse

● Problématique générale:

Exploiter les ressources énergétiques présentes dans l'environnement humain pour l'alimentation d'appareil électronique portable:

Chaleur dégagée par le corps

Énergie mécanique issue des mouvements humains

Lumière reçue

Ondes électromagnétiques

● Pour quelles applications?

Alimentation de capteurs communicants faible consommation
(microcontrôleur, mémoire, antenne)

Montres...



Chaîne de conversion d'énergie

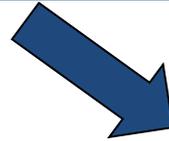
Ressources énergétiques

Mouvements (vibratoires, humains...)
Chaleur
Lumière (solaire, artificielle)
Ondes radio



Récupération (*scavenging, harvesting*)

Transducteur
(convertisseur en électricité)

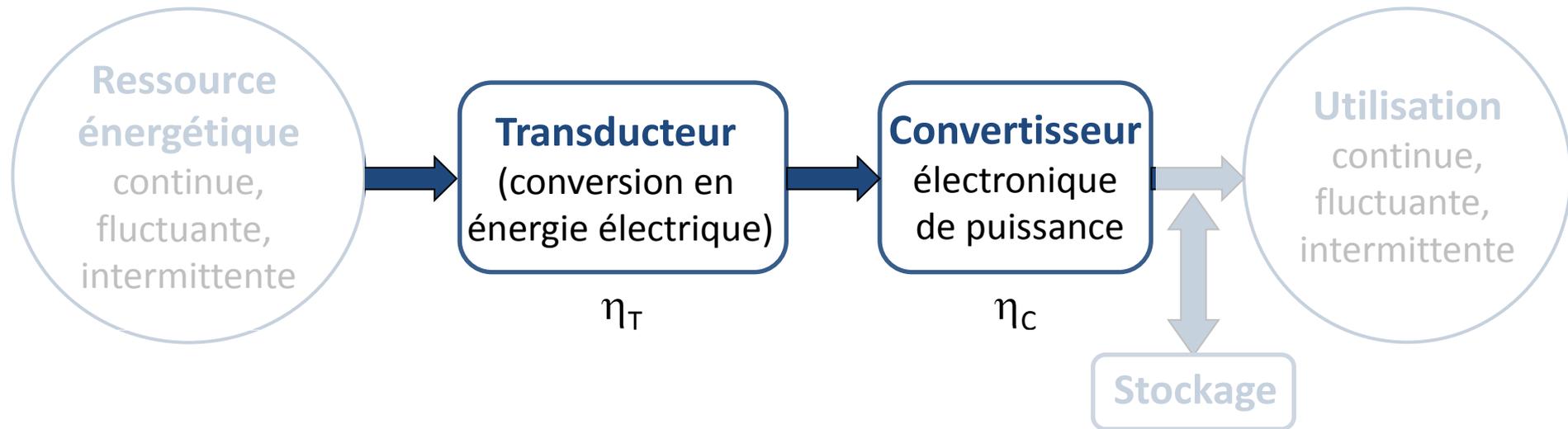


Conversion électronique de puissance (adaptation)
et/ou stockage



Utilisation/gestion

Chaîne de conversion d'énergie



Le stockage permet :

- de suppléer les intermittences de production
 - de découpler énergie et puissance
- (la puissance délivrée par l'accumulateur peut être supérieure à celle en sortie du convertisseur)

Nécessité d'une **gestion d'énergie** pour :

- optimiser la récupération d'énergie
- ne pas surcharger l'accumulateur et ne pas trop le décharger
- optimiser éventuellement la consommation (mode veille, stratégies internes...)

Conversion électromécanique

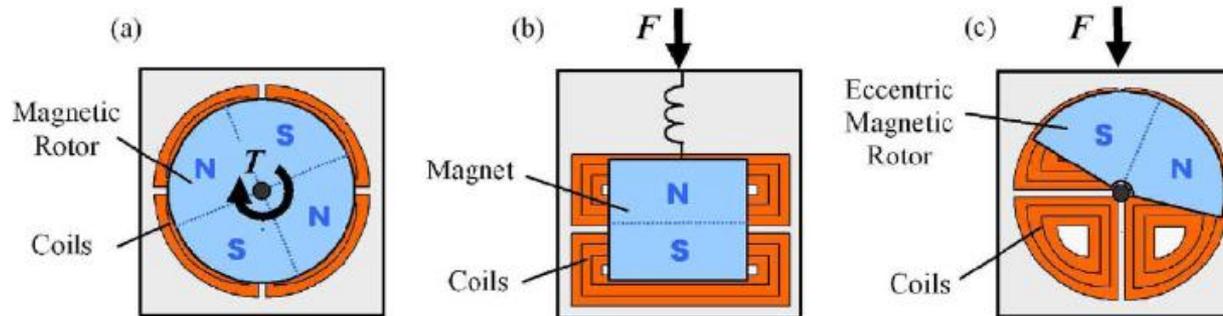
- La conversion électromagnétique
- La conversion piézoélectrique
- La conversion électrostatique

