

## La récupération d'énergie cinétique par « le ralentisseur intelligent »

C.ENNAWAOU, A.HAJJAJI, A. ELBALLOUTI, S.LAASRI, A.AZIM

Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur Pour l'Energie,  
Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'El Jadida,  
Université Chouaib DOUKKALI, Maroc

### Résumé

Le présent article constitue une synthèse de travail réalisé dans le cadre d'une étude sur les systèmes pour la récupération d'énergie. Le projet avait pour objectif de concevoir un système ralentisseur intelligent. L'intérêt du système récupérateur d'énergie est de transformer l'énergie cinétique produite par le passage des véhicules sur le ralentisseur à une énergie électrique à l'aide d'un mécanisme. Les puissances mises en jeu dans ce contexte peuvent aller jusqu'à 46 kW/h.

**Mots clefs:** *Ralentisseur intelligent, énergie électrique, mécanisme, récupération d'énergie.*

### 1. Introduction

Généralement, La production d'énergie électrique se fait à partir d'énergie fossile (charbon, pétrole, gaz naturel), et si ces énergies sont propres et non polluantes, leur production provoquent des effets néfastes sur l'environnement, ainsi que ces sources d'énergie ne sont pas renouvelables car elles demandent des millions d'années pour se constituer et parce qu'elles sont utilisées beaucoup plus vite que le temps nécessaire pour recréer des réserves. Dans ce cadre, plusieurs recherches ont été effectuées pour pouvoir récupérer d'énergie électrique indépendamment de ces énergies fossiles.

En 2008, la société innowattech a testé une nouvelle technologie nommée INNOWATTECH PIEZO ELECTRIC GENERATOR [1], est basée sur le principe de la piézoélectricité [2-3]. L'idée est d'intégrer des monocristaux piézoélectriques dans la route afin de récupérer et convertir l'énergie mécanique produite par le passage des véhicules à une énergie électrique. Un kilomètre de cette route permet à innowattech de produire 400 kW par jour et l'injecter dans le réseau public. En 2009, la société sainsburg a installé des plaques dans leur parking [4] pour but de récupérer l'énergie cinétique par le passage des véhicules, mais cette fois par un mécanisme installé sous le ralentisseur. L'objectif de cette installation est d'alimenter les machines de la société pour diminuer les charges dues à l'énergie, dont la puissance est générée par le ralentisseur est de 30 kW par heure. Dans la même année, l'inventeur Peter Hughes a proposé une nouvelle approche de récupération d'énergie cinétique [5], mais cette fois avec une nouvelle forme de ralentisseurs. Cette invention est capable d'alimenter l'entourage avec des rompes cylindriques. Puis, en 2011, la société New Energy Technology a testé un ralentisseur nommé MOTION POWER EXPRESS [6] composé par un mécanisme de conversion mécano-

électrique pour but d'alimenter un écran de 150 pieds pendant la journée. Enfin, en 2013, une société italienne a posé dans le marché des récupérateurs d'énergie un ralentisseur [7] capable de produire 6 GW par an avec le passage de 400 véhicules par jour, le ralentisseur est équivalent à une éolienne à forte puissance de 3MW. Inspiré de tous ces projets, ce travail est la mise à jour des ralentisseurs avec une application assez simple et moins couteuse, posée sur des outils de transmission de mouvement.

### 2. Description du système

La description concerne un système ralentisseur récupérateur d'énergie. L'intérêt du système est de transformer l'énergie cinétique produite par le passage des véhicules sur le ralentisseur à une énergie électrique exploitable pour alimenter l'entourage du ralentisseur par le mécanisme capable de produire une puissance importante d'électricité, dont l'utilisation principale est l'éclairage public pour but de rendre des capteurs indépendants du côté énergétique.



Figure 1: schéma descriptif du ralentisseur intelligent

### 3. Analyse fonctionnelle du système :

Pour définir les fonctions attendues de la maquette, on a fait recours à l'analyse fonctionnelle. Lors de cette analyse, le produit n'existe pas encore, à fortiori aucune solution n'est envisagée

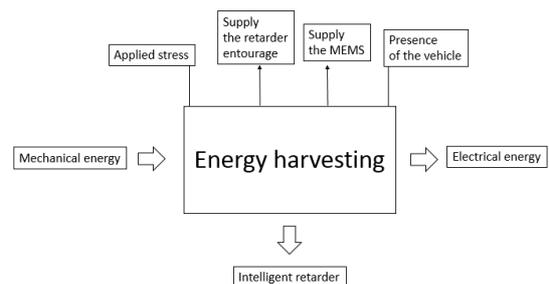


Figure 2: Schéma S.A.D.T du système

Après avoir cadré le contexte de la maquette, l'outil S.A.D.T vient pour nous permettre de définir les différents facteurs qui nous achemineront à aboutir à notre but qui est récupérer de l'énergie par l'utilisation d'un système mécanique. L'énergie récupérée dans ce cas c'est l'énergie mécanique produite par le passage des véhicules au-dessus de l'entrée du système global, mais il faut que les fonctions techniques et les solutions associées soient plus détaillées, et pour ce faire on fait recours au diagramme de F.A.S.T. Pour bien détailler les fonctions et les solutions technologiques du système, nous avons décomposé le diagramme FAST correspond au système global (figures 3).

