

Le PRINCIPE E-H

Mythe ou réalité ?

Robert BERRANGER, F5NB

Je vais relater un dialogue imaginaire entre un ardent défenseur du principe E-H (appelons le "OM-EH") et moi-même. Les paroles que j'attribuerai à mon interlocuteur seront toutes tirées, soit de son site Internet, soit de celui du théoricien du principe E-H.

OM-EH : En utilisant Internet pour rechercher des informations sur des antennes de petite taille, je suis tombé sur l'antenne E-H qui fonctionne selon un principe vraiment nouveau.

F5NB : Cela me semble étonnant que quelqu'un découvre encore quelque chose sur l'électromagnétisme, un phénomène qui n'aurait jamais été constaté, ni théoriquement, ni expérimentalement. Mais admettons, et voyons ce nouveau principe.

OM-EH : Le fonctionnement de cette antenne repose sur le théorème de Poynting...

F5NB : Stop ! La tournure de cette phrase me remplit d'appréhension. Voulez-vous dire qu'on a développé une nouvelle théorie scientifique, où tout au moins, enrichi la théorie existante sur l'électromagnétisme avec un nouveau concept ?

OM-EH : Exactement, le concept E-H ou théorie des champs croisés, est bien une hypothèse nouvelle. Jusqu'à présent, aucune antenne n'avait été construite sur ce principe.

F5NB : For bien, je suppose que vous considérez cette hypothèse comme une théorie scientifique.

OM-EH : Indiscutablement, c'est une avancée scientifique dans le domaine de l'électromagnétisme.

F5NB : Avant d'aller plus loin, je rappelle les conditions à remplir pour qu'une hypothèse se transforme en théorie scientifique ⁽¹⁾.

- critère 1 : La cohérence interne. Une théorie doit être consistante, c'est-à-dire absente de contradictions internes.
- critère 2 : Il doit y avoir correspondance entre les propositions théoriques et les faits et les lois expérimentales.
- critère 3 : Elle doit fournir un bon système de prédiction. Une théorie ne doit pas seulement avoir un rôle rétrospectif de coordination et de synthèse des lois et des faits expérimentaux connus. Elle doit fournir aux chercheurs un instrument de travail leur permettant de trouver les réponses aux questions qu'ils se posent.
- critère 4 : La théorie doit obéir à l'exigence de simplicité, ce que les mathématiciens appellent son élégance.
- critère 5 : En dernière analyse, il n'y a qu'une seule manière de s'assurer de la validité scientifique d'une théorie, c'est de chercher l'expérience qui pourrait en révéler la fausseté. La théorie scientifique a le souci de sa falsification.

Ce qui fait la supériorité de la science, c'est son caractère non dogmatique. Comme le disait Claude Bernard, le savant ne doute pas de la science, mais il ne cesse de douter des réponses qu'il apporte à ses questions. La science est devenue puissante lorsqu'elle est devenue modeste.

L'hypothèse de Maxwell, qui répondait aux quatre premiers critères est devenue une théorie scientifique lorsqu'elle a été **démontrée** par Hertz (critère 5) vingt ans plus tard. J'ai souligné "démontrée" car cette démonstration doit être **scientifique**, c'est-à-dire **indiscutable** et **reproductible**.

OM-EH : Je suppose que c'est le cas, car j'ai construit plusieurs antennes E-H, et ça marche.

F5NB : Pour moi, je dirais que le principe E-H est avéré si les critères ci-dessus sont totalement remplis. Sinon, nous ne sommes plus dans le domaine de la science, mais dans celui du scientisme, où une pseudo science ⁽²⁾ est utilisée pour justifier un phénomène qui dépasse l'expérimentateur. Ceci dit, voyons ce principe.

OM-EH : Comme je le disais, le fonctionnement de cette antenne repose sur le théorème de Poynting : $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$, avec \mathbf{S} = puissance rayonnée, \mathbf{E} = champ électrique rayonné, et \mathbf{H} = champ magnétique rayonné. Ces deux champs sont produits par la tension et le courant en sortie d'émetteur. Voir la figure 1.