Principe:

mouvements mécaniques
quelconques



Entrainement d'une génératrice
suivant un mouvement mécanique simple
(translation ou rotation)



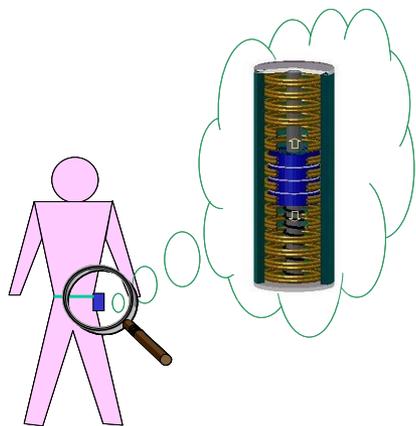
Arnold, « Review of microscale magnetic power generation. », 2007

Exemple: Dynamo de vélo



Conversion électromagnétique

Exemples de systèmes de conversion et d'applications:

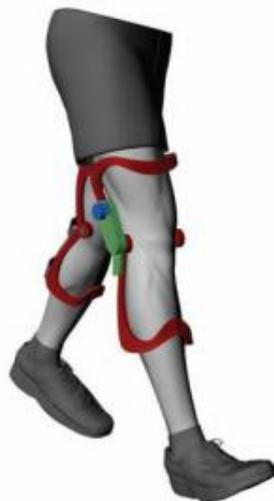


Générateur linéaire (SATIE)

$P_o \cong 40\text{mW}$

Genouillère (Canada)

$P_o \cong 5\text{W}$



Chargeur à main (Nissho)

1,6 W pour 90 cycles par minute

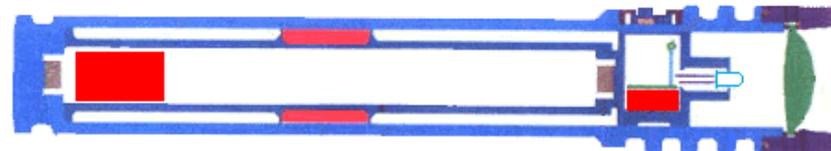


Chargeur à manivelle Freeplay

45 secondes de remontage =
3-6 min d'appel

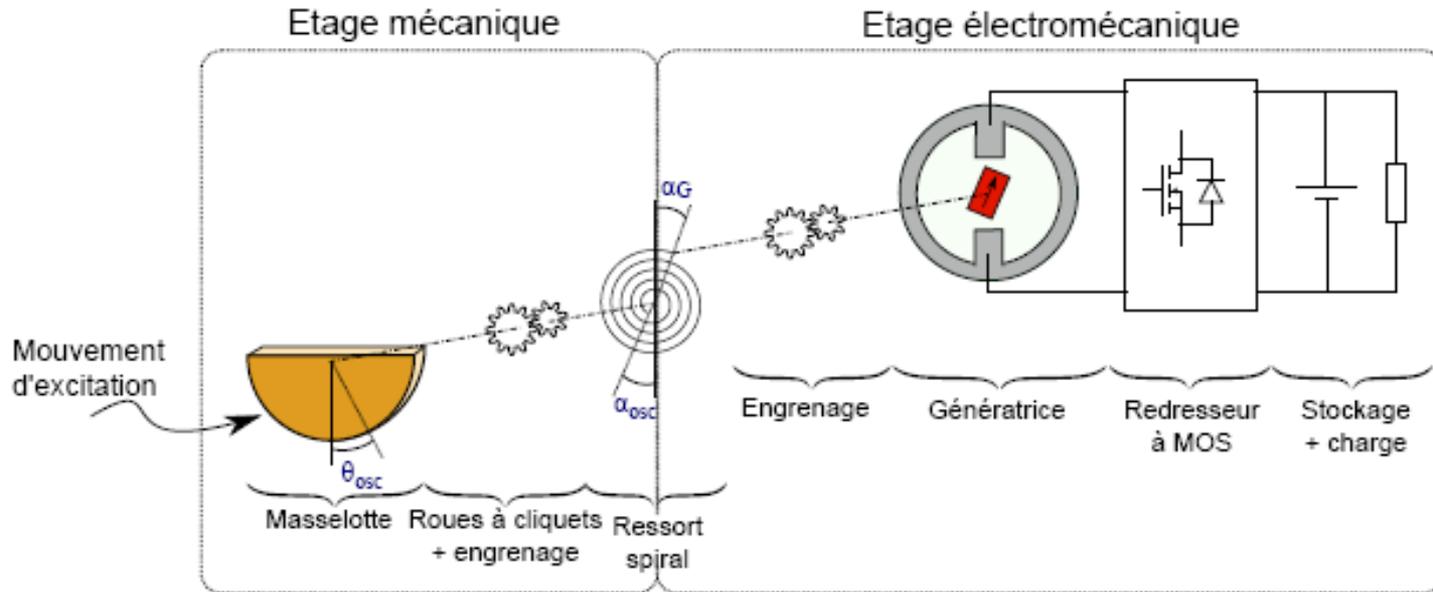
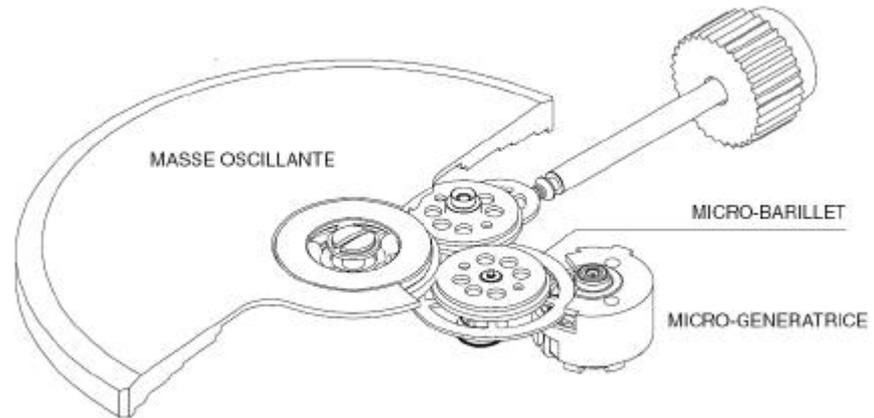
Nightstar flashlight