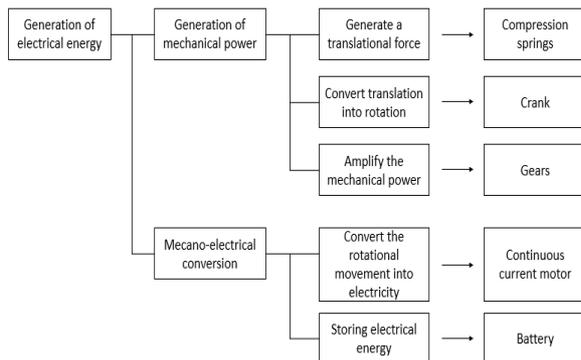


Figure 3: Schéma F.A.S.T du système

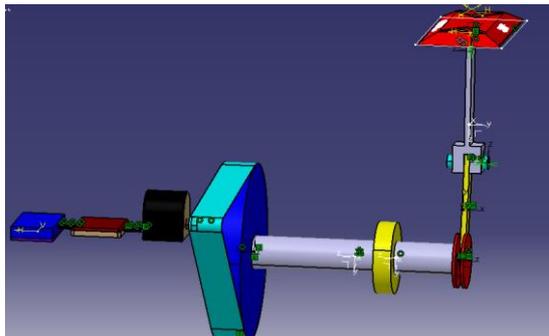


Figure 4 : Perspective global du système

## 4. Dimensionnement du système

### 4.1 La composition du système mécanique :

La composition mécanique du mécanisme a pour but de générer un maximum de rotation pour l'alimentation d'un moteur à courant continu; et pour un bon fonctionnement, on a proposé d'utiliser 3 sous-systèmes mécaniques cités dans la figure 5.

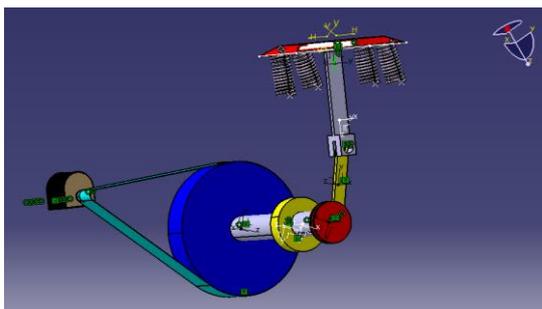


Figure 5: Partie mécanique du système

**Ressorts de compression :** La masse du véhicule qui va rouler sur le ralentisseur, ne doit pas dépasser 50 Kg. Cette dernière est supportée par 5 ressorts qui sont répartis sous le ralentisseur, donc chaque ressort doit supporter 1/5 de la force globale, c'est-à-dire  $m = 10 \text{ Kg}$

**Bielle-manivelle :** Le système bielle-manivelle est un modèle de mécanisme qui doit son nom aux deux pièces qui le caractérisent. C'est, avant tout, un système mécanique de transformation de mouvement.

**Système de multiplication de la puissance :** Après avoir étudié les systèmes de multiplication de puissance (poulie courroie, engrenage), nous avons conclu que les engrenages seront plus utiles pour notre maquette, vu qu'ils n'occupent pas d'espace par rapport à la poulie courroie, par contre cette dernière nous sera très utile si nous parvenons à réaliser le projet sur une grande échelle vu son rendement et son coût surtout les courroies synchrones. Moins chers, accessibles, et surtout qu'ils procurent plus d'avantages que d'inconvénients, les engrenages parallèles à dentures hélicoïdales présentent un bon système de multiplication. Il nous reste donc que le dimensionnement ce système.

### 4.2 Composition électrique du mécanisme

L'objectif essentiel de la composition électrique du mécanisme est de convertir l'énergie mécanique à une forme plus exploitable, simple à stocker et qui respecte les normes de qualité et de sécurité. Cette énergie électrique nécessite une installation composée de plusieurs éléments bien choisis.

Au début il faut procéder par une étude générale de l'ensemble du système afin de bien choisir et calculer la puissance récupérée.

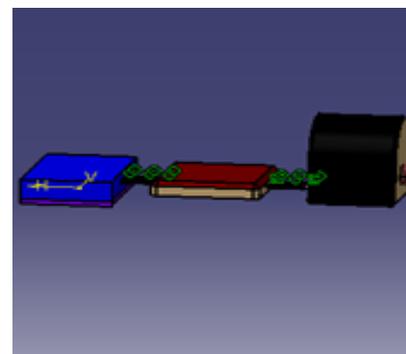


Figure 6 : dessin d'ensemble de la partie électrique

La composition de la partie électrique se résume dans les éléments suivants :

**Une machine à courant continu** est une machine électrique. Il s'agit d'un convertisseur électromécanique permettant la conversion bidirectionnelle d'énergie entre une installation électrique parcourue par un courant continu et un dispositif mécanique. Elle est aussi appelée dynamo.