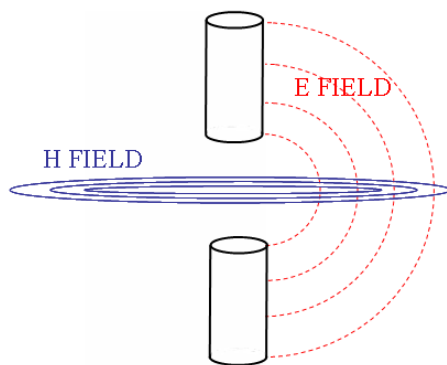


Figure 1.

F5NB : Vous utilisez le théorème de Poynting comme s'il s'agissait d'une multiplication de scalaires. Or les champs sont mesurés par des vecteurs, et le théorème de Poynting repose sur un produit vectoriel. Il se formule de la façon suivante :

$$\vec{\mathbf{R}} = \vec{\mathbf{E}} \wedge \vec{\mathbf{H}}$$

Cette formule est valable pour des champs en phase. Quand leurs vecteurs ont des directions perpendiculaires, alors le module du vecteur de Poynting est égal à la multiplication des modules des vecteurs E et H. Le module du vecteur de Poynting donne, à une constante près, la valeur du flux électromagnétique par unité de surface. C'est ce qui est exprimé par votre formule $\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$. Cette simplification n'est valable que pour une onde électromagnétique plane, telle qu'on la rencontre loin de l'antenne (à plusieurs longueurs d'ondes). Près de l'antenne, les champs E et H ne sont, ni en phase, ni avec des vecteurs perpendiculaires. On calcule alors un vecteur de Poynting complexe qui est égal à :

$$\vec{\mathbf{R}} = \frac{1}{2} [\vec{\mathbf{E}}^* \wedge \vec{\mathbf{H}}]$$

Ce vecteur comporte donc une partie réelle et une partie imaginaire (par analogie avec les circuits R L C, on dit que la partie réelle correspond à l'énergie active et la partie imaginaire à

l'énergie réactive). Le vecteur \mathbf{E}^* est le vecteur conjugué de \mathbf{E} (c'est-à-dire que si $(+\varphi)$ est la phase de \mathbf{E} par rapport à \mathbf{H} , alors \mathbf{E}^* est déphasé de $(-\varphi)$ par rapport à \mathbf{H}). Si les vecteurs \mathbf{E} et \mathbf{H} sont en phase, la formule se ramène à celle que nous avons vue plus haut. Si les vecteurs \mathbf{E} et \mathbf{H} sont déphasés de 90° , le vecteur de Poynting n'a pas de partie réelle et correspond donc à de l'énergie purement réactive. Si les vecteurs sont déphasés d'un angle compris entre 0 et 90° , le vecteur de Poynting aura alors une partie réelle et une partie imaginaire. La première correspondra à de l'énergie active, la seconde, à de l'énergie réactive (*cf.* ci-dessus). On voit alors que l'énergie active correspondant au champ électromagnétique propagé, l'est déjà au départ de l'antenne. Ceci est en contradiction avec ce que dit le théoricien du principe E-H qui affirme que le champ électromagnétique propagé se forme à une certaine distance de l'antenne ⁽³⁾.

Le vecteur de Poynting complexe est utilisé pour calculer l'impédance complexe des antennes (en intégrant le vecteur de Poynting, ce qui donne le flux énergétique, qu'on relie ensuite par la loi d'Ohm à l'intensité aux bornes de l'antenne).

