



Source : <https://www.sortirdunucleaire.org/Produire-de-l%C3%82%E2%80%99electricite-en>

Réseau Sortir du nucléaire > Informez

vous > Revue "Sortir du nucléaire" > Sortir du nucléaire n°23 > **Produire de l'électricité en marchant : Un mini-générateur électromécanique portable**

1er décembre 2003

# Produire de l'électricité en marchant : Un mini-générateur électromécanique portable

## Appareils électroniques portables : vers une autonomie énergétique ?

L'être humain moderne utilise de plus en plus d'appareils électroniques portables qui, en lui offrant une certaine liberté dans ses déplacements, le contraignent par les recharges régulières des accumulateurs ou par le changement de piles.

Un modeste prélèvement d'énergie sur l'être humain en mouvement pourrait couvrir l'intégralité ou une partie des besoins électriques des équipements "nomades" : téléphone portable, agenda électronique ou autre calculateur, GPS... mais aussi en médecine, des dispositifs d'assistance respiratoire, des prothèses cardiaques et auditives dont les piles n'auraient plus besoin d'être changées.

Le niveau de consommation mondiale dû aux recharges (énergie puisée sur les réseaux électriques) est loin d'être négligeable. Prenons un exemple, celui des téléphones mobiles. En faisant l'hypothèse que deux milliards d'appareils consomment en veille permanente environ 30 mW (milliwatts), hors appels ou réceptions. En supposant un rendement de charge et décharge d'environ 50%, on obtient le chiffre de un TWh (terawattheure, un milliard de kWh) consommés annuellement, cela semble peu eu égard aux 14 000 TWh produits par les réseaux électriques mondiaux en une année. Mais c'est quand même la production d'une tranche nucléaire de 1000 MW pendant 1000 heures ou encore le rejet de 300 à 1000 tonnes de CO<sub>2</sub> selon que l'électricité est produite par du gaz ou du charbon.

L'être humain, quant à lui, "consomme" en moyenne environ 100 W transformés principalement en chaleur. Il peut également produire des puissances mécaniques de quelques centaines de watts pendant de courts instants, mais au prix d'une dure fatigue. Des puissances de l'ordre du watt ou beaucoup moins peuvent être prélevées sans effort démesuré et ce sont des niveaux capables de faire fonctionner beaucoup de petits appareils ou au moins de prolonger significativement leur autonomie. Bien sûr, si l'on pouvait convertir en électricité la chaleur qui se dégage naturellement du corps, on disposerait d'une ressource considérable mais malheureusement les lois de la physique sont très dures sur ce point. Il existe des solutions, notamment celles offertes par la thermoélectricité, mais elles sont peu efficaces dans ce contexte et également très coûteuses. Des progrès significatifs

dans les couples thermoélectriques ouvriraient un immense champ d'applications dépassant largement le cadre de la génération d'énergie humaine, mais la recherche doit encore progresser dans ce domaine. C'est pourquoi nous avons choisi la voie de la conversion électromécanique d'énergie.

## Des recherches pour réduire notre dépendance

Exploiter l'énergie (mécanique) des mouvements humains n'est pas une idée très nouvelle [1], citons deux exemples. Les "dynamos" des bicyclettes puisaient déjà leurs ressources sur le pédalage et les montres automatiques modernes, qui tirent parti des mouvements du poignet, utilisent une énergie électrique d'origine humaine. Dans ce dernier exemple, la réussite est parfaite, mais la consommation d'une montre est extrêmement faible (moins de 1 mW) et on dispose alors d'une abondante ressource relative. Le cas des applications modernes comme celui des téléphones mobiles est beaucoup plus exigeant (bond d'un facteur 10 000).

Scientifiquement, la problématique, consistant à bien évaluer les possibilités de récupération d'énergie sur l'être humain pour faire fonctionner des appareils électriques, est apparue durant les années 90 [2] et [3]. Il existe aujourd'hui de nombreux petits appareils générateurs (souvent appelés chargeurs) qui permettent grâce à quelques tours de manivelles ou quelques tractions sur une ficelle, d'obtenir jusqu'à quelques minutes, de communication téléphonique supplémentaire [2]. Notre laboratoire avec le soutien du CNRS (note 1) a proposé et mené en 2001 une étude exploratoire pour évaluer les possibilités d'exploiter les mouvements naturels afin de produire de l'énergie électrique. Pour mener à bien ces travaux, l'équipe Actionneurs et Energie de SATIE a collaboré avec un laboratoire qui possède des compétences complémentaires dans le domaine de la biomécanique, le LBPEM (note 2) de l'Université de Rennes 2. Cela nous a conduits vers l'utilisation des mouvements au niveau de la hanche durant la marche. Cette localisation, pour disposer un petit appareil générateur, nous a semblé constituer un bon compromis ergonomie/ressources énergétiques. Le laboratoire LBPEM a caractérisé les mouvements au niveau de la hanche grâce à des mesures spécifiques ce qui nous a permis d'imaginer un type de générateur qui pourrait en extraire de l'énergie. La figure 1 montre schématiquement un tel système. Le résultat remarquable de cette étude est que la fréquence des mouvements varie peu avec la vitesse de déplacement (environ 2 Hz, c'est à dire 2 cycles par seconde), en effet le marcheur allonge plutôt ses pas lorsqu'il veut aller plus vite. La composante verticale du mouvement est sensiblement sinusoïdale et son amplitude est d'environ 2 cm (ou encore, en valeur crête à crête : 4 cm), de quoi secouer suffisamment un objet et lui communiquer assez d'énergie mécanique à convertir ensuite en électricité.