**La batterie** sert à alimenter les équipements qui doivent rester sous tension (l'entourage du ralentisseur).

## Bilan énergétique :

Le nombre de dents a été choisi suivant les normes internationales et suivant le type d'engrenage utilisé dans la maquette.

Données : La force appliquée sur la surface d'appui  $F=100\text{N}$  .La distance entre la surface d'appui et le centre de la bielle est  $d=20\text{cm}$

Calcul de la puissance générée par le système :

$$C_e = F.d$$

$$C_e = 20\text{ N.m}$$

$$C_s = n_2.C_e(-1)^m.(W_e/W_s)$$

$$C_s = 1,73\text{ N.m}$$

$$P_a = C_s.W_s$$

$$P_a = 36,2\text{ W}$$

$$P_u = n_1.P_a$$

$$P_u = 28,9\text{W}$$

Avec  $C_e$ ,  $C_s$ ,  $n_2$ ,  $m$ ,  $W_e$ ,  $W_s$ ,  $P_a$ ,  $P_u$  et  $n_1$  respectivement le couple d'entrée du train d'engrenages, couple de sortie du train d'engrenages, rendement du train d'engrenages, nombre de contact entre les pignons, vitesse d'entrée du train d'engrenages, vitesse de sortie du train d'engrenages, puissance mécanique absorbée, puissance utile et rendement du moteur à courant continu (nous avons estimé les pertes à 20 %).

Le tableau suivant donne les valeurs de la puissance par heure en fonction du flux des voitures passant sur le ralentisseur.

Nombre des voitures par heure	Puissance en kW/h
100	5,8
200	11,6
400	23,2
800	46,4

Tableau 1 : Bilan énergétique pour le système réel

Avec une source énergétique aisément disponible, la récupération d'énergie «routière» [8] constituerait une nouvelle source d'énergie propre et renouvelable .Ce système ne demande aucune intervention humaine excepté la maintenance préventive ou le changement des batteries.

## Conclusion

Les travaux présentés dans notre article permettent la conception d'un nouveau système pour la récupération d'énergie cinétique. Suite à notre étude effectuée, nous avons pu constater grâce à la conception de système qu'il est possible de faire la conversion mécano- électrique de l'énergie générée par le passage des véhicules sur les ralentisseurs.

Nous allons donc consacrer l'étude prochaine par la réalisation de la maquette, la commercialisation ainsi l'étude et l'analyse détaillée des différents organes du système afin de pouvoir y agir directement et proposer des actions d'amélioration.

## Références

- [1] Z.Hongduo, L. Jianming and F.Pengcheng . A Review of Harvesting Green Energy from Road

Advanced Materials Research Vol. 723 pp 559-566 (2013)

- [2] C.Ennawaoui, A.Hajjaji, A.Azim, and Y. Boughaleb Theoretical modeling of power harvested by piezo-cellular polymers. Molecular Crystals and Liquid Crystals 628(1):pp.49-54 (2016).
- [3] F.Belhora, A.Hajjaji , M.Mazroui , F.Z.El Fatnani , A.Rjafallah and D.Guyomar.Energy harvesting using hybridization of dielectric nanocomposites and electrets. Polym. Adv. Technol. 5 John Wiley & Sons, Ltd (2015).
- [4] L.Jaeyun and C.Bumkyoo.Development of a piezoelectric energy harvesting system for implementing wireless sensors on the tires. Energy Conversion and Management 78 ,32–38 (2014).
- [5] S.Chunhua, S.Guangqing, T.Yiyi, and T.Zhirong. A review on application of piezoelectric energy harvesting technology. Advanced Materials Research Vols. 516-517 pp 1481-148(2012)
- [6] K.S.Ramadan, D.Sameoto and S.Evoy. A review of piezoelectric polymers as functional materials for electromechanical transducers. Smart Materials and Structures Volume 23 Number 3 (2014).
- [7] E. Ginelli, L. Daglio. Energyscapes: Developing a Multiscalar Systemic Approach to Assess the Environmental, Social and Economic Impact of Renewable Energy Systems on Landscape. Proceedings of the 2 nd ICAUD International Conference in Architecture and Urban Design Epoka University, Tirana, Albania, Paper No. 152 (2014).
- [8] R. Van Schaik, R. Elfrink, V. Pop and R. Vullers, ‘‘Energy Harvesting for Self Powered Sensor Systems – Case Study: Vibration Energy Harvesting for ‘Intelligent Tire’ Application’’, Proceedings of the 17th Workshop on Synthesis And System Integration of Mixed, Information Technologies(SASIMI), pp. 141–146 (2012).