

**P**as besoin d'être un expert en électromagnétisme pour comprendre que les antennes Tesla ne semblent vraiment pas obéir aux lois de la physique connues à ce jour. Les premières expériences effectuées permettent même de penser que ce système de transmission d'énergie, sous certaines conditions, est surunitaire. Explications et mode d'emploi.

**C**omme leur nom l'indique, les antennes Tesla doivent leur appellation au père du courant alternatif, le génial inventeur d'origine serbe Nikola Tesla (voir encadré page 97), qui est à l'origine de ce système de transmission d'énergie et d'information. Les premiers brevets portant sur ce procédé ont été déposés en septembre 1897<sup>1</sup> (voir figure 1). D'autres brevets portant sur des améliorations ont suivi ensuite jusqu'en 1905<sup>2</sup>. Ces derniers sont plutôt axés sur la transmission d'informations.

Lorsque les financiers et hommes d'affaires qui sponsorisaient Tesla comprirent la nature de certains de ses travaux (distribution de l'énergie électrique par les ondes, production d'énergie libre), ils arrêterent brutalement leur soutien. Tesla et ses inventions pas encore commercialisées sombrèrent alors dans l'oubli. Du moins un oubli académique officiel. Car les passionnés de sciences alternatives qui confectionnent et expérimentent des « bobines Tesla », pour engendrer des tensions considérables, sont nombreux. Rien ne dit non plus que des laboratoires militaires ne s'intéressent pas de près depuis longtemps à la technologie de l'inventeur du « rayon de la mort <sup>3</sup> ».

### Version moderne

Dans les années 90, le docteur allemand Konstantin Meyl, professeur à l'université des sciences appliquées de Furtwangen, a fait revivre ce système de transmission d'énergie. Il a mis au point une version moderne de ces antennes (figure 2), utilisable facilement et sans danger. Meyl propose aussi une nouvelle théorie expliquant leurs propriétés (voir encadré page 98). Pour permettre au plus grand nombre de tester ces circuits si étonnants, il vend plusieurs kits de tailles différentes, prêts à fonctionner, à partir de 800 euros<sup>4</sup> (ces kits incluent le générateur de signaux).

Toutefois les prix de ces kits limitent notablement l'accès à cette « nouvelle » technologie. Conscient de cette situation et désirant faire davantage connaître ces antennes, un ingénieur américain décide de rendre publique leur fabrication. Steve Jackson, mem-