30 s de secousses (à 3 Hz) = 5 mn de lumière
intense + 2 mn de lumière plus faible



Conversion électromagnétique

Le générateur microcinétique Autoquartz:



⇒ Puissance moyenne **de quelques μW** lorsque l'on marche

Conversion électromécanique

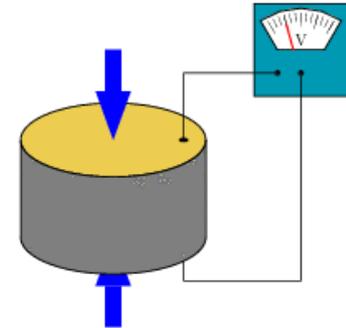
- La conversion électromagnétique
- La conversion piézoélectrique
- La conversion électrostatique

Principe:

Contrainte mécanique
sur le matériaux



Polarisation électrique
du matériau



Exemple: Allume gaz



Conversion piézoélectrique

Exemples d'applications:

Chaussures (MIT)

Talon : $P_o \cong 8.3mW$

Doigts de pied: $P_o \cong 1.3mW$



Sac à dos (Michigan)

$V_{marche} = 3-4km/h \Rightarrow P = 45mW$



Interrupteur (EnOcean)



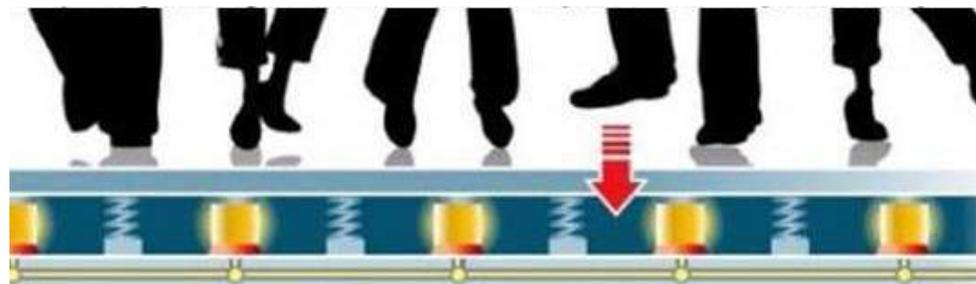
Emetteur (MIT)

Impulsion de 15N $\Rightarrow 1 mJ$ pour
 $V=3V \Rightarrow$ transmission à 15m



Discothèque (Rotterdam et Londres)

Une personne $\Rightarrow 20mW$



Conversion électromécanique

- La conversion électromagnétique
- La conversion piézoélectrique
- La conversion électrostatique

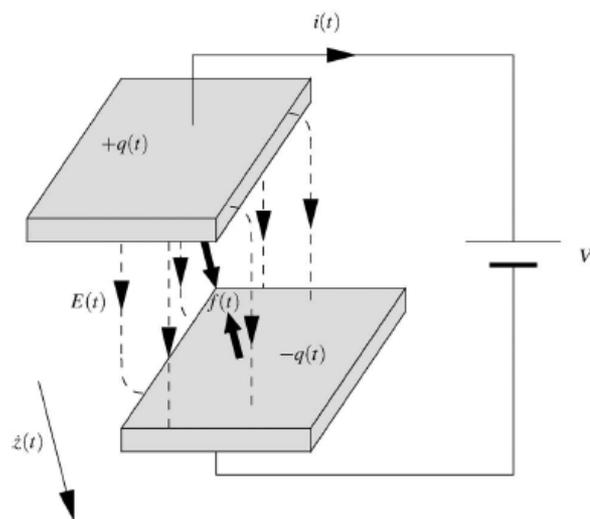
Principe:

