

## Transmission de la puissance électrique sans fil : implantations biomédicales

Ayant pris goût spécialement aux cours d'électromagnétisme que j'ai reçus cette année, j'ai voulu lui chercher des applications dans le domaine médical.

Mon étude permet de recharger les implantations biomédicales sans fil, prévenant contre les risques et les complications liés aux opérations chirurgicales invasives.

### Positionnement thématique (ETAPE 1)

*PHYSIQUE (Physique Ondulatoire).*

### Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>transfert d'énergie sans fil</i>	<i>wireless power transmission</i>
<i>induction électromagnétique</i>	<i>electromagnetic induction</i>
<i>couplage résonant</i>	<i>resonant coupling</i>
<i>optimisation du rendement</i>	<i>yield optimization</i>
<i>cavité semi-résonante</i>	<i>semi-resonant cavity</i>

### Bibliographie commentée

Depuis plus d'un siècle, la transmission de la puissance électrique sans fil par induction a intéressé le scientifique Tesla, sans qu'elle ait des applications concrètes. De nos jours, un retour à cette technique s'est imposé comme les technologies portables nécessitant l'électricité se font de plus en plus nombreuses, y compris les implants médicaux. Afin d'épargner les patients portant ces dispositifs le désagrément des opérations chirurgicales, les recharger par induction s'avère une bonne idée, d'autant que le champ magnétique a que peu d'influence sur le corps humain, par opposition au champ électrique [1], de plus, il provoque un moindre échauffement [4]

Ceci repose sur la théorie de Faraday. En effet, le principe de base consiste à créer un champ d'induction magnétique dans une bobine, qui sera source d'une circulation de courant variable à une fréquence bien déterminée dans le circuit récepteur.

On distingue deux sortes de couplage : non-résonant, c'est-à-dire indépendant de la fréquence du courant dans le circuit émetteur, et résonant, qui dépend des fréquences propres des circuits émetteur et récepteur.

Le mode non-résonant « ne peut charger les appareils portables sur des distances de plus de 1/5ème de la dimension de l'émetteur de puissance » [1], alors qu'un couplage résonant permet de dépasser cette distance jusqu'à plus de 2 ou 3 fois la dimension de l'émetteur ou du récepteur [1].

On concentrera notre étude sur les couplages résonants, qui n'est cependant sans contraintes. en

effet, un tel couplage ne fonctionne efficacement qu'en un parfait alignement entre émetteur et récepteur [7], ce qui est contraignant en tenant compte des conditions de l'implantation, une présence d'une plaque d'aluminium aux environs d'un des résonateurs pourrait faire chuter l'efficacité de 96% à 37%, [7], une légère dissymétrie entre les deux résonateurs affecterait la transmission d'une façon drastique, le rapport taille des bobines/ distance de transfert, imposée par les conditions de l'implantation, a aussi une grande influence sur le coefficient de couplage, et donc sur le rendement, [1], les tissus humains sont dispersifs [4].

Cependant des mesures peuvent être prises pour palier à tous ces problèmes et même d'améliorer encore plus ce rendement : de prime abord, opter pour la fréquence optimale de transmission de puissance à travers les tissus humains, et qui est de l'ordre du GHz (considérant le compromis entre la puissance reçue et l'absorption des tissus). Cette conclusion utilise le modèle de Debye comme approximation de la permittivité relative des tissus dans le corps humain [2] On peut jouer aussi sur d'autres paramètres : la proximité de plaques métalliques aux environs des résonateurs [7], la symétrie parfaite entre émetteur et récepteur [7], argenter les bobines permet de faire augmenter leur facteur de qualité Q, d'où une amélioration du rendement. [6] Des géométries plus élaborées ont également été conçues et expérimentées en vue d'un meilleur rendement [6]. Une simulation numérique à l'aide du logiciel COMSOL suivi par une approche expérimentale aboutit à un système de transfert composé de bobines spirales et plates, moins encombrantes et plus efficaces [3]. Le couplage résonant étant perturbé par tout désalignement, une nouvelle conception de bobine a été envisagée dans le [4] : la bobine Split, « une bobine de réception divisée sur 3 angles (0°, 45° et 90°) » [4]

Une autre suggestion pour optimiser le système a été proposée dans [1] : une cavité semi-fermée remplie par du céramique servant de guide d'ondes et permettant ainsi de confiner l'énergie électromagnétique en une zone de l'espace, une solution pour diminuer les pertes par rayonnement

L'insertion d'un ou deux résonateurs accordés à la même fréquence intermédiaires permet d' « amplifier » le champ magnétique [3].

## **Problématique retenue**

Afin d'éviter les risques qui accompagnent les opérations chirurgicales invasives, charger les implants biomédicaux par couplage inductif s'avère une solution optimale. Reste à savoir dans quelles conditions cette induction pourrait être réalisée ? Comment l'assurer malgré la taille du récepteur et les pertes du tissu humain dispersif ?