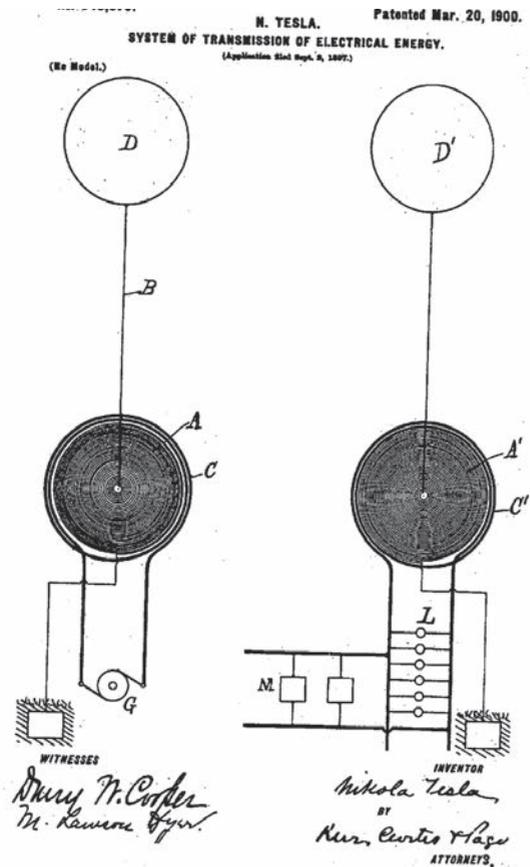
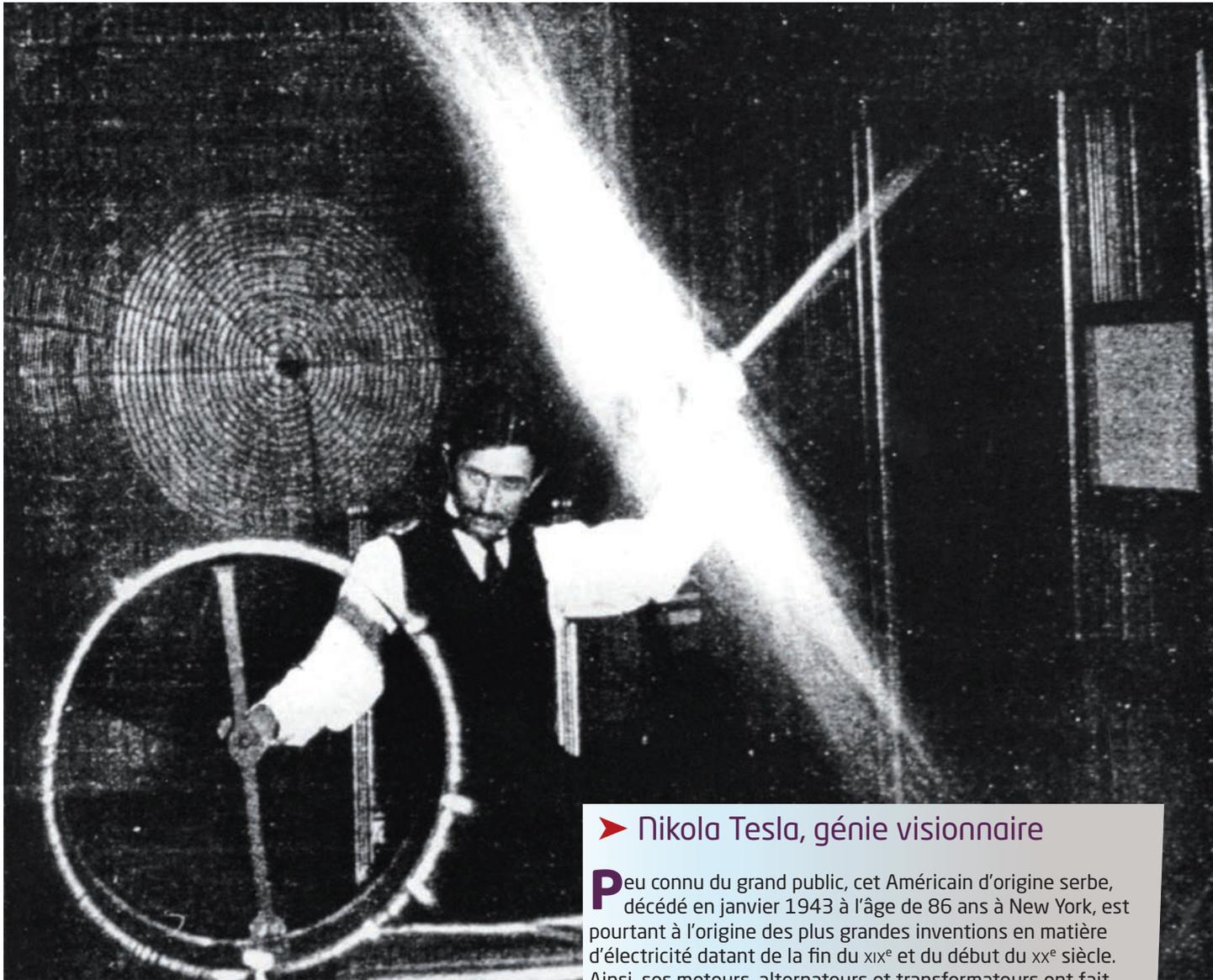


Figure 1 : Schéma des antennes dans le brevet de 1897.



Figure 2 : Version actuelle des antennes.

# antennes Tesla



## ► Nikola Tesla, génie visionnaire

**P**eu connu du grand public, cet Américain d'origine serbe, décédé en janvier 1943 à l'âge de 86 ans à New York, est pourtant à l'origine des plus grandes inventions en matière d'électricité datant de la fin du XIX<sup>e</sup> et du début du XX<sup>e</sup> siècle. Ainsi, ses moteurs, alternateurs et transformateurs ont fait naître le réseau de distribution d'électricité tel que nous le connaissons encore aujourd'hui. Cette prouesse lui a valu en 1956 l'attribution de son nom à l'unité de champ magnétique dans le système international. Mais cet inventeur extrêmement fécond a aussi œuvré dans des domaines aussi divers que la transmission d'énergie par les ondes, la radio, les appareils de mesures, les moteurs mécaniques, et l'énergie libre (qu'il dénomme « énergie radiante »), entre autres. Les brevets déposés par lui (de 300 à 700 suivant les sources) attestent de cette diversité et de cette inventivité exceptionnelle\*. Comment expliquer un tel génie? Sans doute par l'équilibre parfait entre ses capacités « cerveau gauche » et « cerveau droit »: il maîtrisait parfaitement les outils mathématiques et les connaissances de la physique de son temps (grâce à ses études à l'école polytechnique de Graz en Autriche), et il possédait aussi une imagination stupéfiante. En effet, avant de réaliser physiquement un montage, il visualisait toujours l'expérience mentalement. S'il « voyait » que son système chauffait trop ou se détériorait, il le modifiait et le testait à nouveau dans son esprit. Ainsi, ses expériences réelles étaient toujours concluantes!

