

Transmission d'électricité sans fil par le biais de systemes de transfert d'énergie inductive (IPTS)

Blaise Ribon, Léo Boudoin, Quentin Boyer

Décembre 2014

Résumé

Suite à l'expérience menée en 2007 au MIT , nous savons qu'il est possible de transmettre de l'électricité à travers de moyennes distances, de l'ordre de 5m. Ce type de transmissions d'électricité pourrait simplifier les réseaux électriques domestiques étant donné le nombre de câbles demandés par chaque appareil électronique, qui prolifèrent. Mais nous verrons que cette technologie et celles semblables se heurtent à des freins majeurs dans la pratique et que leur mise en place est assez complexe.

Table des matières

1	Définition et Utilisation de l'électricité	2
1.1	Historique de l'électricité	2
1.2	Avancées technologiques et Utilisation	4
2	Raisons de la transmission de l'électricité par des solutions non câblées	5
2.1	–TODO–	5
3	Les technologies de transmissions d'électricité : câblées et sans-fil	6
3.1	Presentation des technologies présentes	6
3.1.1	Solution majoritaire actuelle : Les technologies câblées	6
3.1.2	Une solution IPTS limitée : Le systeme de couplage magnetique par resonance (CMRS)	8
3.1.3	Une solution IPTS assez fiable : Une transmission utilisant des	10
3.2	–TODO–	10
3.3	Avantages et limitations de –TODO–	10
3.4	Technologies alternatives pour transmetre de l'énergie	10
4	References et sources principales	11
4.1	Articles scientifiques	11
4.2	–Et les autres trucs–	11

Chapitre 1

Définition et Utilisation de l'électricité

1.1 Historique de l'électricité

FIGURE 1.1 – Le feu dans la préhistoire



À la Préhistoire déjà, l'Homme a utilisé l'électricité. Par le biais de l'effet Joule, la foudre, en tombant sur le sol, pouvait enflammer des arbres, et parfois créer des incendies dévastateurs. En utilisant ces flammes, les hommes de cette époque ont pu se procurer lumière et chaleur, ainsi qu'une

protection efficace contre les prédateurs de l'époque, chose si rare et recherchée qu'elle a donné naissance aux mythiques "guerres du feu". Là se résume l'histoire de la domestication de l'électricité pendant des millénaires. Jusqu'au jour où Thalès de Milet (vers 625-vers 547 avant JC), un philosophe grec de l'Antiquité observe le fait que l'ambre jaune, frotté, attire des corps légers comme des brins de paille ou des barbes de plumes. Il baptisera ce phénomène du nom grec de l'ambre jaune, "elektron".

Par la suite, ce mot servira à nommer l'électricité ou tous les phénomènes ayant un rapport. Par la suite, les découvertes se sont succédées lentement jusqu'au XVIIIe siècle. On pourra citer la première machine à électricité statique d'Otto Von Guericke (1602-1686), constitué d'un simple globe de soufre, ou la classification des corps en fonction de leur comportement, idio-électriques (isolants), et anélectriques (conducteurs), par William Gilbert (1544-1600), et est le premier à relier électricité et magnétisme.

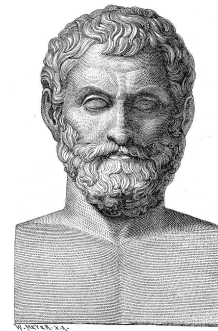


FIGURE 1.2 – Thales

Dès 1709 les découvertes s'accélérent. Francis Hawksbee remplace le globe de soufre de Von Guericke par un cylindre en verre en 1709, et Stephen Grey découvre par hasard que les charges produites par la machine de Hawksbee se déplacent vers le bouchon. Cela amènera, plus tard à la découverte de la portée infinie des charges électriques le long d'un conducteur, avec l'aide de Charles François de Cisternay du Fay. Il découvre aussi que le corps humain est conducteur, et définit deux types d'électricité : la "résineuse" (quand de la résine est frottée) et la "vitreuse" (quand du verre est frotté), qui prépare la découverte de la charge de signes opposés. Il créera aussi le premier électroscope connu.

De nombreuses autres découvertes ont été faites durant ce siècle, comme les travaux de Benjamin Franklin (1706-1790) avec la mythique expérience où ce scientifique a sorti un cerf-volant sous un orage (à ne pas reproduire) pour savoir "si les nuages d'où jaillit la foudre sont électrisés ou non", ce qui mènera à la découverte du paratonnerre. Plus tard, Alessandro Volta (1745-1827) multiplie les découvertes dans le domaine de



