

Récupération de l'énergie cinétique d'un vélo

Étant moi-même un usager régulier du vélo, j'ai choisi ce sujet car je sais à quel point il est frustrant de perdre toute l'énergie de son vélo durement emmagasinée à cause des multiples feux rouges en ville. J'ai donc voulu pallier ce problème en créant un système récupérant cette énergie.

Selon l'OMS, près de 5 millions de décès pourraient être évités chaque année grâce à une activité physique plus importante. Stocker, puis restituer l'énergie cinétique perdue lors du freinage d'un vélo rendrait cette pratique plus agréable et favoriserait donc cet excellent moyen de faire du sport.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- ALBERT Thomas

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Mécanique), PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Système de Récupération de l'Énergie Cinétique</i>	<i>Kinetic Energy Recovery System</i>
<i>Stockage d'énergie</i>	<i>Energy storage</i>
<i>Induction électromagnétique</i>	<i>Electromagnetic induction</i>
<i>Volant d'inertie</i>	<i>Flywheel</i>
<i>Vélo</i>	<i>Bicycle</i>

Bibliographie commentée

De nombreux systèmes de stockage et de récupération d'énergie différents ont été élaborés au fil des siècles. Plusieurs techniques permettent de convertir l'énergie sous forme mécanique, chimique ou hydraulique [1], ce qui permet alors de l'emmagasiner beaucoup plus facilement.

Sous forme mécanique, l'énergie est majoritairement stockée grâce à la mise en rotation de disques lourds, appelés volants d'inertie, et est ensuite restituée en les faisant ralentir. C'est durant la révolution industrielle que cette technologie connaît son premier essor. Les volants d'inertie, alors de grande taille et souvent constitués de métal, étaient utilisés afin de lisser le mouvement discontinu des machines à vapeur. Tombés en désuétude après cette période, ils connaissent leur second essor à la fin du XXe siècle dans le but de lisser les énergies renouvelables [2], stabiliser les réseaux électriques et économiser de l'énergie dans certains domaines. Ces dernières années ont vu apparaître un nouveau type de volant d'inertie. Contrairement à ceux usuels, tournant à basse vitesse (inférieur à 10000 tr/min), l'utilisation de nouveaux matériaux plus légers tels que la fibre

de carbone ou le verre ont permis d'en créer un nouveau type tournant à haute vitesse (jusqu'à 80000 tr/min). Les volants d'inertie ont par ailleurs l'avantage d'avoir un haut rendement [1] (environ 80% de l'énergie absorbée peut être restituée). Sur le plan environnemental, la pollution qu'ils engendrent est négligeable et leur durée de vie est très longue, ce qui fait d'eux une bonne alternative écologique aux batteries. Ils ont cependant quelques inconvénients tels qu'un stockage limité de l'ordre d'un quart d'heure, ce qui en impose une utilisation rapide et ponctuelle, ou d'éventuels effets gyroscopiques engendrés par leur rotation.

L'énergie cinétique peut aussi être transformée en énergie électrique au travers du phénomène d'induction électromagnétique. C'est le physicien danois Oersted qui est le premier à montrer en 1820 qu'un courant dans un fil crée un champ électromagnétique [3]. Dix ans plus tard, Faraday découvre l'induction électromagnétique : une force électromotrice apparaît dans un conducteur électrique soumis à un flux de champ magnétique variable, ce qui peut y engendrer un courant. Ces travaux inspirent l'ingénieur croate Nikola Tesla qui crée en 1882 l'alternateur, un appareil capable de produire du courant alternatif. Son principal avantage est de générer du courant immédiatement après sa mise en route avec un excellent rendement de l'ordre de 95%. Des pertes par énergie thermique et le relatif encombrement du système peut se révéler être un problème dans certains cas. Afin de transformer ce courant en courant continu, le physicien allemand Leo Graetz met au point en 1897 le redressement double alternance avec un pont de diodes, aussi appelé pont de Graetz. L'inconvénient d'un tel montage est que la tension continue obtenue en sortie est seulement égale à la valeur moyenne du signal redressé. Un montage détecteur de crête permet de rendre le signal aussi continu que possible, ce qui améliore de facto la tension continue délivrée [4].