\* [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_Tesla\\_patents](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Tesla_patents)

bre de l'association professionnelle des ingénieurs électriciens et électroniciens (IEEE), met gratuitement à disposition un fichier présentant toutes les informations pratiques pour construire les antennes Tesla (lire page 101). Le coût de fabrication de ces antennes est d'environ 150 euros.

### Le principe

Le dispositif est simple: un appareil, appelé générateur basse fréquence ou GBF, génère un signal électrique périodique de forme sinusoïdale, triangulaire ou carrée de quelques mégahertz et alimente une antenne dite émettrice. À une distance de plusieurs mètres de celle-ci se trouve une autre antenne, quasiment identique à la première (au sens d'enroulement près), dite réceptrice. Un oscilloscope branché à la sortie de l'antenne réceptrice permet de visualiser la tension aux bornes de celle-ci.

## ► Changer de théorie ou de paradigme ?

Pour comprendre ces ondes très inhabituelles, une seule alternative : soit ce sont des solutions inconnues, mais néanmoins contenues dans les équations de Maxwell, soit les équations de Maxwell elles-mêmes doivent être modifiées. Konstantin Meyl, professeur à l'université des sciences appliquées de Furtwangen (Allemagne) a opté pour la deuxième solution. Il propose une généralisation de ces équations qui ont par ailleurs montré leur validité en électromagnétisme classique. En empruntant des modélisations mathématiques trouvées dans la littérature scientifique, il construit de nouvelles équations de Maxwell, plus symétriques vis-à-vis

des champs magnétiques et électriques<sup>1</sup>. Le résultat obtenu est selon lui capable d'expliquer les propriétés étonnantes des antennes Tesla. Cependant, cette nouvelle théorie est fortement remise en cause<sup>2</sup>. Faut-il seulement l'améliorer ou changer totalement d'approche ? La question reste ouverte.

1. Livres en anglais : *Scalar waves transponder, Self-consistent Electrodynamics, Scalar waves*, éditions INDEL GmbH Verlag.  
2. Voir les articles (en anglais) d'un autre professeur allemand, le Dr Gerhard W. Bruhn de l'université technologique de Darmstadt : <http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/~bruhn/MeylAnual2006.html> et <http://www.mathematik.tu-darmstadt.de/~bruhn/PohlWaves.html>

### Trouver la bonne fréquence

Ces antennes, comme bien des dispositifs qui captent l'énergie du vide<sup>5</sup>, fonctionnent sur le principe de la résonance. À partir du schéma de la figure 3, il s'agit alors de déterminer expérimentalement la fréquence de résonance de l'ensemble des deux antennes. L'entreprise semble a priori aussi délicate que de chercher une aiguille – ou au mieux un dé à coudre ! – dans une meule de foin... Fort heureusement, en connaissant la gamme de fréquences à rechercher (les MHz<sup>6</sup>) et en agissant avec suffisamment de lenteur, la détermination de la fréquence de résonance est parfaitement accessible. Il apparaît en fait qu'il existe plusieurs fréquences de résonance. Il faut donc choisir celle qui apporte la plus grande réponse de l'antenne réceptrice.

### Surprise !

Connaissant l'amplitude de la tension injectée à l'entrée de l'antenne émettrice (prenons l'exemple de 8 V crête à crête en signal carré), on est en droit d'attendre une tension *inférieure* captée par l'antenne réceptrice (voir encadré page 100). Car après tout, cette dernière ne reçoit qu'une partie seulement de l'onde émise. Surprise : la mesure expérimentale contredit totalement ce raisonnement pourtant logique. En effet, la tension mesurée aux bornes de l'antenne réceptrice « à vide »<sup>7</sup> (qui ne débite, rappelons-le, aucun courant) est supérieure à la tension délivrée par le GBF !!! Et pas d'une petite quantité : dans notre exemple, on trouve en sortie 26 V crête à crête en signal quasi sinusoïdal. Soit plus de trois fois l'amplitude initiale... Ces valeurs ont été obtenues avec une distance entre les antennes d'environ 1,80 m. Il faut bien reconnaître que ce résultat est très surprenant à la lumière de notre connaissance actuelle des lois phy-