mouvements mécaniques
quelconques



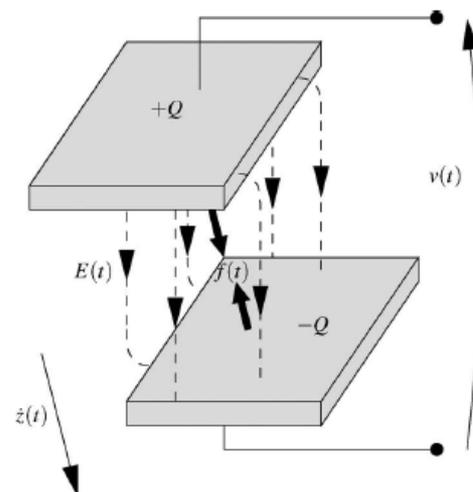
Mouvements des
électrodes de la capacité

$$Q = CU$$
$$\uparrow$$
$$C = f(d)$$



(a) Tension constante

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C}$$

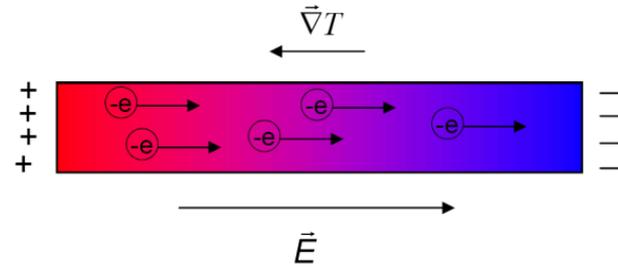


(b) Charge constante

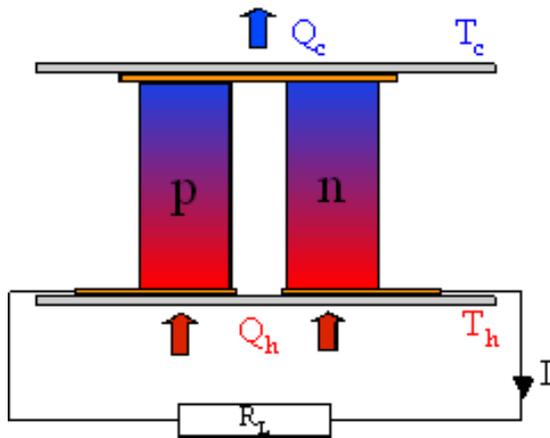
$$W = \frac{1}{2} CU^2$$

Conversion thermoélectrique

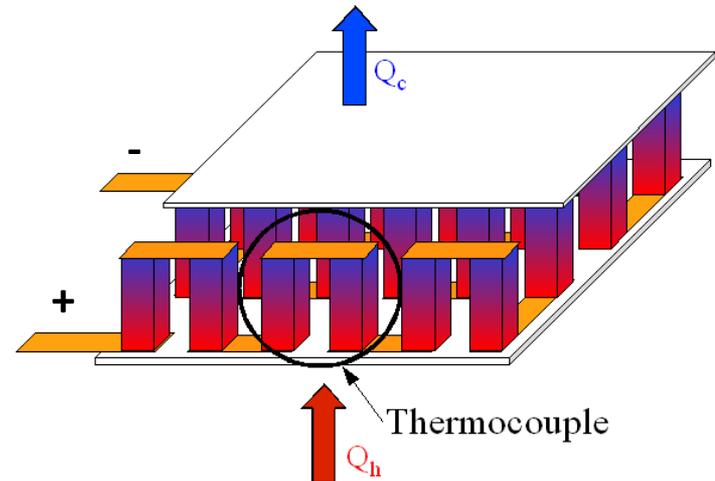
Effet thermo-électrique (effet Seebeck) $E = \alpha \Delta T$



Thermocouple



Module thermoélectrique



Conversion thermoélectrique

Exemples d'applications:



Montres (Seiko)
22 μW sous 0,3 V
+ convertisseur pour
élever la tension à 1.5V

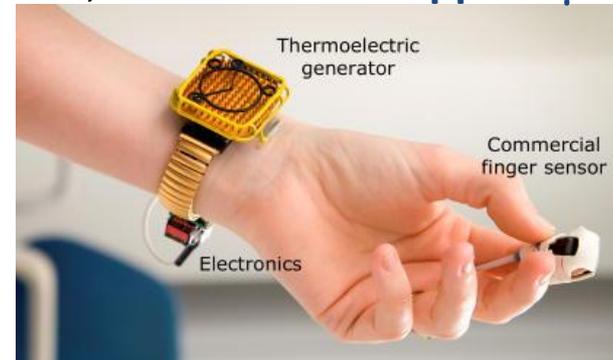
Interrupteur sans fil (CEA-Liten)



Lampe dotée d'un interrupteur : la chaleur du doigt suffit à générer une impulsion déclenchant un interrupteur
© Artechnique / CEA

Travaux de Recherches du laboratoire IMEC (Belgique)

Mesure du taux d'oxygène dans le sang
 $T_a=22^\circ\text{C}$, 0.7V et 1.5V \Rightarrow **qq 100 μW**