Vous dites que les champs \mathbf{E} et \mathbf{H} du vecteur de Poynting (au niveau du récepteur) sont produits par le courant et la tension à la sortie de l'émetteur. Nous allons voir que c'est une grossière erreur. Le rapport entre le courant et la tension d'alimentation (composantes en phase) dépend de la résistance de rayonnement qui peut être comprise entre quelques fractions d'ohms et quelques milliers d'ohms, et le rapport entre \mathbf{E} et \mathbf{H} est toujours de 377 (dans l'air). Nous voyons ainsi qu'il est impossible de lier à la fois le champ \mathbf{H} au courant et le champ \mathbf{E} à la tension car pour un même champ électromagnétique rayonné, nous pouvons avoir une infinité de rapports courant/tension. En fait, la figure 1 ne montre pas l'existence d'un autre champ \mathbf{E} qui est à l'origine du champ \mathbf{E} rayonné. Ce champ \mathbf{E} est produit par la variation du champ \mathbf{H} (loi de Faraday). La self induction est une conséquence de cette loi. Comme le champ \mathbf{H} , il est de révolution autour de chaque brin du dipôle et, comme le champ \mathbf{H} , il est proportionnel au courant dans le dipôle. Le rapport entre ce champ \mathbf{E} et le champ \mathbf{H} dont il dérive, est une constante qui dépend du milieu entourant le dipôle. Ceci se comprend aisément, puisque les deux champs ont pour même origine le courant d'alimentation. La tension aux bornes de l'antenne ne joue aucun rôle dans la propagation ⁽⁴⁾.

OM-EH : Mais le vecteur de Poynting laisse penser qu'il suffit qu'un champ \mathbf{E} et qu'un champ \mathbf{H} soient dans les bons rapports de phase et de direction pour obtenir un flux électromagnétique propagé.

F5NB : Le vecteur de Poynting nous donne la valeur de la puissance rayonnée, il ne nous dit pas comment l'obtenir. Il ne faut pas se tromper sur la nature du champ électromagnétique. Je vais essayer d'expliquer les choses simplement.

En électrostatique le champ électrique existe séparément ($\mathbf{E} = -dV/dl$, soit le champ \mathbf{E} de la fig. 1).

En magnétostatique (aimant) et en magnétoélectrique (courant continu dans un conducteur), il existe aussi un champ magnétique séparé.

Le champ électromagnétique n'est pas la réunion d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Un champ électromagnétique, c'est un champ électromagnétique. Il a à la fois les propriétés d'un champ électrique et celles d'un champ magnétique. C'est grâce à ces propriétés que **mathématiquement** ⁽⁵⁾ on peut distinguer les champs. Mais dans un champ électromagnétique, on ne peut pas agir séparément sur les champs électriques et magnétiques qui sont des composantes indissociables d'un phénomène unique ⁽⁶⁾.

Si l'on admettait votre hypothèse, vous allez voir que cela ne marcherait pas quand même. Revenons à la figure 1. Celle-ci est sensée nous montrer les champs \mathbf{E} et \mathbf{H} à proximité du dipôle. Or ces champs là ne nous intéressent pas. Ceux qui nous intéressent sont ceux qui

arrivent à l'antenne du récepteur qui est situé loin de l'antenne d'émission. Pour les connaître, on calcule le flux du vecteur de Poynting qui traverse la surface d'une sphère passant par le récepteur et ayant pour centre l'émetteur. Examinons le comportement des champs E et H en fonction de la distance entre l'émetteur et le récepteur. Dans un premier temps, nous supposons que l'antenne émission est une antenne E-H, très petite devant la longueur d'onde ($1/100^{\text{ème}}$). Nous considérerons que dans le volume très proche de l'antenne, les potentiels et les champs sont instantanés, c'est-à-dire que nous négligerons les temps de propagation entre différentes parties de l'antenne car ils sont très petits devant la période du signal HF. Maintenant, calculons les champs. On trouve que le champ E a une composante qui diminue en fonction du cube de la distance et une autre composante qui diminue en fonction du carré de la distance. Pour le champ H, nous trouvons qu'il diminue en fonction du carré de la distance. Autrement dit, la partie du champ électromagnétique réactif que nous aurions transformé en champ actif en intervenant sur la tension et le courant, verrait sa puissance décroître en fonction de la puissance cinq de la distance. Si nous calculons le flux total du vecteur de Poynting à la surface d'une sphère, nous trouvons que la puissance totale rayonnée à une certaine distance diminue comme le cube de cette distance. Autrement dit, très rapidement, le champ devient négligeable. On arrive rapidement à ne plus trouver un seul photon qui provienne de notre émetteur. Donc, si l'on ne crée pas de champ lointain, cela veut dire que l'énergie "active" consommée par l'antenne ne peut être que dissipée par effet Joule. Je rappelle que la mesure de l'impédance de l'antenne ne permet pas de faire la différence entre l'énergie rayonnée et l'énergie dissipée par effet Joule.