**La tension mesurée aux bornes de l'antenne réceptrice (qui ne débite, rappelons-le, aucun courant) est supérieure à la tension délivrée par le GBF !!!**

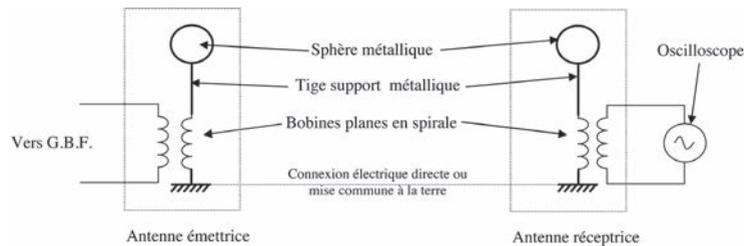


Figure 3 : Schéma de principe du circuit des antennes.

siques. Rappelons en effet que la méthode la plus proche de ce circuit d'antennes d'élever la tension d'un signal électrique périodique utilise un transformateur. Celui-ci doit alors posséder un nombre de spires plus élevé au secondaire qu'au primaire. Seulement ici, les nombres de spires des transformateurs « spirale » sont identiques pour les antennes émettrice et réceptrice... Par conséquent, cet accroissement de tension ne peut logiquement s'expliquer que par un phénomène de résonance. Comme chacun sait, la modeste pichenette envoyée au bon moment sur une balançoire engendre une amplitude du mouvement de plus en plus grande. Tous les concepteurs de structures mécaniques connaissent bien ce phénomène. Ils évitent comme la peste les vibrations dont les fréquences seraient proches d'une fréquence de résonance de leur structure sous peine de destruction rapide<sup>8</sup>.

### De surprise en surprise !

On ajuste à nouveau la fréquence du signal d'entrée afin d'obtenir la tension la plus élevée possible aux bornes de l'antenne réceptrice. Une fois la fréquence de résonance trouvée, on déplace lentement l'antenne réceptrice afin de l'éloigner ou de la rapprocher de l'antenne émettrice. La distance entre les antennes varie de 1 à 4 mètres environ. En s'appuyant sur les équations de

Maxwell, on s'attend à observer une variation d'amplitude de la tension aux bornes de l'antenne réceptrice. Si la tension est proportionnelle à l'inverse de la distance (lire encadré page 100), soit une variation « en  $1/r$  » en langage mathématique, une diminution de 75 % est alors attendue pour une distance multipliée par quatre. Le résultat expérimental est très surprenant là encore : **aucune** variation n'est observée. On décèle toutefois quelques très faibles fluctuations durant le déplacement de l'antenne (nœuds d'ondes stationnaires?). Mais l'amplitude reste parfaitement constante dès que l'antenne s'immobilise. Cette propriété est constatée, que l'antenne réceptrice débite un courant électrique ou non.

L'interprétation de ce phénomène d'amplitude constante semble cette fois bien difficile à comprendre sans remettre en cause la structure des ondes électromagnétiques en présence. Et pour cause, Nikola Tesla explique dans ses brevets qu'il s'agit d'une conduction électrique de l'air et non d'un rayonnement d'onde. Exit les ondes classiques de Maxwell ?

### Transfert optimum d'énergie

Tous les utilisateurs de chaînes haute-fidélité connaissent les contraintes de branchement portant sur les enceintes acoustiques. Leur impédance doit impérativement être égale à l'impédance de sortie de l'amplificateur. Pourquoi ? Pour maximiser le transfert de puissance. Cette règle est générale et s'applique à tous les circuits. Y compris, bien sûr, aux antennes Tesla.

Ne connaissant pas l'impédance de sortie des antennes, nous avons choisi différentes résistances de charge (à la sortie de l'antenne réceptrice) en mesurant à chaque fois la tension aux bornes de celles-ci. Pour déterminer la puissance moyenne dissipée dans la résistance, il suffit d'appliquer la relation classique  $P = U^2/R$  (avec  $U$  la tension en valeur RMS).

C'est pour la valeur  $R_c = 46 \Omega$  que nous avons obtenu, avec  $F = 1,46$  MHz, la plus grande puissance de sortie, soit environ  $P_s = 100$  mW (= 0,1 W). Cette valeur de  $46 \Omega$  correspondrait ainsi à l'impédance de sortie de l'antenne, si tant est qu'un tel modèle puisse s'appliquer.

