

LES ÉNERGIES RENOUVELABLE DANS LA MONTRE

Michel FROELICHER et René JACQUES

CTM (Centre Transfert des Microtechniques) 39 Avenue de l'Observatoire B.P. 1445
- 25007 Besancon Cedex 3

Email : contact@ctm-france.com

Résumé

Depuis que la montre à quartz existe, les horlogers ont essayé de se débarrasser de la servitude du changement de pile. En effet si la recherche de la précision privilégie le résonateur à quartz, un autre inconvénient est apparu : la nécessité d'ouvrir la montre pour changer la pile.

C'est pourquoi les fabricants ont très vite fait appel aux énergies renouvelables. Plusieurs solutions ont été envisagées, cependant pour pouvoir les adopter, les exigences suivantes doivent être satisfaites :

- être miniaturisable,
- être inoffensive pour le porteur et son entourage,
- ne pas nuire à l'environnement,
- être économique.

Ces considérations ont réduit le choix à trois types de conversion :

- la conversion photoélectrique,
- la conversion thermoélectrique,
- la conversion électrodynamique.

Comment ces transducteurs s'intègrent-ils dans une montre ? Quel que soit son mode de fonctionnement, la montre est un système qui comprend les sous-ensembles suivants :

- une base de temps,
- un circuit de division et de comptage,
- un afficheur,
- une source d'énergie alimentant les trois sous-ensembles précédents.

Dans le cas de la montre à quartz, cette source d'énergie est la pile. Dans les montres à énergie renouvelable, cette pile est remplacée par un système d'alimentation comprenant :

- un convertisseur de l'énergie lumineuse, thermique ou mécanique en électricité,
- une source secondaire (accumulateur ou supercapacité),
- le circuit de charge de cette source secondaire,

-un circuit de gestion de l'énergie (protection de la source secondaire, multiplicateur de tension, économiseur d'énergie, sécurités diverses).

En fait, c'est la faible autonomie de cette source secondaire qui a freiné le développement des montres à énergie renouvelable.

En effet, les premières "montres solaires" analogiques ont été commercialisées en 1976 (Citizen Crystron Solar Cell) mais elles ne disposaient, comme source secondaire, que d'une pile dite rechargeable, ce qui limitait considérablement leur autonomie. Les vraies sources secondaires ne seront à la disposition des fabricants que plus tard (supercapacité Goldcap de Matsushita en 1978).

En réalité, jusqu'à une date récente, les montres solaires n'ont pas été bien accueillies par le public car elles présentaient un certain nombre d'inconvénients :

- la couleur des cellules photovoltaïques,
- la faible autonomie,
- la montre s'arrête soudainement,
- au redémarrage, on risque d'avoir une heure fausse.

Les deux derniers problèmes ont été résolus par un avertisseur de fin d'autonomie (par un mouvement inhabituel de l'aiguille des secondes) et par un avertisseur de non remise à l'heure (le mouvement inhabituel de l'aiguille persiste tant qu'on n'a pas manœuvré la couronne de mise à l'heure). Pour la couleur de la cellule et donc du cadran, depuis 1994 Citizen d'abord, bientôt suivi par les autres fabricants, utilise des cadrans multicouches.

Le cadran comprendra des filtres, des écrans et des diffuseurs qui auront pour effet de favoriser ou de bloquer la transmission de certaines couleurs. On ne voit plus les cellules photovoltaïques et on les oublie dans la conception de la montre.

Depuis 2000 la cellule photovoltaïque est réduite à une bande de silicium amorphe de 6 μm de largeur et 0,5 μm d'épaisseur. Dans la montre Eco-Drive Vitro de Citizen, l'énergie nécessaire au mouvement est produite par 275 bandes de silicium amorphe de 6 μm de largeur et espacées de 94 μm . Ces cellules invisibles à l'œil nu sont déposées par PCVD sous la glace.

Quant à l'autonomie, avec les derniers accumulateurs, des durées de fonctionnement de 6 mois sont courantes. Certains fabricants fournissent des autonomies de 15 mois. De plus avec un dispositif d'économie d'énergie, si la cellule ne capte pas la lumière pendant un certain temps (3 jours pour la montre Eco-Drive Infinitem de Citizen), la fonction affichage, dévoreuse d'énergie est coupée (la montre au fond d'un tiroir n'a pas besoin d'afficher l'heure).

Seule la fonction garde-temps est conservée. Dans ce cas, l'autonomie est de 5 ans. Avant ce délai dès que la cellule produit de l'électricité, les aiguilles indiquent l'heure juste à ± 15 sec/mois près, précision normale des montres à quartz.

Comme alternative à la montre solaire, la société Bulova a proposé en 1980 la première montre à conversion thermoélectrique (Thermatron), application de l'effet Seebeck. Outre la difficulté de réaliser, à l'époque, quelques milliers de jonctions d'éléments semiconducteurs p et d'éléments semiconducteurs n dans le volume d'une montre, nous avons vu que les sources secondaires n'étaient pas au rendez-vous, car le générateur thermoélectrique a été réalisé.

Les montres Seiko Thermic (1998) et Citizen Eco-Drive Thermo (1999) disposent de plus de 2 500 thermocouples pour produire l'énergie nécessaire au mouvement. Dans la nouvelle version de l'Eco-Drive Thermo (2001), avec la réduction de la consommation du moteur et les dispositifs économiseurs d'énergie, le nombre de thermocouples a été divisé par 2. Le nouveau générateur n'a plus que 1 242 thermocouples qui produisent 13,8 μW sous une tension de 515 mV pour une différence de température de 1 °C.

C'est finalement la conversion électrodynamique qui a la faveur des horlogers car on fait de nouveau appel à la mécanique. On utilise le principe de la montre mécanique à remontage automatique pour produire l'énergie mécanique. Le mouvement de la masse oscillante fait tourner à grande vitesse, par l'intermédiaire de mobiles multiplicateurs le rotor d'un alternateur.

Plusieurs fabricants ont développé de tels mouvements qu'on peut classer en 2 catégories : les mouvements dotés d'un accumulateur d'énergie mécanique comme la montre Samara (Le Phare Jean d'Eve 1988) et le mouvement Autoquartz (Eta), et les mouvements qui en sont dépourvus comme les AGS/Kinetic (Seiko 1988), Mecaquartz (Citizen), Geotron (Audemars) et Generator (Mondaine Watch). Les premiers présentent l'avantage de pouvoir utiliser les plus faibles mouvements du poignet, ceux qui sont le plus souvent produits. Les deux derniers Geotron et Generator sont des modules indépendants qu'on ajoute au mouvement.

Beaucoup de montres sont actuellement équipées de tels mouvements. Dans ce mode de conversion également, on remarquera le frein dû à la source secondaire, car les premiers brevets datent de 1972, mais il a fallu attendre la mise en service des supercapacités pour que les montres à microgénérateur soient proposées au public.

D'autres modes de conversion électrodynamiques ont fait l'objet d'études, des brevets ont été déposés mais il n'y a pas encore eu de réalisation.

Dans le microgénérateur piézoélectrique, la masse oscillante provoque dans une lame piézoélectrique des extensions et des contractions qui, selon le principe inverse de la piézoélectricité, produisent aux bornes des électrodes une tension alternative.

Dans le microgénérateur magnétostrictif, la masse oscillante provoque des chocs sur un barreau magnétostrictif polarisé dont les variations de longueur ou les flexions produisent un courant alternatif dans un solénoïde situé à proximité du barreau (effet Villari ou effet Joule inverse).

Ces micro - générateurs aujourd'hui
intégrés dans les montres peuvent être adaptés
demain dans d'autres équipements portables.