OM-EH : Mais alors, comment se produit le rayonnement ?

F5NB : Il faut faire intervenir la relativité, donc le temps. Une manière de le faire constitue la théorie des potentiels retardés. Elle a été initiée par le mathématicien Lorenz, un contemporain de Maxwell. Elle se résume simplement :

- On ne tient compte que du courant circulant dans un conducteur pour calculer le champ électromagnétique produit.
- Quand on calcule les champs, on introduit un retard entre l'action et la réaction mutuelle entre deux points du circuit, retard fonction de leur éloignement. On considère que les potentiels se propagent à une vitesse finie (au maximum celle de la lumière). Donc pour deux points éloignés il faut introduire un retard correspondant au temps mis par le potentiel pour se propager ⁽⁷⁾.
- Alors, on s'aperçoit que le système se met à rayonner au loin avec un rendement (la résistance de rayonnement) qui augmente comme le carré de la longueur du circuit (l'antenne). En conséquence, pour rayonner la même puissance avec un brin rayonnant réduit de deux fois, la résistance de rayonnement étant divisée par quatre, il faut y faire circuler deux fois plus de courant (application de la loi $P=R \times I^2$).
- Il faut noter que sans l'introduction du retard des potentiels, on trouve que le système ne rayonne pas (le champ électromagnétique est totalement réactif).
- Il faut noter également qu'alors, les tensions présentes dans le système ne jouent aucun rôle direct dans la génération d'une onde électromagnétique propagée, elles ne servent qu'à faire circuler des courants. Eux seuls sont "actifs".

Jusqu'à présent, cette manière de procéder n'a jamais été mise en défaut expérimentalement, et théoriquement elle est compatible avec les équations de Maxwell ⁽⁸⁾.

Quand on calcule les champs en introduisant le retard des potentiels, on trouve que le champ H a une composante qui s'atténue proportionnellement avec la distance. On trouve également que le champ E qui est lié au champ H par la loi de Faraday a une composante qui s'atténue également proportionnellement avec la distance. Or les vecteurs de ces deux champs sont en

phase (ce qui se conçoit puisque tous les deux sont liés au courant) et leurs directions sont en quadrature sur un plan perpendiculaire à la direction d'observation. Cette partie du champ électromagnétique total aura toutes les caractéristiques d'une onde plane quand on l'observera loin de l'antenne. Par ailleurs, comme les champs diminuent proportionnellement avec la distance, le flux par unité de surface (calculé avec le vecteur de Poynting) diminue comme le carré de la distance. Lorsque l'on intègre le flux total du vecteur de Poynting sur la surface d'une sphère passant par le point d'observation (le récepteur), nous trouvons que ce flux total est **constant** et indépendant de la distance. L'énergie transportée par ce flux est donc perdue par l'antenne et correspond à la puissance rayonnée. Si l'on fait le rapport de cette puissance avec le courant qui en est à l'origine, nous trouvons un résultat qui a la dimension d'une résistance. C'est la résistance de rayonnement **R_r** ($P = R_r \times I^2$). On peut déterminer la résistance de rayonnement de deux manières : soit en calculant le flux total du vecteur de Poynting, comme ci-dessus, soit en étudiant la réaction de l'antenne sur elle-même. Nous trouvons alors que l'impédance n'est plus exclusivement réactive (la tension n'est plus déphasée de 90° avec le courant). La partie "réelle" de cette impédance correspond à la résistance de rayonnement. Notez qu'en pratique, si l'on mesure l'impédance, on trouve une partie résistive qui est la somme de la résistance de rayonnement et d'une résistance de pertes par effet Joule. Pour les séparer, il faut faire deux mesures, l'une en empêchant l'antenne de rayonner (mise dans une enceinte blindée) alors $R = R_p$ et l'autre en la laissant rayonner, alors $R' = R_p + R_r$. Le rapport entre R et R' donne le rendement **électrique** de l'antenne.

