

## L'autonomie du vélo électrique : récupération et stockage d'énergie électrique

Le vélo est un loisir populaire qui permet de s'intéresser à différentes technologies, notamment celles utiles au développement des nouveaux vélos électriques. Parmi elles, le freinage régénératif nous a particulièrement intéressé.

L'utilisation de batteries sur les vélos permet de réduire les efforts à fournir mais nécessite une utilisation supplémentaire d'énergie électrique. Nous cherchons donc à optimiser la récupération d'énergie en convertissant autant que possible l'énergie cinétique dissipée en énergie électrique pour obtenir une meilleure autonomie.

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

**Liste des membres du groupe :**

- CHABANIER Yanis

**Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :**

- PHYSIQUE (Physique Ondulatoire)

- PHYSIQUE (Mécanique)

**Mots-clés (ÉTAPE 1) :**

**Mots-clés (en français) Mots-clés (en anglais)**

*Vélo électrique*                      *Electric bike*

*Recharge*                              *Recharge*

*Induction*                              *Induction*

*Alternateur*                           *Alternator*

*Condensateur*                        *Capacitor*

**Bibliographie commentée**

Depuis une quinzaine d'années, le vélo est un moyen de transport qui ne cesse de gagner en popularité, en particulier dans les zones urbaines [1]. Pour proposer des performances (rapidité, autonomie et confort) comparables à celles des autres moyens de transports de notre société, l'implémentation d'assistances électroniques au mouvement s'est révélée être une nécessité. En

moyenne aujourd'hui, 24 % des trajets effectués à vélo le sont avec un VAE (vélo à assistance électrique). [2]

Le vélo à assistance électrique est ainsi composé d'un système mécanique faisant tourner les roues du vélo à l'aide d'un moteur ou d'une dynamo alimentée par une batterie. Pour réduire les coûts liés à la consommation d'énergie, le freinage régénératif pourrait être une solution durable car il permet de réduire l'apport externe en énergie électrique. Le freinage régénératif repose principalement sur l'utilisation d'un alternateur placé sur la roue avant du vélo. Un alternateur est un système composé de bobines placées dans un champ magnétique généré par un aimant et mis en mouvement par une force extérieure, ici due à la rotation de la roue. Le principe du freinage régénératif est donc d'utiliser la rotation de la roue pour entraîner celle des bobines. Lors des phases de freinage, la rotation des bobines dans le champ magnétique entraîne l'apparition d'un courant électrique. L'intérêt de ce type de système est de convertir une partie de l'énergie cinétique normalement perdue par le vélo lors des phases de décélération en énergie électrique utilisable par l'assistance électrique. L'utilisation d'un alternateur amène plusieurs contraintes comme la nécessité de devoir convertir le courant alternatif qu'il produit en courant continu utilisable par l'assistance électrique [3].

Un supercondensateur est un composant électrique qui stocke l'énergie grâce au principe de l'électrostatique plutôt que grâce à des réactions chimiques, comme c'est le cas dans les batteries. Ils peuvent se recharger et restituer les charges qu'ils stockent très rapidement, ce qui rend leur usage particulièrement adapté à l'utilisation urbaine de VAE puisqu'ils permettent à l'assistance de fournir une aide très forte lors du démarrage du vélo, même après une courte phase de freinage. L'utilisation de supercondensateurs se combine donc très bien avec celle du freinage régénératif.

Les supercondensateurs présentent également les avantages d'être plus légers que des batteries, ce qui les rend plus simples à ajouter sur un vélo et de posséder une durée de vie très supérieure à celle-ci ce qui permet de limiter l'entretien nécessaire au bon fonctionnement du vélo.

Pour ces diverses raisons, les systèmes de ce type privilégient souvent l'utilisation de supercondensateurs à celle de batteries pour stocker l'énergie convertie. Leur utilisation permet également de limiter l'effet Joule dans le courant produit [4]. Pour un système totalement fonctionnel et facilement utilisable, il est nécessaire d'implémenter un circuit électrique gérant le bon fonctionnement de la charge et de la décharge de la batterie. Ce circuit permet également d'assurer la conversion du courant évoquée précédemment.

Un obstacle important à la mise en place de systèmes de ce type demeure la difficulté à obtenir des rendements satisfaisants pour l'utilisateur. En effet, les projets les plus développés aujourd'hui atteignent un rendement de 20% [5], suffisant pour être utile, mais encore loin des valeurs nécessaires à une utilisation réellement confortable, situées entre 50 et 60 % [6]. Obtenir un rendement aussi élevé que possible demeure donc un enjeu principal lors de la conception de ce type de système. Dans le commerce, l'objectif principal lors de la conception d'un vélo électrique demeure la recherche d'un équilibre entre coûts de production (et donc par extension

prix final) et compétences finales (poids, rendement de régénération, efficacité de l'assistance...) [1].

