

## Freinage à courants de Foucault

Les particules fines issues du freinage prennent une part de plus en plus importante dans la pollution issue du secteur du transport, je me suis questionné sur les alternatives existantes au système de freinage traditionnel.

Le freinage à courants de Foucault constitue une alternative au freinage classique par friction. Il est notamment utilisé sur certains tramways dans la ville de Luxembourg pour les freinages d'urgence. La ville de Paris s'est également montrée très intéressée pour en équiper ses camions poubelles.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).*

#### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Freinage</i>	<i>Braking</i>
<i>Électromagnétisme</i>	<i>Electromagnetism</i>
<i>Induction</i>	<i>Induction</i>
<i>Courants de Foucault</i>	<i>Eddy current</i>
<i>Particules fines</i>	<i>Fine particles</i>

### Bibliographie commentée

Aujourd'hui plus de la moitié des particules fines émises par les véhicules routiers récents ne proviennent plus de l'échappement mais du freinage de ces derniers. Avec la production de voitures de plus en plus lourdes les systèmes de freinage sont de plus en plus sollicités [1]. Des études toxicologiques suggèrent que ces particules pourraient constituer un danger pour la santé notamment à cause de leurs teneurs en éléments métalliques comme le cuivre, le baryum, le zinc ou le fer [2].

Dans son rapport L'ADEME demande la mise en place d'une législation autour de cette question [1].

Consciente de ce problème environnemental, l'entreprise française Telma propose d'équiper de nombreux véhicules poids lourd d'un système basé sur le principe d'induction électromagnétique. Les freins à induction Telma dissipent l'énergie de freinage par la génération de courants de Foucault [3].

Le principe général de fonctionnement est régi par la loi de modération de Lenz : "Toute variation temporelle d'induction sur un matériau métallique conducteur crée des courants induits qui s'opposent à la cause qui leur donne naissance" [4].

Les freins sont constitués d'une partie excitatrice qui crée une variation spatiale de l'induction, en vis à vis d'une partie métallique conductrice massive. C'est le mouvement d'une des deux parties par rapport à l'autre qui génère la variation temporelle de l'induction [5].

Sur ce principe voici comment fonctionnent les ralentisseurs électromagnétiques actuels :

Ils sont constitués d'un stator fixe et d'une paire de rotors solidaire de l'arbre de transmission qui l'entraîne en rotation. Le stator et les rotors sont montés coaxialement en vis-à-vis ; un espace sépare les rotors du stator, ce qui évite tout frottement [3].

Le stator tient le rôle de l'inducteur ; il est constitué d'une série d'électroaimants qui, lorsqu'ils sont parcourus par un courant électrique continu, génèrent les champs magnétiques nécessaires à la production des courants de Foucault dans la masse des rotors. Les rotors tiennent le rôle de l'induit. Les rotors sont parcourus par des courants de Foucault uniquement lorsqu'ils sont traversés par les champs magnétiques générés par le stator, tout en étant entraînés en rotation par l'arbre de transmission [6][3].

Les courants de Foucault, par définition, prennent naissance dans une masse métallique conductrice, lorsque celle-ci est placée dans un champ magnétique variable [4]. Dans le cas des freins à induction Telma, la variabilité du champ magnétique à laquelle sont soumis les rotors est obtenue par la rotation de ses derniers. Les courants de Foucault s'enroulent autour des lignes de flux magnétiques [5].

La génération des courants de Foucault dans la masse du rotor entraîne donc l'apparition de forces de Laplace qui s'opposent à la rotation du rotor. Le couple de freinage, ainsi produit et appliqué sur l'arbre de transmission, permet de ralentir le véhicule. La puissance mécanique de freinage est alors totalement transformée sous forme de puissance thermique [3][4].

Les principaux avantages du dispositif sont que ce type de frein a de bonnes performances en couple de freinage. Se faisant sans friction, ce système n'émet aucune particule fine contrairement aux plaquettes et disques de freins [3][5].

Les principaux inconvénients sont qu'à eux seuls les ralentisseurs de ce type ne peuvent se substituer un freinage mécanique. En effet, comme leur nom l'indique se sont des ralentisseurs, ils ne permettent pas l'arrêt complet du véhicule. À faible vitesse ils deviennent inefficaces, ils doivent donc être couplés à un système traditionnel [6].

De plus, ils génèrent un échauffement important du métal au cours de leur fonctionnement [5].

## **Problématique retenue**

Le freinage à courants de Foucault possède à priori de nombreux atouts. Comment mettre en œuvre un tel système ? Quelles sont les facteurs qui expliquent sa faible utilisation au sein de l'industrie automobile ?

## **Objectifs du TIPE**

1. Mettre en œuvre un système utilisant le principe de freinage à courants de Foucault.
2. Étudier l'influence de différents paramètres sur la qualité du freinage : Intensité du champ magnétique, nature du métal composant le rotor, surface du rotor.

3. Mettre en évidence les inconvénients liés à la surchauffe du rotor ainsi que la faible efficacité du système à faible vitesse.
4. Proposer un système alliant freinage à courants de Foucault et freinage mécanique.

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] GAGNEPAIN LAURENT, ADEME : Emissions des Véhicules routiers - Les particules hors échappement : *Note d'expertise ADEME, Avril 2022*
- [2] PROFESSOR FRANK KELLY : Statement on the evidence for health effects associated with exposure to non-exhaust particulate matter from road transport :  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/917308/COMEAP\\_Statement\\_\\_on\\_the\\_\\_evidence\\_\\_for\\_\\_health\\_\\_effects\\_\\_associated\\_\\_with\\_\\_exposure\\_to\\_non\\_exhaust\\_particulate\\_matter\\_from\\_road\\_transport\\_-COMEAP-Statement-non-exhaust-PM-health-effects.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/917308/COMEAP_Statement__on_the__evidence__for__health__effects__associated__with__exposure_to_non_exhaust_particulate_matter_from_road_transport_-COMEAP-Statement-non-exhaust-PM-health-effects.pdf)
- [3] TELMA : Freinage électromagnétique : <https://fr.telma.com/>
- [4] RICHARD FEYNMAN, ROBERT LEIGHTON, MATTHEW SANDS : Électromagnétisme 1 : *InterEdition (1997), ISBN 2729600280*
- [5] ANTOINE LESOBRE : Conception, modélisation et expérimentation de moteurs-freins intégrés à réluctance variable et à courants de Foucault. : *Sciences de l'ingénieur [physics]. École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2001.*
- [6] LINE BARRAS : Démonstrateurs électromécaniques : *Filière systèmes industriels. Haute école spécialisée de Suisse occidentale, 2007*

## DOT

- [1] *Début Décembre - Commande du matériel, j'ai eu des difficultés à me procurer une plaque de cuivre.*
- [2] *Début Janvier - Premiers essais du montage sans protocole précis, les résultats étaient très encourageants.*
- [3] *Fevrier - Après plusieurs essais il n'a pas été possible de caractériser l'échauffement du disque l'objectif annoncé ne pourra pas être tenu.*
- [4] *Mars - Sur plusieurs séances j'ai pu effectuer toutes les mesures relatives à l'influence de l'intensité sur la qualité du freinage à courant de foucault.*
- [5] *Mai - Après les écrits des concours, j'ai pu effectuer toutes les mesures relatives à l'influence de la température.*
- [6] *Mai - Quelques jours plus tard, j'ai pu réaliser le nouveau montage qui nécessitait l'ajout d'une bicyclette enfant. J'ai ainsi pu effectuer toutes les mesures relatives au couplage freinage mécanique \ freinage à courants de Foucault.*