OM-EH : Justement, avec des antennes très courtes conventionnelles, la résistance de rayonnement est très faible, et comme l'antenne a besoin d'être allongée par une bobine, la résistance de pertes de celle-ci est beaucoup plus grande que la résistance de rayonnement, d'où un très mauvais rendement électrique ⁽⁹⁾. Le principe E-H permet d'augmenter la résistance de rayonnement vers la centaine d'ohms, et ce, quelle que soit la longueur de l'antenne. Ainsi, la résistance de perte des bobines d'adaptation est beaucoup plus faible que la résistance de rayonnement, d'où une notable augmentation du rendement électrique, qui passe de quelques % à quelques dizaines de % ⁽¹⁰⁾.

F5NB : Bon raisonnement, mais pour passer du désir à la réalité, il faudrait que le principe E-H puisse être possible, au moins en théorie. Si l'on ne veut pas remettre en question le retard des potentiels, il faudra trouver une autre manière de rayonner de l'énergie à distance, que personne n'avait vue jusque là. Les équations de Maxwell laissent entendre qu'un champ H peut être produit par la variation dans le temps d'une induction électrique. On objectera que si ce champ a une valeur non négligeable aux fréquences radio, on aurait dû le remarquer depuis longtemps, car les mesures de champ ne seraient pas conformes à la théorie des potentiels retardés (on aurait trop de champ). Alors *exit* l'espoir d'obtenir directement un champ électromagnétique à partir du champ électrique réactif ⁽¹¹⁾ (le champ E de la figure 1). Je comprends que ce simple raisonnement ne puisse vous convaincre. Le mécanisme du rayonnement étant très complexe, il n'est pas facile à expliquer sans recourir à des mathématiques savantes. Je vais donc supposer que le principe EH puisse être possible théoriquement et nous allons examiner la solution proposée par le théoricien de ce principe pour le mettre en œuvre. Soit le schéma (A) de la figure 2.

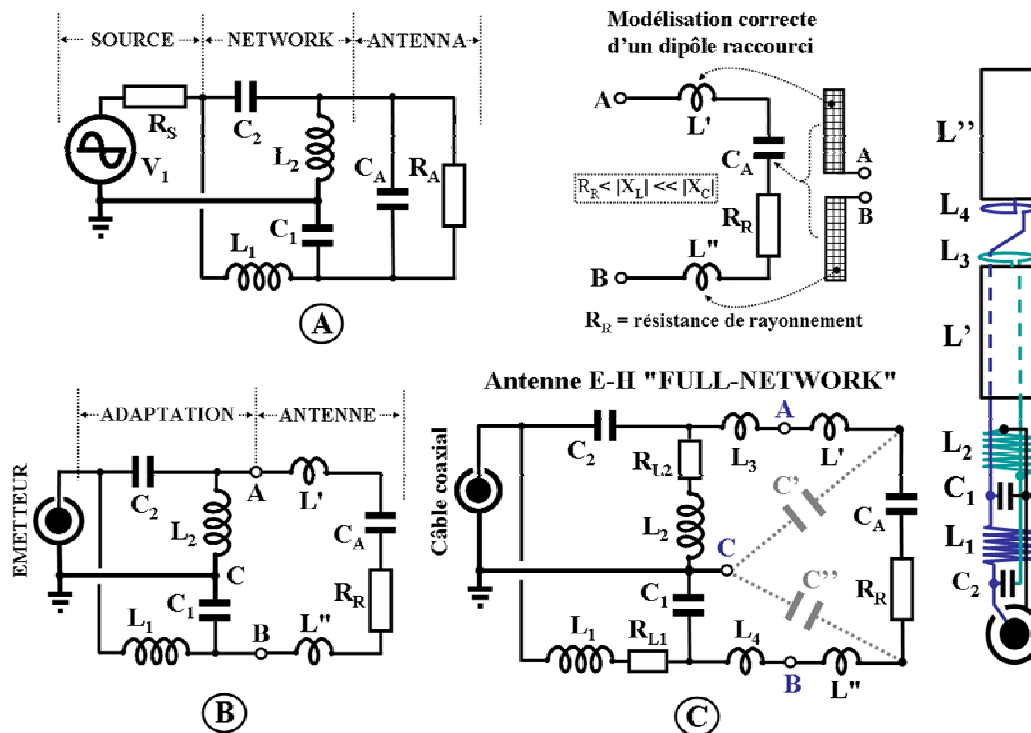


Figure 2.