Pour déterminer la puissance électrique fournie à l'antenne émettrice, nous avons inséré une faible résistance ( $1,11 \Omega$ ) dans le circuit d'entrée afin d'accéder à l'intensité. La tension et l'intensité à l'entrée étant quasi sinusoïdales, on peut se contenter d'appliquer la formule bien connue des électriciens :  $P = U.I.\cos \phi$  avec  $U$  et  $I$  les valeurs efficaces (ici RMS) de la tension et de l'intensité, et  $\phi$  le déphasage entre ces deux derniers signaux de la tension et de l'intensité. On trouve alors une puissance d'entrée :  $P_e = 95$  mW. Avec les er-

**Même si l'on retient la valeur précédente de 100 mW pour la puissance d'entrée, cela représente tout de même un rendement de 500 % environ !**

reurs d'évaluation de puissance dues aux signaux non parfaitement sinusoïdaux, on peut en conséquence raisonnablement affirmer avoir obtenu un rendement de 100 % en transmission de puissance entre les deux antennes espacées de 1,20 m !!!

### Et il y a plus, encore !

Enthousiasmés par ce transfert unitaire de puissance, nous avons ensuite éloigné les deux antennes d'une distance de 3 mètres environ. La tension de sortie RMS vaut maintenant  $U_s = 5$  V, soit une puissance de sortie dissipée dans la résistance de charge (de  $46 \Omega$ ) de :  $P_s = 5^2/46 \approx 540$  mW. Reste le calcul plus délicat, en raison des signaux encore plus déformés, de la puissance d'entrée. Une majoration de cette puissance, qui ne tient pas compte du  $\cos \Phi$ , donne  $P_{e \max} = 84$  mW... Ce qui donne un rendement en puissance de  $\eta = P_s/P_e = 540/84 = 6,4$  (640 %) !!! Même si l'on retient la valeur précédente de 100 mW pour la puissance d'entrée, cela représente tout de même un rendement de 500 % environ ! Notons qu'en l'absence

de la résistance électrique de valeur  $1,11 \Omega$  à l'entrée (qui permet de mesurer l'intensité délivrée par le GBF), nous avons obtenu une puissance de sortie de 1,4 W. Ce qui donnerait un rendement en puissance, si l'on garde la même puissance d'entrée  $P_e = 0,1$  W, de 1400 %.

Même si ces résultats restent, bien sûr, à confirmer, ils permettent pour le moins d'accorder un sérieux crédit à tous les témoignages d'expérimentateurs qui affirment avoir déjà mesuré un comportement surunitaire de ces antennes.

Comment alors expliquer ce surplus d'énergie ? Selon toute vraisemblance, toujours et encore par l'énergie du vide. Énergie dans laquelle tout l'Univers est plongé et dont – presque – personne ne parle malgré sa mise en évidence expérimentale incontestée depuis 1998°.

### ➤ Quel impact sur la santé ?

On pourrait avec raison se demander si ces nouvelles ondes employées par les antennes Tesla ont un impact négatif sur la santé. La meilleure réponse est sans doute fournie par le témoignage de Konstantin Meyl. En 1997, il animait un stage dans lequel se trouvait une femme électrosensible. Comme elle prétendait ressentir la présence de ces ondes, elle fut testée en aveugle. Son taux d'erreur s'éleva à 100 %. En d'autres termes, elle repérait la présence du champ électromagnétique classique résiduel et non celle des ondes « Tesla ». Par ailleurs, ayant travaillé avec les antennes Tesla pendant deux demi-journées, je peux témoigner qu'à aucun moment je n'ai senti le moindre désagrément.

## ► Ondes électromagnétiques et antennes

Les équations de Maxwell dans le vide montrent qu'une variation dans le temps de champ magnétique induit un champ électrique (équation dite de Maxwell-Faraday qui modélise le phénomène d'induction) et réciproquement<sup>1</sup> (équation de Maxwell-Ampère). Ainsi, une variation temporelle du champ électrique va engendrer un champ magnétique dont la variation dans le temps créera à son tour un champ magnétique qui va à nouveau induire un champ électrique, etc. Pour faire simple, une onde électromagnétique est une perturbation des champs électrique et magnétique qui se propage de proche en proche.

**Comment les fabriquer?** Pour créer une onde électromagnétique, il suffit donc de déclencher initialement une variation temporelle soit du champ électrique, soit du champ magnétique. L'onde électromagnétique se propage ensuite « toute seule ».