Ces méthodes de conversion d'énergie sont utilisées dans de nombreux domaines aujourd'hui. Le système de récupération de l'énergie cinétique (SREC) a par exemple été introduit en Formule 1 en 2009 avec la technologie Flybrid, octroyant un surplus de puissance de 60 kW pendant 6,67s avec l'énergie usuellement dissipée lors du freinage [5]. De même, cette énergie peut être convertie en électricité dans les voitures hybrides afin de recharger leurs batteries. Plusieurs chercheurs se sont plus récemment penchés sur la possible adaptation de ces systèmes à des vélos, tel l'ingénieur en aérospatiale Tom Stanton. Ses prototypes, soit dotés d'une roue libre [6] permettant d'y stocker l'énergie perdue lors du freinage au moyen d'un système d'embrayage [7], soit dotés de supercondensateurs [8] étant rechargés par l'électricité créée par un alternateur, se sont néanmoins heurtés au problème d'un poids élevé, ce qui contrebalance avec le surplus d'énergie fournie. L'utilisation de matériaux plus légers comme la fibre de carbone pourrait néanmoins résoudre ce problème.

Problématique retenue

Comment optimiser la récupération de l'énergie cinétique perdue lors du freinage d'un cycliste afin de la lui restituer ultérieurement ?

Objectifs du TIPE

- Réaliser un volant d'inertie permettant de stocker de l'énergie sous forme mécanique
- Déterminer le moment d'inertie de la roue libre
- Déterminer le rendement de ce système
- Étudier l'influence du matériau et des dimensions de la roue libre pour optimiser cette efficacité
- Déterminer lequel, entre le système étudié par mon binôme et le mien, est le plus efficace pour récupérer et stocker de l'énergie

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] SIMON MALVAUX : Conception d'un système mécanique permettant la récupération de l'énergie cinétique d'un vélo lors du freinage et sa restitution pour assister le cycliste lors du redémarrage : *Université de Liège (2020)*
- [2] I. DJAMEL, M. B. CAMARA, B. DAKYO : Apport des unités de stockage dans le traitement de la production éolienne offshore : *Université du Havre, Laboratoire GREAH (Juin 2015)*
- [3] H. C. OERSTED : Experimenta circa effectum, etc. : *Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée (1820) 417-425*
- [4] PHILIPPE LETENNEUR : Les alimentations électriques : *STS Granville (2003-2004)*
- [5] ALBERTO BORETTI : Kinetic Energy Recovery Systems for Racing Cars : (2013)
DOI:10.4271/PT-159
- [6] TOM STANTON : Flywheel Bike KERS : <https://www.youtube.com/watch?v=gahKxbwUcYw> (2021)
- [7] S. K. NAYAK : Design of kinetic energy recovery system for bicycle : *National Institute of Technology Rourkela (2015)*
- [8] TOM STANTON : Super Capacitor Bike : https://www.youtube.com/watch?v=V_f8Q2_Q_J0 (2021)

DOT

- [1] Juin 2021 : Découverte de la thèse de S. Malvaux [1] orientant notre TIPE vers la conception d'un système permettant la récupération, le stockage puis la restitution d'énergie cinétique.
- [2] Septembre 2021 : Découverte d'un prototype de vélo doté d'un volant d'inertie afin d'emmagasiner puis de restituer de l'énergie [6]. Décision de poursuivre dans cette voie pour notre TIPE.
- [3] Novembre 2022 : Détermination du moment d'inertie du cylindre. Première expérience concluante.
- [4] Décembre 2021 : Réflexion à propos de la construction de notre système. Plusieurs systèmes envisagés. Délibération grâce à la thèse de S. K. Nayak [7].
- [5] Janvier 2022 : Construction des éléments en bois du système. Choix de la roue libre. Difficultés de la création du système d'embrayage.
- [6] Février 2022 : Réussite de l'élaboration de l'embrayage après de nombreux essais infructueux. Calculs complets d'incertitudes sur ma première expérience.
- [7] Mai 2022 : Succès des expériences de restitution de l'énergie cinétique stockée dans la roue

libre. Production des supports de présentation.