FIGURE 1.3 – Franklin

l'électricité. Il crée et améliore de nombreux appareils de mesure électrique, met au point l'électrophore, capable d'accumuler de grandes charges électriques positives, et crée la première pile. Charles de Coulomb(1736-1806) établira en 1785 la loi homonyme, quantifiant la force électrostatique. Elle définit la force qu'exercent deux charges l'une sur l'autre ($F_{1/2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{\|\vec{r}_2 - \vec{r}_1\|^3}$, ou q_1 et q_2 sont en C, ϵ_0 en $F.m^{-1}$ et \vec{r}_1 et \vec{r}_2 sont des points). Elle est attractive si les charges sont de signe contraire, et répulsive si les charges sont de même signe. Au XIXe siècle, la recherche s'accélère encore. Au début du siècle, sir Humphrey Davy(1778-1829) étudie et met au point la première pile à combustible. Sous la férule de Faraday, il créera aussi la première source de lumière électrique, l'arc électrique. En même temps, Georg Simon Ohm(1787-1854), découvre la résistance des conducteurs et étudie les propriétés quantitatives des courants électriques, dont il formule les lois fondamentales. La loi d'Ohm est une relation simple entre l'intensité, la tension, et la résistance $I = U \times R$, avec I pour l'intensité, en ampères, U pour la tension, en volts, et R pour la résistance, en Ohms.

En découvrant cette propriété, il affine la notion d'électricité suffisamment pour la rendre utilisable, et ce sera sur cet axe que la recherche scientifique sera axée dès le second quart du siècle.



FIGURE 1.4 – Ohm

1.2 Avancées technologiques et Utilisation

Chapitre 2

Raisons de la transmission de l'électricité par des solutions non câblées

2.1 –TODO–

Chapitre 3

Les technologies de transmissions d'électricité : câblées et sans-fil

3.1 Présentation des technologies présentes

3.1.1 Solution majoritaire actuelle : Les technologies câblées

La solution de transmission d'électricité la plus utilisée au monde est sans contestation possible le câble électrique, ceci étant dû à un faible coût (jusqu'à 1\$ le mètre), son très haut rendement puisque celui-ci avoisine les 100% sur les distances courtes avec de faibles puissances. En plus d'être simple, elle n'est pas lourde en terme d'installation puisque les câbles peuvent être facilement mis dans les murs à la construction d'un nouveau bâtiment, être mis dans des

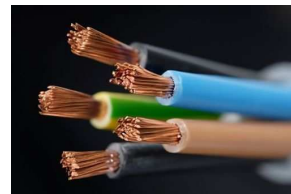


FIGURE 3.1 – Fils de cuivre

gaines si l'on veut en rajouter ensuite et plus simplement on peut utiliser le système des prises pour les appareils temporaires et ponctuels. Grâce à ses avantages incontestables elle est devenue le standard, mais ceci entraîne un problème non négligeable : la densité importante des câbles électriques à proximité des appareils électroniques.

Les matériaux constituant les câbles électriques sont généralement du cuivre pour les longues distances, mais dans les circuits imprimés on peut utiliser

l'or pour sa conductivité électrique immense , malgré son coût monstrueux de l'ordre de la dizaine de millier d'euros le demi kilo. Voici ici un tableau qui récapitule la conductivité de divers métaux plus ou moins utilisés dans les réseaux câblés.

Materiel	Resistivité électrique en $n\Omega.m$	Prix au Kilo
Cuivre	16.78	1.08 €
Or	22.14	29878 €
Fer	96.1	(Minerai de fer) 0.07 €
Argent	15.87	402 €

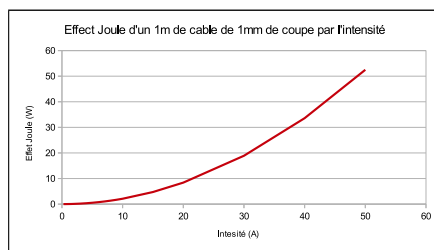


FIGURE 3.2 – L'effet joule

courant de 1A est de $P = I^2 \times 0.02 = 0.02W$.

Néanmoins d'autres problemes peuvent occurer dans le cas d'une utilisation domstique , comme la profusion de cable qui genrent des nuisances esthetiques et des nuisances magnétiques générés par les cables nombreux qui subissent le phenomene de diaphonie (ou crosstalk) , qui est une interfevence entre les signaux passant par un cable dans un cable proche. C'est d'ailleurs pour cette raison que lorsque les signaux transmis sont importants et ne doivent pas etre corompus on utilise des cables torsadés qui limite le phenomene. La problematique du transport d'objets électroniques de plus en plus consommateurs mais qui se veulent autonomes se pose , ou l'on est obligé de se separer d'eux pour les recharger ceic emepechant de benficier des

Un effet négatif important produit par des cables est l'effet Joule , exprimé dans dans le cadre d'application de la loi d'Ohm par la formule $P = I^2 \times R$ ou R est la resistance est liée a la resistivité (ρ) par la formule $R = \rho \frac{\ell}{A}$ dans laquelle ℓ est la longueur et A est la surface de coupe en m^2 . D'où la resistance d'un cable de 1m de long et de 1mm de diamètre est $17 \times 10^{-9} \times \frac{1}{\pi(0.5 \times 10^{-3})^2} = 0.021\Omega$ et donc l'effect joule produit dans le cas d'un