Pour créer un champ magnétique variable, il suffit de faire circuler un courant électrique variant dans le temps à travers un circuit conducteur. De la même façon, une tension variable appliquée sur un conducteur non fermé sur lui-même engendrera un champ

électrique variable. C'est cette dernière solution (appelée « dipôle électrique rayonnant ») qui est concrètement utilisée pour les antennes émettrices. Car la puissance rayonnée est supérieure à celle du dipôle magnétique.

**Comment les capter?** Il y a symétrie totale, sur le principe, entre les antennes réceptrices et émettrices. Néanmoins, dans la pratique, une antenne réceptrice n'est pas conçue pour supporter les puissances importantes d'émission électromagnétique.

Les antennes courantes captent les variations locales du champ électrique qu'elles traduisent en tensions électriques. Pour en améliorer le rendement, la longueur de l'antenne est un sous-multiple de la longueur d'onde du signal capté (antenne quart d'onde, demi-onde).

**Propriétés classiques.** Les antennes de type magnétique ou électrique possèdent des propriétés communes. Dans les deux cas en effet, le champ magnétique rayonné noté  $\vec{B}$  et le champ électrique rayonné<sup>2</sup> noté  $\vec{E}$  sont inversement proportionnels à la distance à l'antenne. Cela est vérifié dans la me-

sure où cette distance est grande devant la longueur d'onde  $\lambda$  du signal périodique transmis. La puissance rayonnée (plus précisément la densité surfacique de puissance rayonnée en  $W/m^2$ ) est donnée par le vecteur de Poynting  $\vec{P}$  dont l'expression est:  $\vec{P} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0}$ .

Dans le cas présent, le produit vectoriel symbolisé par «  $\wedge$  » se réduit à une simple multiplication des amplitudes des champs  $\vec{E}$  et  $\vec{B}$ . En conséquence, la puissance émise par une antenne quelconque est nécessairement inversement proportionnelle au carré de la distance à celle-ci. Cette caractéristique peut se retrouver simplement par un raisonnement sur la conservation de l'énergie, dans la mesure où l'on néglige les phénomènes de dissipation d'énergie. Dans ce dernier cas, la puissance rayonnée décroît encore plus rapidement.

1. Une variation temporelle de champ électrique crée un champ magnétique.
2. Le champ  $\vec{E}$  ou  $\vec{B}$  dit « rayonné » signifie qu'il est généré par l'onde électromagnétique.

### Perspectives

La transmission d'énergie par les ondes est un sujet d'actualité car possédant de très nombreuses applications (dont le rechargement automatique des appareils portables). Ainsi en 2007, une équipe du M.I.T. dirigée par le physicien croate Marin Soljačić a présenté une expérience qui a trouvé un certain écho dans la presse: une ampoule de 60 W a été alimentée à deux mètres de distance par un ensemble de deux bobines avec un rendement de 40 %. Étonnamment, leur méthode s'inspire de celle de Tesla (par le choix de circuits en résonance), qu'ils citent d'ailleurs dans leur premier article<sup>10</sup>.

Certes les antennes de Tesla requièrent un fil entre elles (quoiqu'une variante sans fil<sup>11</sup> proposée par Tesla dans un brevet mériterait d'être testée), mais les débuts de résultats que nous avons obtenus sont très prometteurs et n'ont rien à envier à ceux de l'équipe du MIT.

### Un pas à faire

Tesla voyait grand en voulant construire en 1900 un immense générateur (la tour Wardenclyffe) capable d'envoyer l'énergie électrique à grande distance. Sans doute a-t-il vu trop grand. Car en agissant ainsi, il se plaçait sous la coupe de financiers animés par le seul profit. Lorsque le plus important d'entre eux (J. P. Morgan) comprit, en posant la question « où se place le compteur? », que le projet ne serait pas aussi rentable qu'il l'espérait, il en provoqua l'arrêt total.

Si le génial inventeur avait opté pour une petite struc-

ture à l'échelle d'une habitation, peut-être n'aurions-nous jamais connu la catastrophe de Fukushima...