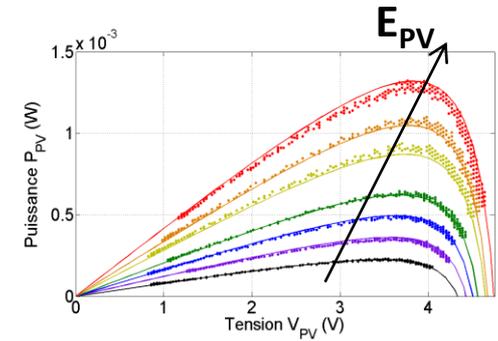
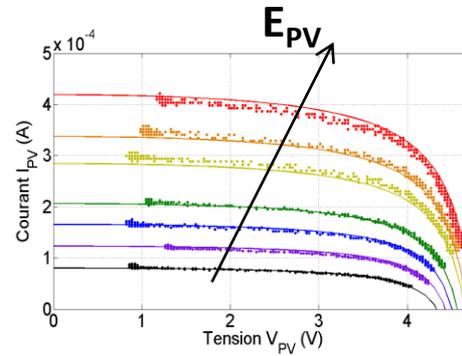
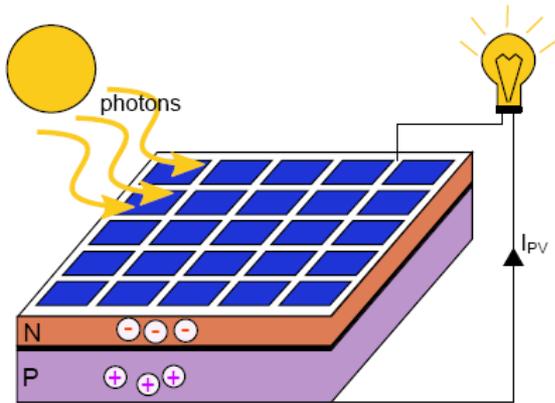


Alimentation d'un EEG
2mW, 30 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$



Conversion photovoltaïque

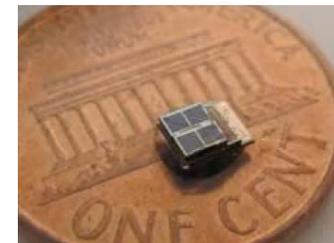
Principe cellule PV:



Exemples d'applications:



Capteur communicant (Michigan)



Conversion à partir d'ondes EM

Des ressources très faibles...

Normes OMS (1999): (bande de fréquence 10 MHz-19GHz : pb d'échauffement des tissus)

⇒ **4,5 à 9 W/m²** (41 V/m et 58 V/m) à 900 et 1800 MHz

⇒ Définition du DAS (Débit d'Absorption Spécifique) :

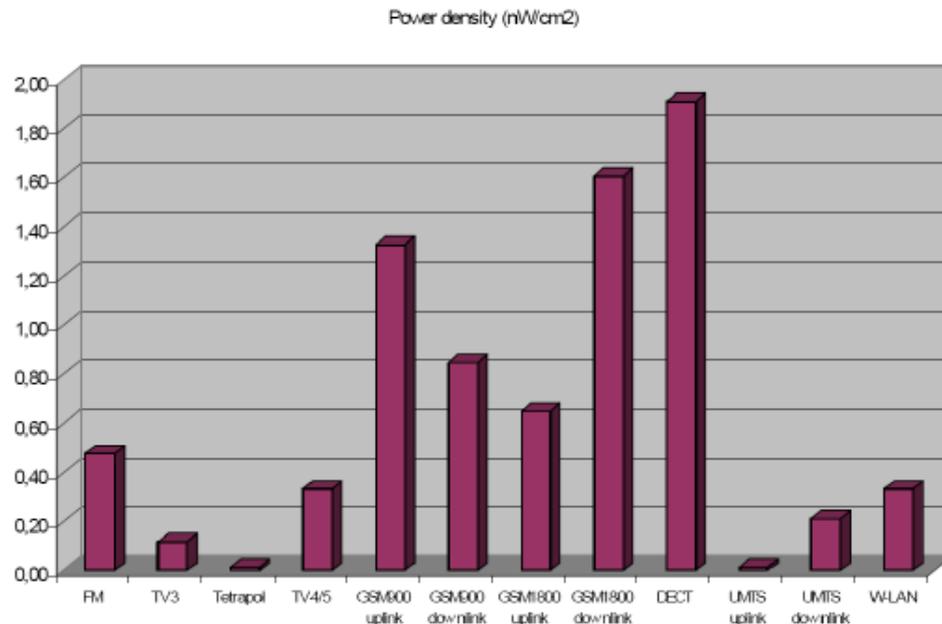
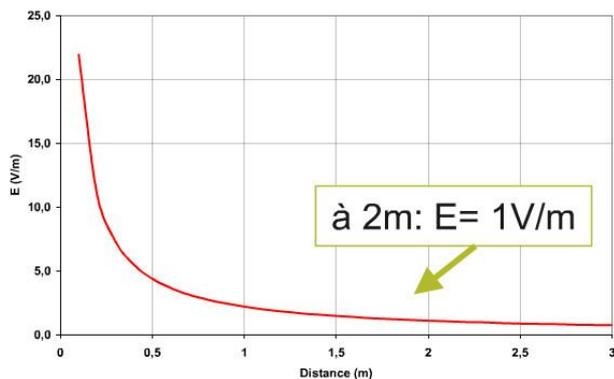
- 0,08 W/kg pour le corps entier

