

Etude d'un alternateur de bicyclette (dynamo)

Amateur de vélo, j'ai opté pour des lumières rechargeables, bien que leur usage ne soit pas toujours idéal. La dynamo, en perte de vitesse, demeure pourtant une solution pertinente. Selon une étude récente le manque de visibilité reste un risque majeur à vélo, et l'éclairage autoalimenté pourrait y remédier efficacement.

Souvent jugée banale, la dynamo repose pourtant sur une mécanique ingénieuse et économe. Son autonomie énergétique et sa durabilité en font une alternative pertinente aux solutions à batterie. Elle s'intègre parfaitement dans une démarche de transition écologique et favorise une mobilité plus durable et responsable.

Positionnement thématique (ÉTAPE 1) :

- *PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire)*
- *INFORMATIQUE (Informatique pratique)*

Mots-clés (ÉTAPE 1) :

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

<i>Induction</i>	<i>Induction</i>
<i>Vélo</i>	<i>Bike</i>
<i>Générateur</i>	<i>Generator</i>
<i>Bobinage</i>	<i>Winding</i>
<i>Sécurité</i>	<i>Safety</i>

Bibliographie commentée

Selon une étude expérimentale menée par l'Université d'Aalborg au Danemark (où la capitale compte aujourd'hui plus de vélos que d'habitants), l'utilisation de lumières permanentes, de jour comme de nuit, réduit significativement le risque d'accident jusqu'à $47 \% \pm 2$ et diminue le risque de blessure de 19% . De plus, les 2000 participants du groupe de test ont apprécié la facilité d'utilisation, ainsi que la tranquillité de ne pas avoir à penser à recharger, remplacer les batteries ou emporter leurs lampes. [3]

Ceci démontre l'importance d'un système d'éclairage adapté, mais quels principes physiques utilise-t-on dans ce dispositif ?

Lorsque l'on déplace un aimant à proximité d'un matériau conducteur, on observe un courant induit dans celui-ci : souvent source de pertes. Mais canalisé dans une bobine il peut être mis à profit et l'on peut observer à ses bornes une tension induite par induction électromagnétique. Frédéric Legrand sur son site personnel [1] décrit ce phénomène par l'expérience physique et la simulation. Par intégration de la force électromotrice induite il obtient un tracé du flux du champ magnétique dans la bobine.

Sur son site il détermine aussi numériquement une expression approchée du champ de l'aimant. Aussi dans le but de modéliser une dynamo, si Mr. Legrand suggère que l'on pourrait modéliser un aimant permanent par un solénoïde équivalent [1], Mr. Ziemann [2] propose une méthode d'estimation par « couches de courant » dans un cas simplifié : en l'absence de matériaux ferromagnétiques par exemple. Et mentionne un dispositif fréquemment utilisé dans l'industrie lorsqu'il applique son modèle à un « réseau de Halbach » (arrangement particulier d'aimants permettant d'amplifier l'intensité du champ magnétique d'un côté en l'affaiblissant de l'autre) [Wikipédia].

Dans certains cas la tension alternative issue de la bobine est mal adaptée aux appareils que l'on veut utiliser (charge smartphone/GPS en itinérance/lumière de position à l'arrêt) un redresseur de tension couplé d'un condensateur peut être mis en place pour résoudre le problème. L'article de Takashi Ohara [4] décrit différents modèles qui offrent des efficacités variables, et explique le calcul de charge adaptée pour une puissance donnée par une méthode d'analyse analogique typique dite « des états présumés » décrite dans le cours MIT OpenCourseWare sur l'électronique de puissance. [5]

Problématique retenue

Comment concevoir une dynamo de vélo adaptée pour l'éclairage & autres utilisations?

Objectifs du TIPE du candidat

Mettre en évidence et interpréter le phénomène d'induction entre une bobine et un aimant en mouvement

Déterminer et interpréter la vitesse minimale permettant le fonctionnement de l'éclairage

Comparaison avec un modèle commercial.

Réaliser une simulation numérique analogue à la dynamo réalisée.

Références bibliographiques (ÉTAPE 1)

- [1] FREDERIC LEGRAND : Aimant et bobine : flux et force - Étude expérimentale : <https://www.f-legrand.fr/scidoc/docmml/sciphys/electmag/aimantbobine2/aimantbobine2.html>
- [2] VOLKER ZIEMANN : Closed-form expressions for the magnetic field of permanent magnets in three dimensions (2022) : <https://arxiv.org/pdf/2106.04153>
- [3] MADSEN, JENS CHR. OVERGAARD; ANDERSEN, T.; LAHRMANN, HARRY : Safety effects of permanent running lights for bicycles (2013) : https://vbn.aau.dk/ws/files/274548813/Safety_effects_of_permanent_running_lights_for_bicycles.pdf
- [4] TAKASHI OHIRA : Power efficiency and optimum load formulas on RF rectifiers featuring flow-angle equation : https://www.jstage.jst.go.jp/article/elex/10/11/10_10.20130230/_pdf/-char/en
- [5] INSTRUCTOR: DAVID PERREAULT : MIT OpenCourseWare - Power Electronics Course : <https://youtube.com/playlist?list=PLUl4u3cNGP62UTc77mJoubhDELSC8lfR0>