OM-EH : On y distingue bien le réseau de mise en phase E-H (Network) et le dispositif rayonnant (Antenna), formé de deux cylindres. La bobine en série avec l'un des brins retardera la phase du courant, relativement à la tension appliquée. La phase de la tension (champ E) et la phase du courant (champ H) se produisent ainsi simultanément, d'où le nom d'antenne EH (*sic*).

F5NB : C'est à mon tour d'être désolé, mais pour moi, c'est comme si vous me parliez martien. Je vais donc me référer à (votre) figure 2A. Voyons d'abord la modélisation du dipôle. On y voit une capacité avec une résistance (de rayonnement ?) en parallèle. Cela fait penser à un condensateur avec des pertes dans le diélectrique. Or, un condensateur ne rayonne pas, et l'antenne EH rayonne, même si ce n'est pas beaucoup. Ce sont donc les cylindres qui rayonnent. Physiquement ils se comportent comme des selfs avec des pertes par rayonnement (matérialisées par la résistance de rayonnement). J'ai donc refait le schéma du dipôle et je l'ai intégré au reste dans la figure 2B. Pour justifier mon schéma, il suffit de regarder le comportement d'un dipôle en fonction de la fréquence. Nous avons ici une ligne ouverte d'une longueur inférieure au quart d'onde, et son comportement est celui d'un circuit série. Cette modélisation d'un dipôle raccourci a été employée et a démontré sa validité depuis plus de cent ans. Notez que pour simplifier, je néglige les pertes par effet Joule dans les cylindres. Voyons maintenant le réseau de déphasage sensé mettre en phase tension et courant dans le dipôle. Je suis encore désolé, mais en affirmant ceci, vous contredisez la notion d'impédance. On ne peut pas avoir une action séparée sur la tension et le courant dans un dipôle. Un dipôle comme celui de l'antenne EH est un système passif. Il a une impédance fixée par sa géométrie et elle ne change pas en fonction de la source. Si l'on a une source de tension, c'est le système qui détermine le courant qui le traverse, en amplitude et en phase, et si l'on a une source de courant, c'est le système qui détermine la tension à ses bornes, en amplitude et en phase. Si l'on dit que l'on injecte séparément un courant et une tension, c'est qu'en réalité, on a deux systèmes (deux dipôles), et donc deux tensions et deux courants. Dans un dipôle, on impose la tension et dans l'autre, on impose le courant.

Qui dit deux dipôles, dit au moins trois connexions (dont l'une est commune aux deux). Effectivement, on peut trouver un point commun avec la tresse du coaxial d'alimentation, le point C. On peut alors relier les dipôles sur ce point C avec deux capacités, et l'on obtient la figure 2C. Noter que ces capacités sont faibles, comparées à la capacité entre les deux dipôles, ce qui ne permet pas d'espérer un écart de phase important entre les deux dipôles. Mais même si cela était, votre principe ne fonctionnerait pas à cause du théorème de superposition. En vertu de ce théorème, si l'on a deux systèmes, chacun produira un champ électromagnétique avec un champ E et un champ H. Dans la zone réactive, ces champs entraîneront un couplage mutuel entre les deux systèmes, ce qui changera leurs rapports entre les f.e.m. et les courants (introduction de la notion d'impédance mutuelle). Mais l'addition des deux champs sera une addition vectorielle pour les deux champs E et une autre pour les deux champs H, séparément les uns des autres. Dans le champ électromagnétique, les vecteurs des champs E et H ne sont pas additionnés car indissociables. Or avec nos deux systèmes, on fait une **superposition**, c'est-à-dire, une addition. S'il n'en était pas ainsi, les systèmes antennaires multiples ne fonctionneraient pas selon les calculs, en particuliers les dernières antennes radars air-air à formation de faisceau.