- 2W/kg localement (10g de tissus)

Exemple: $E=1\text{V/m} \Rightarrow P=0,26\mu\text{W/cm}^2$; $E = 10\text{V/m} \Rightarrow P=26\mu\text{W/cm}^2$

Densité de puissance (W/m²):
 E^2/Z ($Z \cong 380 \Omega$)

Exemple antenne Wifi (2,45 GHz) 100 mW



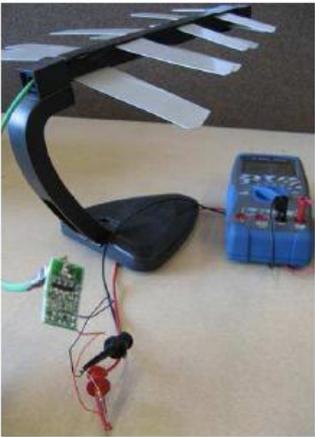
Répartition hebdomadaire: moyenne de 109 participants

Conversion à partir d'ondes EM

Nécessité: système de récupération d'énergie (antenne) ait **une grande surface** ou qu'il soit **très proche de l'émetteur** + **bonne connaissance de la fréquence**

Exemples d'applications:

Récupération des ondes TV (Intel Seattle)



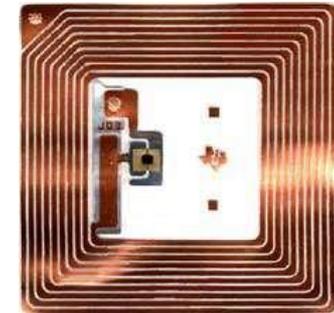
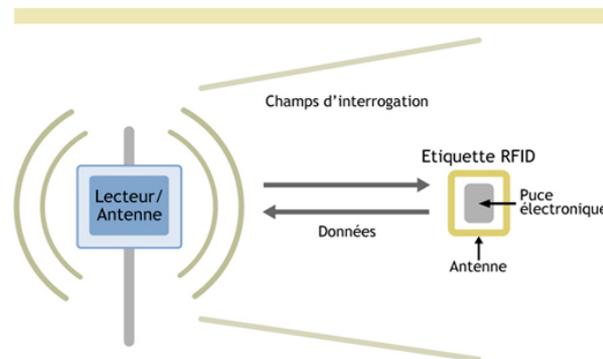
⇒ Puissance récupérée:

$$P=60\mu\text{W}$$
$$(0.1\mu\text{W}/\text{cm}^2)$$

- Système de récupération à **4.1km** de l'antenne d'émission
- Puissance de l'antenne d'émission: **960kW** à 674-680MHz
- Rendement de conversion RF/DC: **27%**