## Le générateur portable ou "pile humaine"

C'est Serge Brosselin, journaliste au Point qui, après nous avoir interviewés, a imaginé cette métaphore de la pile humaine (Le Point 28 mars 2003). Considérant que cet objet devait avoir une durée de vie satisfaisante et que quatre heures de mouvements par jour durant cinq ans conduisaient à 50 millions de cycles, nous avons recherché à concevoir une mécanique extrêmement simple. Le principe de ce générateur est ainsi fondé sur l'excitation des oscillations d'une masselotte reliée à un ressort à l'intérieur d'un boîtier (Fig. 2). Cette masselotte est en réalité la partie mobile d'un générateur linéaire électromagnétique et à l'intérieur du boîtier la partie fixe en constitue le stator. Nous avons notamment montré (4) que la puissance moyenne maximale récupérable pouvait s'exprimer par la formule suivante :

où  $m$  est la masse de la partie mobile en kg,  $X_M$  est l'amplitude du mouvement d'excitation (ici deux cm),  $L_{max}$  est la course maximale de la masselotte (déterminée par son encombrement et par l'espace disponible dans le boîtier) et  $w$  est la pulsation d'excitation ( $w = 2\pi.f$  avec  $f$  la fréquence, pour deux Hz,  $w @ 12,5$  rad/s).

Ainsi, pour une masse de 50 grammes, la puissance moyenne mécanique maximale extractible vaut environ 40 mW pour une valeur de  $L_{max}$  égale à quatre cm. Mais ensuite, cette puissance doit être convertie dans le minigénérateur linéaire dont le rendement, à ces faibles vitesses, reste assez modeste. L'énergie étant produite en courant alternatif de fréquence et d'amplitude variables, une dernière étape de conversion est indispensable pour charger un accumulateur nécessitant du courant continu. Enfin, pour être récupérée au mieux, une adaptation optimale est nécessaire à chaque instant. Il faut donc utiliser un convertisseur électronique pour mettre en forme le courant mais également pour optimiser le contrôle. C'est dans cet ensemble complexe que se situe tout l'enjeu scientifique car ce système doit être lui-même très sobre, si l'on n'y prêtait pas attention, l'électronique de contrôle pourrait, à elle seule, consommer toute l'énergie produite ! On espère ainsi, grâce à une conception optimisée de ce système mécatronique complexe, atteindre une puissance récupérée de l'ordre de 20 mW, soit la moitié du potentiel maximal pour une masse globale évaluée à 200 g. Mais il n'est pas interdit à l'utilisateur de se fatiguer un peu en secouant son petit générateur à une fréquence supérieure à deux Hz !

Grâce à ces travaux, encore loin d'être achevés, nous avons perçu tout le potentiel humain en tant que ressource renouvelable d'énergie. Sur le plan sociologique, il est probable qu'en exploitant plus les immenses ressources que la nature nous dispense, nous prenons également mieux conscience que l'énergie est une denrée précieuse dont il faut cesser le gaspillage.

### **Bernard Multon (professeur des universités-chercheur)**

Hamid Ben Ahmed (maître de conférences-chercheur)

Sylvie Turri (attachée temporaire d'enseignement et de recherche)

Dominique Miller (professeur agrégé)

Contact : Laboratoire des Systèmes et Applications des Technologies de l'Information et de l'Energie (UMR 8029 CNRS) Antenne de Bretagne de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan Campus de Ker Lann 35170 BRUZ - [www.satie.ens-cachan.fr](http://www.satie.ens-cachan.fr)

### **Bibliographie**

[1] S. TURRI, G. POULIN, "L'exploitation de l'énergie des mouvements humains"

Colloque Energie portable : autonomie et intégration dans l'environnement humain (Journées Electrotechniques du Club EEA), Cachan 21-22 mars 2002.

[2] T. STARNER, "Human-Powered Wearable Computing", IBM Systems Journal, Vol. 35, pp. 618-629, 1996.

[3] A.J. JANSEN, A.L. STEVELS, "Human Power : A sustainable option for electronics", Electronics and the Environment, IEEE International Symposium Proceedings, 1999, pp. 215-218.

[4] S. TURRI, D. MILLER, H. BEN AHMED, B. MULTON, "Design of an electro-mechanical portable system using natural human body movements for electricity generation", European Power Electronics Conf. 2003, Toulouse, sept. 2003.