Certes, il y a un pas entre les deux antennes présentées ici et un véritable réseau distribuant 10 kW environ dans un logement. Mais c'est un pas qui ne demande sans doute pas de gros moyens pour être franchi. Sur-tout du temps, quelques connaissances et de l'intuition. Cela devrait se trouver! ●

**Remerciements** à B. C. grâce à qui les antennes Tesla ont pu être réalisées et testées, ainsi qu'à P. B.

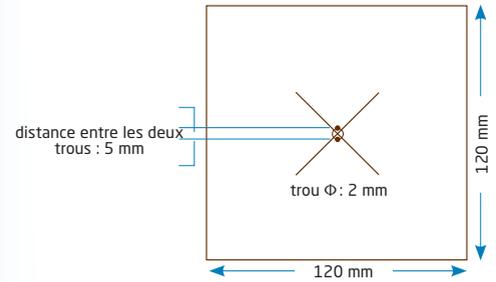
### Notes

1. <http://keelynet.com/tesla/00645576.pdf> et [http://www.radiomarconi.com/marconi/popov/649\\_621.pdf](http://www.radiomarconi.com/marconi/popov/649_621.pdf)
2. <http://www.keelynet.com/tesla/B0008200.pdf> et <http://www.keelynet.com/tesla/00787412.pdf>
3. Depuis les années 1930 jusqu'à sa mort, Nikola Tesla a prétendu avoir inventé un rayon de la mort pouvant annihiler une armée d'un million d'hommes.
4. <http://www.k-meyl.de>
5. Voir le numéro 74 de NEXUS page 102: « L'énergie libre passe par le vide! ».
6. 1 MHz = 1 mégahertz = 1 million de cycles par seconde.
7. « À vide » signifie ici que l'antenne n'alimente rien en électricité. Il n'y a qu'un voltmètre ou un oscilloscope qui est branché à ses bornes. Ces appareils ne consomment pratiquement rien en intensité électrique: quelques microampères seulement.
8. <http://www.imaginasience.com/articles/sciencesphysiques/mecanique/resonance/resonance.php>
9. Il s'agit de l'expérience de Casimir, voir encore le numéro 74 de NEXUS page 102, « L'énergie libre passe par le vide! ».
10. [http://www.mit.edu/~soljacic/wireless-power\\_AoP.pdf](http://www.mit.edu/~soljacic/wireless-power_AoP.pdf)
11. Cette variante consiste à relier le fil de terre à l'une des bornes du primaire.

Fabriquer ses propres antennes Tesla est à la portée de tous. En voici les principales étapes.

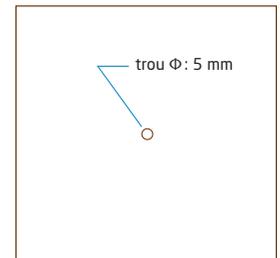
**1**

Découper deux plaques d'Isorel carrées de 12 cm de côté et d'au moins 6 mm d'épaisseur :



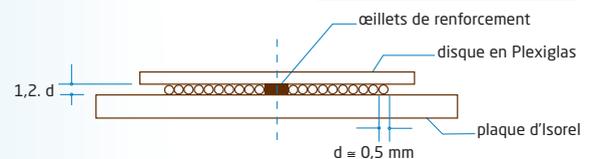
**2**

- Tracer les diagonales du carré pour en déterminer le centre et percer un trou au centre, de diamètre 2 mm
- Percer un second trou de même diamètre, à 5 mm en dessous du premier trou (passage pour le fil).
- Percer à nouveau le premier trou (au centre) pour l'agrandir au diamètre de 5 mm :



**3**

- Le fil électrique isolé utilisé sera d'un diamètre d'environ 0,5 mm. Pour réaliser un bobinage en spirale à une seule couche, une plaque de Plexiglas sera calée sur l'isorel en laissant juste l'épaisseur du fil :



La cale est réalisée par des œillets de renforcement pour classeur. La superposition de 9 œillets devrait laisser suffisamment de place au passage du fil mais pas trop pour éviter qu'il ne double l'épaisseur de la spirale!  
Couper les œillets pour laisser passer le fil et placer l'ouverture devant le second trou :

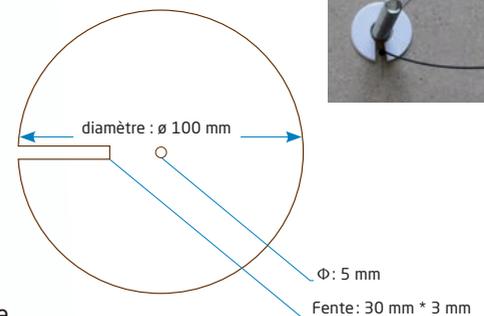


- Enfiler une patte de soudure sur une vis 5\*100 et introduire la vis dans le trou de diamètre 5 mm. Faites passer le fil par le second trou plus petit et le souder à la patte :



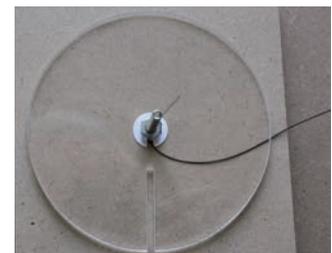
De l'autre côté de l'Isorel, on a donc :

- Découper un disque de diamètre 100 mm en Plexiglas d'épaisseur 3 mm avec une fente de longueur 30 mm et de largeur 3 mm : Percer au centre du disque de Plexiglas un trou initial de diamètre 2 mm, puis agrandir au diamètre 5 mm. Afin d'éviter de couper l'isolant du fil, frotter au papier de verre les arêtes du Plexiglas.