En réalité (et le simulateur le montre), nous sommes en présence d'un système antenne composé d'un dipôle dissymétrique. La tension aux bornes du dipôle est fortement asymétrique par rapport à la tresse du coaxial, du fait du système d'alimentation, lui-même très dissymétrique. La résistance de rayonnement ne peut pas être supérieure à celle d'un doublet conventionnel de même longueur, et les pertes dans les bobines du système d'adaptation (appelé "déphaseur"), seront aussi élevées.

OM-EH : Et pourtant, les antennes EH rayonnent. Des tas de gens les ont essayées.

F5NB : Alors là, on entre dans l'irrationnel. Est-ce vraiment l'antenne EH qui rayonne ? Il suffirait d'appliquer le cinquième critère de la théorie scientifique : traquer la falsification (l'erreur de mesure) pour en être sûr.

Après tout, tout le monde a le droit de faire des hypothèses, même controversées. On aime dire : "Lui seul ne savait pas que c'était impossible, alors il l'a fait". Mais cette sentence ne s'applique pas à la science. Pour qu'une hypothèse n'aille pas rejoindre le cimetière des chimères, il faut qu'elle ait été démontrée scientifiquement. Quand ce n'est pas possible et si l'hypothèse répond aux autres critères de la théorie scientifique, alors les expérimentateurs n'auront de cesse de démontrer ou d'infirmer l'hypothèse.

Dans le cas qui nous préoccupe, l'électromagnétisme, nous avons plusieurs moyens pour effectuer des mesures. Donc, pas de problème pour tester l'hypothèse du principe E-H. La démarche normale consisterait pour l'auteur de l'hypothèse à fabriquer des antennes selon son principe, puis de les faire mesurer par un organisme spécialisé, et en sa présence pour éviter toute contestation ⁽¹²⁾. J'ai dit "organisme spécialisé" (comme le L.C.I.E. en France) car lui seul possède des moyens de mesures qui sont trop onéreux pour une entreprise non spécialisée.

Si l'auteur de l'hypothèse refuse cette démarche et affirme avoir fait ses mesures lui-même, il ne reste plus aux sceptiques qu'à organiser des mesures sur des produits vendus par l'auteur. Le problème, c'est que personne n'a envie de dépenser une somme importante en utilisant les services d'un organisme comme le L.C.I.E. pour démontrer quelque chose qui lui semble évident ⁽¹³⁾. Mais certains ont imaginé des protocoles de mesure en espace libre ne prêtant pas à contestation, comme N1GX ⁽¹⁴⁾. Les résultats sont sans appel car ils sont conformes à la théorie des potentiels retardés. Pour un encombrement identique, une antenne EH est plutôt moins performante qu'un simple dipôle de même envergure, ce qui s'explique par sa complexité (plus de longueurs de fils, donc plus de pertes) et des brins rayonnants plus courts.

OM-EH : J'insiste : certains utilisateurs radioamateurs obtiennent de bons résultats.

F5NB : C'est parce que le rayonnement n'est pas produit par l'antenne E-H, mais par la gaine du câble coaxial. Ceci s'explique par la forte dissymétrie potentielle entre les deux moitiés du dipôle et le coaxial, ce qui provoque la circulation d'un "courant de gaine". Comme ceci ne serait pas évident pour un radioamateur qui ne se préoccuperait que de voir son S-mètre dévier, sans chercher à savoir pourquoi, N1GX a également fait la démonstration de ce phénomène ⁽¹⁵⁾.

Ma conclusion : Si, à la place d'une antenne raccourcie traditionnelle symétrique, connectée à une longueur de coaxial qui va bien, on branche une antenne E-H, on améliore significativement le rayonnement du câble coaxial ⁽¹⁶⁾.

Alors, le principe EH ? Croyance, ou théorie scientifique ? Escroquerie, ou bonne foi ? Mythe ou réalité ? Au lecteur de juger...