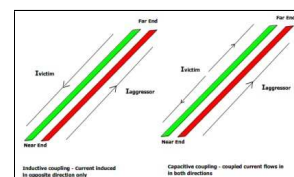


FIGURE 3.3 – Diaphonie

avantages majeurs de ces objets autonomes , avec comme exemple le cas des telephones portables , ou la problematique plus importante du rehcargement des voitures electriques qui est long , et qu'il ne faut pas oublier de brancher un cable sinon rien n'occure. Les cables electriques que nous utilisons donc depuis la création de l'electricité ne sont plus adapté a un monde qui se veut de plus en plus liberé de toute les contraintes et de s'affranchir des contraintes liés au tehcnologies filaires , avec comme exemple le devloppement des telephones portables ou de la wifi pour pallier la dependance cablée de l'ethernet.

3.1.2 Une solution IPTS limitée : Le systeme de couplage magnetique par resonance (CMRS)

Le MIT , par l'equipe de Marin Soljačić , a developé en 2007 une technolgie inductive utilisant le meme pricipe que les transfomateurs electriques ou les broches dent eletriques. Mais en utilisant des variations de cette tehcnologies cette equipe du MIT a reussi a transmettre de l'energie a une television située de l'autre coté de la piece , assez pour l'alimenter. Mais le probleme de cette technologie est qu'elle est extremement dépendante de l'envitonement , une petite variation tel le passage d'un etre humain , un autre champ magnetique qui perturbe les syteme ou une variation de la temperature ou de l'humidité peut invalider l'experience. Cette technologie a aussi un inconvenient majeur, partagé par tout les systemes inducifs de tranferts d'energie , plus souvent abregé en IPTS , qui est le rendement grandement inférieur à un cable électrique déployé sur la meme distance. Ceci est du a la nature meme de la technolgie qui est un champ magnetique non ou peu dirigé contrairement a un cable electrique ou les eletrons n'ont que une suele direction possible pour traverser d'un bout a l'autre du systeme de transmission d'electricité.

La dependance au conditions est du au systeme meme : il exploite la resonance magnétique des matériaux , c'est a dire la capacité du materiau a produire une réaction energetique lorsque'il est simulé par un champ

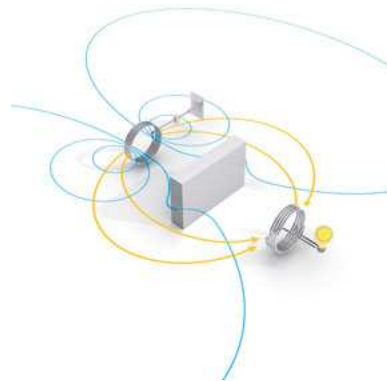


FIGURE 3.4 – Diagramme

magnétique particulier , et ce "champ magnétique de resonance" est affecté par la temperature , et il est deformé par les obstacle tel qu'un humain. Cette depedance extreme au champ magnetique est du au tres haut facteur de qualite du systeme technique utilisés dans l'experience du MIT. De plus la mise en place des bobines utilisés pour transmetre de l'electricité demande des réglages plutot complexes ou les bobines doivent etre accordées pour reagir au bon champ magnetique.

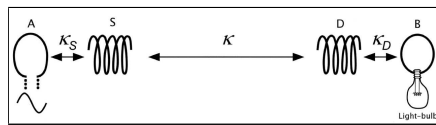


FIGURE 3.5 – Schema de montage

etre positionnée de telle maniere qu'elle n'interfere pas avec la bobine D , l'influence de B sur S étant minimale.

Cette technologie ne presente d'ailleurs que tres peu de danger sur l'etre humain , étant donné que les champs magnetiques n'intergissant pratiquement pas avec les etre vivants , de meme que le reste de l'environnement d'ou la ligne de vue entre les bobines S et D n'est pas nessecaire. D'apres Marin Soljačić cette technolgie à du potentiel puisque il a créé une compagnie , WiTricity , pour promulger sa decouverte et il croit que cette technologie pourrait etre largement utilisé dans le cas de transfert de petites quantités d'energie comme recharger des telephones. 7 ans apres cette technologie ne s'est pas enormenet démocratisée meme si en 2011 Toyota a investi dans cette compagnie.

Dans tout IPTS le principe fondamentale est identique : Le courant traversant une bobine de fil induit un courant proportionnel dans une autre bobine. Dans la technologie ici présentée ces deux bobines doivent etre alignées coaxialement. L'entrée et la sortie est effectuée via des boucles , et celle d'entrée A doit

WiTricity

FIGURE 3.6 – WiTricity

- 3.1.3 Une solution IPTS assez fiable : Une transmission utilisant des
- 3.2 –TODO–
- 3.3 Avantages et limitations de –TODO–
- 3.4 Technologies alternatives pour transmettre de l'énergie

Chapitre 4

References et sources principales

4.1 Articles scientifiques

4.2 –Et les autres trucs–