**4**

Passer un chiffon pour nettoyer les surfaces de l'Isorel et du Plexiglas de toute particule de poussière. Mettre en place le disque sur la vis. Enfiler une rondelle puis l'écrou sur la vis afin d'immobiliser le disque de Plexiglas. Tourner le disque pour aligner la fente avec la sortie du fil. Vous êtes maintenant prêt à compter avec précision le nombre de spires à chaque passage devant la fente du disque.



**5**

Pour l'antenne émettrice, il faut tourner dans le sens horaire. C'est l'inverse (sens anti-horaire) pour l'antenne réceptrice. Il faut bobiner 70 spires afin de constituer le secondaire du transformateur. Pour y parvenir, commencer avec 4 spires et voir s'il faut modifier la distance entre le disque en Plexiglas et la plaque support. Poursuivre ensuite en s'aidant d'une bobine de fil montée sur un axe afin d'éviter une torsion du fil :



De plus, pour éviter la superposition de spires, il est possible de visser un bouchon de tuyau en PVC (ou ABS) de 50 mm de diamètre pour maintenir le disque en Plexiglas parallèle à l'Isorel. Il suffit pour cela de percer un trou de 6 mm au centre et de l'enfiler sur la vis avec une rondelle et un écrou pour l'immobiliser.





Vérifier fréquemment l'absence de superposition du fil.  
 Au bout des 70 spires, faire une boucle de 50 mm de long  
 (100 mm de fil aller et retour) qui sort de la fente:

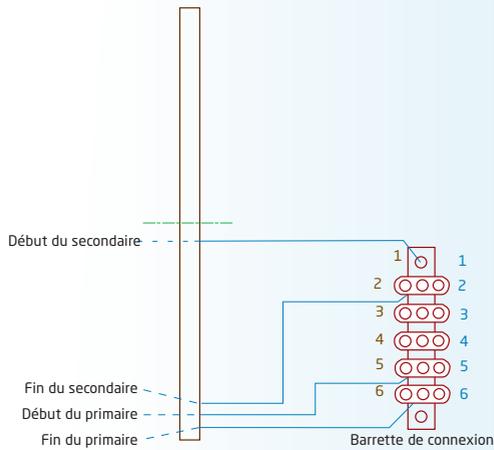
Continuer à bobiner sur 5 tours dans le même sens  
 pour former le primaire du transformateur.  
 Scotcher l'extrémité du fil sur le Plexiglas  
 pour éviter de débobiner le transformateur.



Boucle

## 6

Installer une barrette de connexion sur la vis centrale  
 après avoir agrandi un trou de diamètre 5 mm:



Plan de connexion.

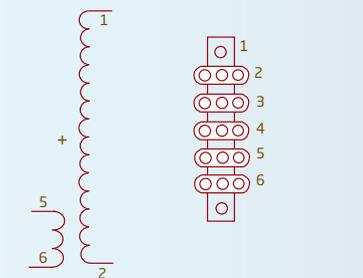
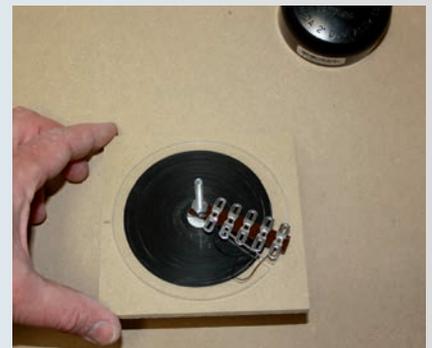


Schéma électrique correspondant.



Allure des connexions.

## 7

Il suffit ensuite de coller 4 pieds adhésifs pour  
 protéger le fil soudé à la patte de fixation:



## 8

Il ne reste plus qu'à fixer un ballon recouvert d'aluminium au  
 sommet de la tige filetée montée sur l'axe du transformateur:



Le papier aluminium est  
 maintenu en contact électrique à  
 l'aide d'une large rondelle serrée  
 par un écrou:



Allure de la réalisation finale.