## **Objectifs du TIPE**

- 1) Chercher les conditions expérimentales optimales pour réaliser des couplages inductifs résonant et non-résonant
- 2) S'inspirer des modèles suggérés dans la bibliographie pour réaliser expérimentalement mes propres modèles afin d'améliorer le rendement

- 3) Simulation numérique des phénomènes mis en jeu pour s'assurer de l'efficacité du modèle conçu en tenant compte des conditions imposées par l'implantation médicale

## Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] WEI WANG : ÉTUDE DE LA TRANSMISSION D'ÉNERGIE SANS FIL (WPT) BASÉE SUR LA RÉSONANCE COUPLÉE MAGNÉTIQUE :  
[https://publications.polymtl.ca/1496/1/2014\\_WeiWang.pdf](https://publications.polymtl.ca/1496/1/2014_WeiWang.pdf)
- [2] SANGHOEK KIM, JOHN S. HO, LISA Y. CHEN, AND ADA S. Y. POON : Wireless power transfer to a cardiac implant : [https://web.stanford.edu/~adapoon/papers/apl12\\_wpt\\_heart.pdf](https://web.stanford.edu/~adapoon/papers/apl12_wpt_heart.pdf)
- [3] LAROUSSE BETTAIEB, FRANÇOIS COSTA, JEAN-CHRISTOPHE LOURME : Transmission d'énergie par couplage inductif. Application aux capteurs biomédicaux intégrés : [https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01065235/file/Transmission\\_d\\_energie\\_par\\_couplage\\_inductif\\_Applications\\_aux\\_capteurs\\_biomedicaux\\_integres.pdf](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01065235/file/Transmission_d_energie_par_couplage_inductif_Applications_aux_capteurs_biomedicaux_integres.pdf)
- [4] HICHAM JOUAICHA : Transmission d'énergie sans fil pour les implants biomédicaux :  
<https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/68775/1/37103.pdf>
- [5] MUSTAFA ADIL HUSSAIN : Design and Implementation of Wireless LowPower Transfer for Medical Implant Devices : <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/745/1/012087/pdf>
- [6] ANDRÉ KURS, ARISTEIDIS KARALIS, ROBERT MOFFATT, J. D. JOANNOPOULOS, PETER FISHER, MARIN SOLJACIĆ : Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances :  
<http://www.sawaya.ecei.tohoku.ac.jp/common/item/pdf/doctor/091208.pdf>
- [7] XIAOFANG YU, TORBJORN SKAULI, BJORN SKAULI, ET AL. : Wireless power transfer in the presence of metallic plates: Experimental results : <https://eprints.gla.ac.uk/252873/1/252873.pdf>

## DOT

- [1] Août-Septembre: étude théorique d'un autre sujet de TIPE: prévention contre la pollution sonore, et ce par absorption, par réflexion ou par diffusion
- [2] Octobre-Novembre: plusieurs tentatives d'isolation acoustique en jouant sur la diffusion, tentatives d'isolation par un écran acoustique et des fractales anti-bruits: l'isolation n'est permise que pour certaines fréquences pour l'écran, construire des fractales n'est pas réalisable au laboratoire de mon lycée: abandon du sujet
- [3] décembre-janvier: exploration de nouvelles pistes et choix du sujet courant, étude théorique du rendement du dispositif et recherche des paramètres à prendre en considération lors de l'expérience, élaboration du protocole expérimental en tenant compte de la disponibilité du matériel au laboratoire du lycée, étude bibliographique en quête de nouvelles idées pour concevoir une bobine avec un rendement optimal, l'idée de la cavité résonante
- [4] Février: expériences de couplage inductif non-résonant, puis résonant en des conditions variées, prise de mesures et calcul du coefficient d'inductance mutuelle et du rendement
- [5] Mars: rédaction d'un code python pour choisir les dimensions et la forme optimales de la

*bobine, longue recherche sur la méthode à adopter pour concevoir expérimentalement les bobines plates en spirale avec les cavités résonantes*

**[6]** *Avril-Mai: résolution du problème avec de la pâte à modeler qui a servi de support pour les bobines plates, conception et bricolage de deux cavités semi-résonantes en céramique et leurs bobines respectives, expérience en échec à cause de la dimension du fil utilisé (trop fin), tentatives de conception de nouvelles bobines avec un fil plus rigide, difficulté à mener à bien le travail à cause du peu de souplesse du fil, élaboration d'un système de deux plaques qui aident à obtenir les bobines plates en spirale souhaitées, réalisation de l'expérience avec succès. Tentatives en échec de trouver accès au logiciel COMSOL à cause de son coût, afin de simuler le modèle en tenant compte des dimensions requises de la bobine réceptrice, recherche en vain d'autres logiciels de simulation: CST Studio Suite par exemple, problèmes techniques que je n'est pas pu résoudre*

**[7]** *juin: tentative de rédiger un code python qui permet d'obtenir la simulation désirée, en échec*