RFID

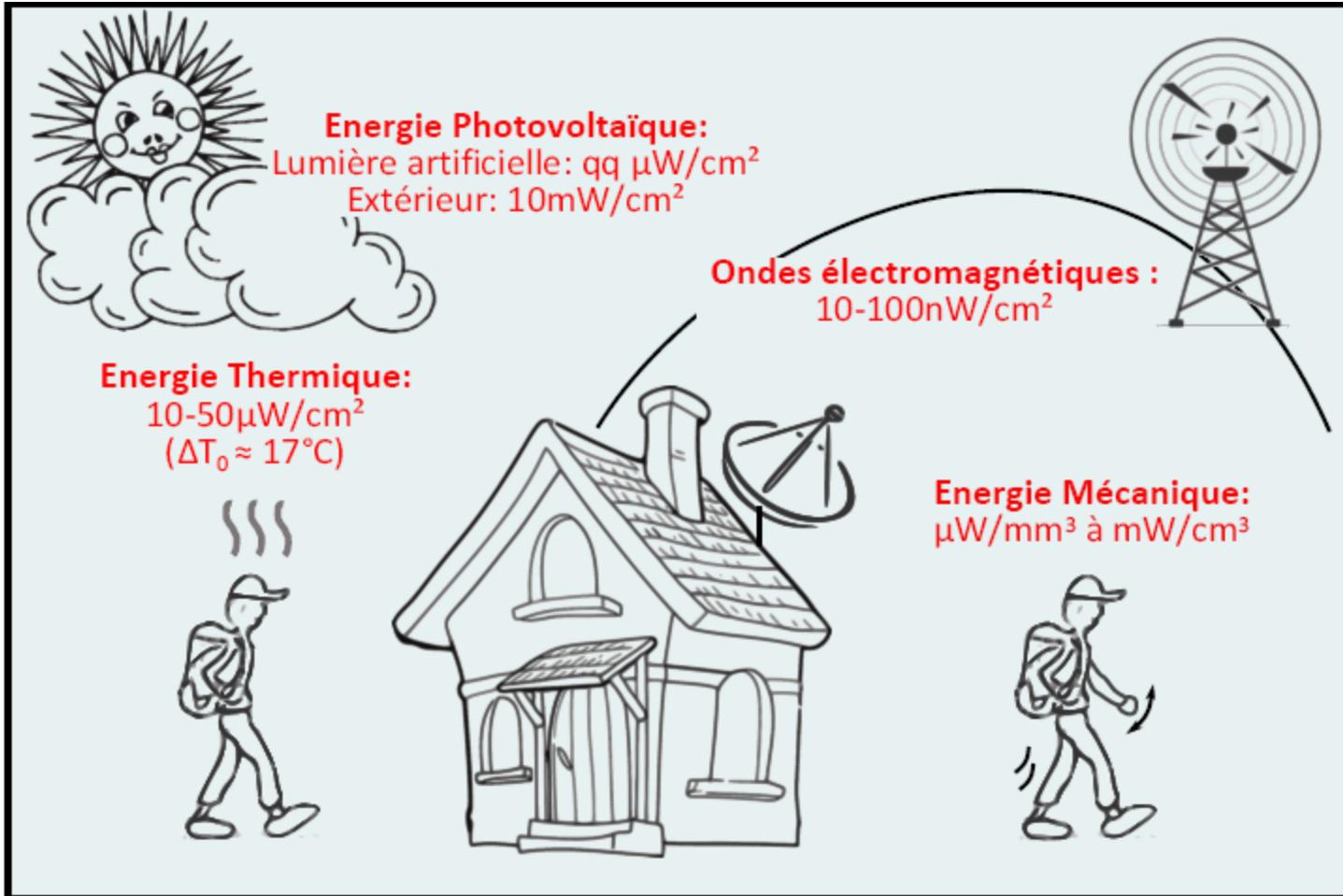
récupération de données à distance



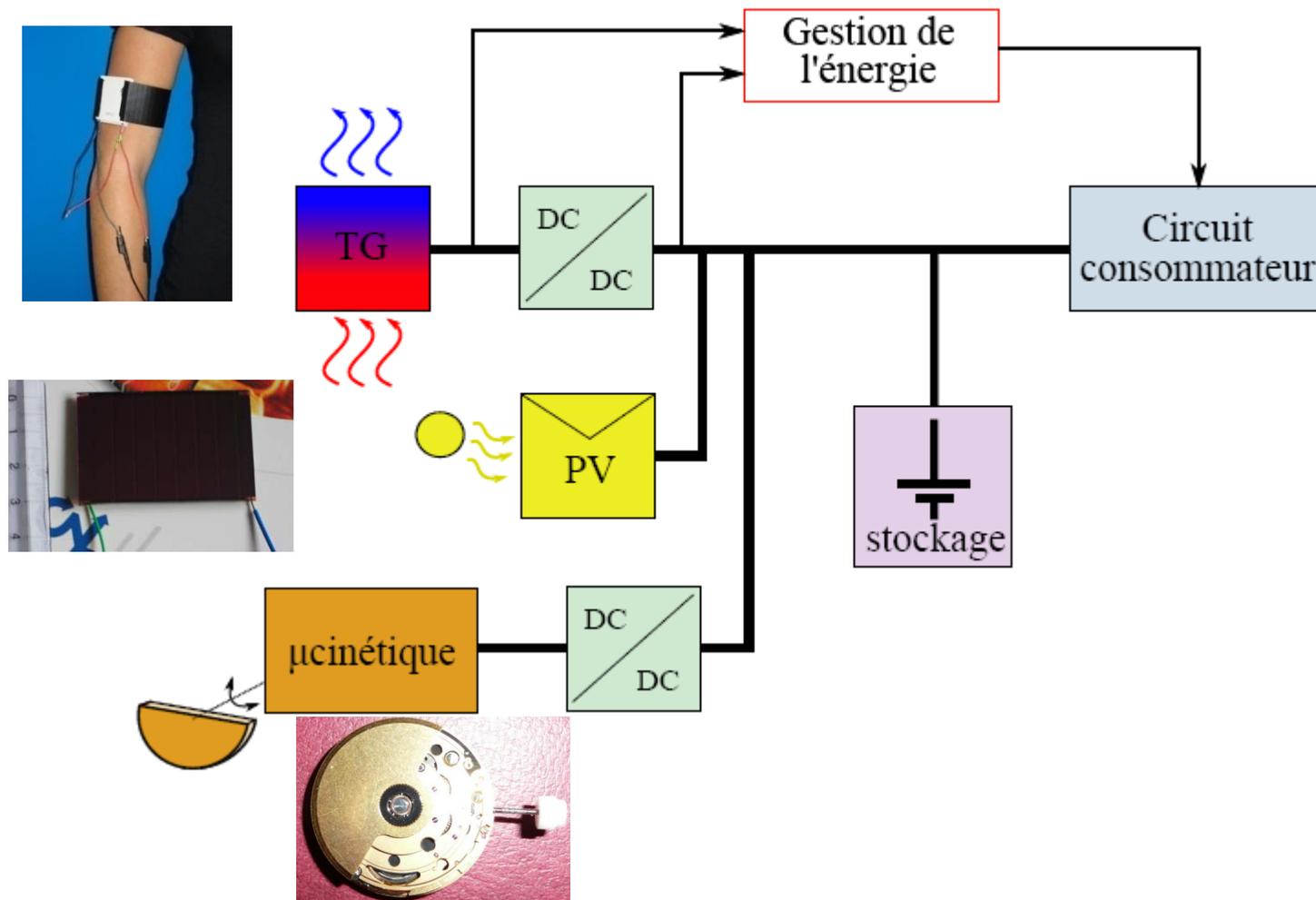
<http://www.trevice-consulting.com>

Schéma de principe de la RFID

Synthèse



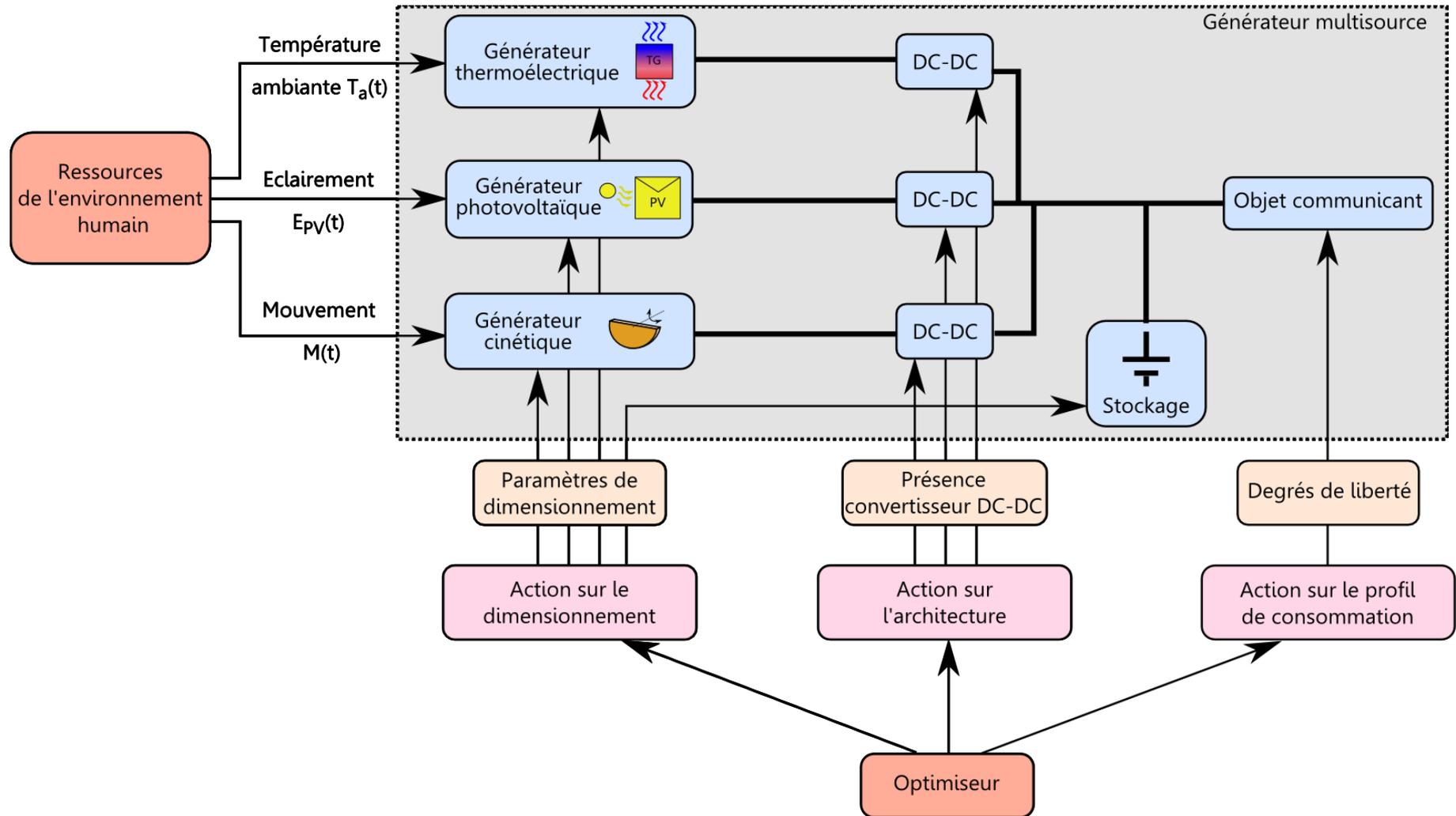
Générateur multisource



- Hybridation de plusieurs sources (mécanique, solaire et thermique)
- Mise en œuvre d'une gestion intelligente de l'énergie

Générateur multisource

Travail de thèse:



Conclusion

Le travail de doctorant c'est quoi?

- Lire des articles (bibliographie), être curieux, se renseigner sur les recherches des autres laboratoires
- Réaliser des modèles, faire de l'expérimentation, simuler ces modèles, les améliorer
- Interpréter des résultats d'optimisation, en dégager l'intérêt scientifique
- Echanger avec d'autres scientifiques (encadrants, séminaires, conférences...)
- Chercher l'erreur, faire travailler ses méninges
- Apprendre tous les jours un peu plus, prendre du recul