Dans le cadre d'une étude technique des systèmes implémentés sur les vélos, l'étude de deux éléments en particulier s'impose donc : les conditions d'utilisation de l'alternateur, qui pourra consister en une étude cinétique, et la conception du circuit électrique chargé de restituer le courant récupéré.

## **Problématique retenue**

Comment peut-on optimiser l'autonomie d'un vélo électrique à l'aide du freinage régénératif ?

## **Objectifs du TIPE du candidat**

Dans le but d'étudier les moyens d'augmenter l'autonomie d'un vélo électrique, je souhaite réaliser des variantes de différents systèmes électriques permettant de supporter efficacement l'utilisation du freinage régénératif. Mon but est de mettre en évidence l'intérêt de l'intégration d'un supercondensateur dans le système et les conditions d'utilisation nécessaire au bon fonctionnement de celui-ci.

## **Références bibliographiques (ÉTAPE 1)**

[1] COMMISSARIAT GÉNÉRAL AU DÉVELOPPEMENT DURABLE : Les Français et le vélo en 2022 : <https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/amenagement/transport-et-mobilite-ressources/article/les-francais-et-le-velo-en-2022>

[2] MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES : Enquête nationale "usage du vélo", résultats 2023 : [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/DGITM\\_Enquete%20Nationale%20-%20Usage%20du%20VELO%20-%20Resultats%202023\\_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/DGITM_Enquete%20Nationale%20-%20Usage%20du%20VELO%20-%20Resultats%202023_0.pdf)

[3] BOSBATY EMMA, DEPARDAY BAPTISTE, FRAENKEL PAUL, LOISEAU ROMÉO, MAGLIANO JULIETTE, POISEAU HIPPOLYTE : Cyclo Chargeur : <https://www.olympphys.fr/public/fichiers/memoires/29-eg-B-memoire-Cyclo-Chargeur.pdf>

[4] PASCAL VENET : Supercondensateurs : technologie et applications : <https://www.centraliens-lyon.net/news/supercondensateurs-technologie-et-applications-5006>

[5] GRÉGOIRE HUVELIN : Du freinage régénératif sur un vélo électrique ? C'est possible et c'est très cool, on l'a même essayé sur le Vefaa : [https://www.frandroid.com/survoltes/velo-electrique/2006634\\_du-freinage-regeneratif-sur-un-velo-electrique-cest-possible-et-tres-cool-on-la-meme-essaye-sur-le-vefaa](https://www.frandroid.com/survoltes/velo-electrique/2006634_du-freinage-regeneratif-sur-un-velo-electrique-cest-possible-et-tres-cool-on-la-meme-essaye-sur-le-vefaa)

**[6]** EDGAR TOURNON : Thèse : Conception optimale d'un vélo à architecture hybride série et à base de supercondensateurs : <https://theses.hal.science/INSA-LYON-THESES/tel-03120708v1>

## **DOT**

**[1]** : Début Septembre 2024 - recherches bibliographiques sur le fonctionnement du freinage régénératif dans le cas des vélos électriques et mise en évidence de l'intérêt de l'utilisation de supercondensateurs couplée au freinage régénératif.

**[2]** : Octobre 2024 - première manipulation d'un système de bobine rotative et mise en évidence du problème posé par la génération alternative de courant.

**[3]** : Novembre 2024 - première réalisation d'un circuit de redressement de la tension générée par la bobine : Echec. Amplitude de la tension générée trop faible.

**[4]** : Janvier 2025 - réalisation d'un modèle réduit de bobine : Echec. Nécessité de travailler avec des fréquences de rotations de la bobine trop élevée pour obtenir une amplitude de tension toujours trop faible.

**[5]** : Février 2025 - réalisation d'un nouveau circuit électrique à l'aide d'un montage amplificateur et premières charge de condensateurs.

**[6]** : Mars/Avril 2025 - charge d'un condensateur à l'aide du circuit développé et étude de son comportement lors des phases de charge.

**[7]** : Mars/Mai 2025 - alimentation d'un moteur par un condensateur chargé par une modélisation du système de freinage régénératif et études des comportements du condensateur et du moteur lors de l'alimentation du moteur.