Bibliographie

Voir les références dans mon article "Pourquoi les antennes E-H fonctionnent comme n'importe quelles autres antennes" publié dans Radio-REF de février 2006. Il est également consultable sur le site du radio club "<http://www.f6krk.org>" sous le titre "Vérité sur les antennes E-H" (articles F5NB).

Notes.

- (1) Selon Simone Manon (prof de philosophie) dans son blog : "A quoi reconnaît-on qu'une théorie est scientifique ?". Certains diront que le principe E-H n'est pas une nouvelle théorie, mais une application méconnue de la théorie existante. C'est faux, car si le principe E-H existe réellement, nous verrons qu'il est en contradiction avec la théorie existante.
- (2) Les américains parlent de "junk science" (science de pacotille).
- (3) Ceci voudrait dire que l'énergie active serait le résultat de la transformation de l'énergie réactive à une certaine distance de l'antenne. Ceci est absolument contraire à ce que l'on connaît de l'électromagnétisme. En effet, si les champs E et H sont séparés relativement à l'énergie réactive, nous verrons qu'ils sont indissociables dans le champ électromagnétique rayonné.
- (4) Le vecteur de ce champ E est parallèle aux brins du dipôle, alors que le vecteur du champ E de la figure 1 (champ électrostatique) est perpendiculaire aux brins du dipôle. A grande distance, en considérant une onde plane, le vecteur du champ électrostatique, étant dirigé dans le sens de propagation, n'effectue aucun travail (il n'est pas pris en compte dans le calcul du vecteur de Poynting).
- (5) Henri Poincaré, qui était un grand mathématicien, a écrit ceci (je cite de mémoire) : "Les mathématiques sont la seule science où l'on ne sait pas vraiment de quoi l'on parle, ni si ce que l'on dit est vrai".
- (6) L'univers des champs électromagnétiques est un univers espace-temps à quatre dimensions (x,y,z,t). Pour décrire mathématiquement le rayonnement électromagnétique, on utilise un objet mathématique spécial, appelé "tenseur", ici, d'ordre 4. Ce tenseur a quatre vecteurs projetés (sur les quatre axes, c'est pourquoi il est aussi appelé "quadrivecteur"). Les vecteurs E et H ne sont que deux des vecteurs

projetés. On ne peut les utiliser seuls que si les deux autres vecteurs sont nuls ou inopérants. Par exemple, on ne peut utiliser le calcul simplifié du vecteur de Poynting que si le vecteur temps est nul (champs en phase) et que le vecteur z (sens de propagation) soit également nul, ou qu'il soit inopérant (dans notre cas, qu'il n'effectue aucun travail).

- (7) Il s'agit en l'occurrence du potentiel vecteur de l'induction magnétique.
- (8) Mathématiquement, on montre qu'elle constitue une solution aux équations de Maxwell.
- (9) Pour des systèmes antennaires très courts (brins rayonnants plus bobine d'accord), les pertes totales par effet joule augmentent comme le cube du raccourcissement.
- (10) Je n'ai pas osé citer la valeur de 99% qui est donnée par le théoricien du principe EH, car elle n'est vraiment pas réaliste.
- (11) Maxwell nous dit que $\text{rot } \mathbf{H} = \mathbf{j} + \mathbf{j}'$ soit $\text{rot } \mathbf{H} = \gamma \mathbf{E} + \delta \mathbf{D} / \delta t$ soit encore $\text{rot } \mathbf{H} = \gamma \mathbf{E}_1 + \epsilon \epsilon_0 \omega \mathbf{E}_2$. Pour un fil de cuivre, $\gamma = 6 \times 10^7$. Pour l'air, $\epsilon = 1$. $\epsilon_0 = 10^{-9} / 36\pi$. Nous prendrons E_1 comme champ unité (champ entre les extrémités du fil de cuivre) et une valeur de 1000 pour E_2 (champ entre les deux moitiés du dipôle). Le rapport des champs E correspond à un dipôle d'une longueur équivalente à celle d'une antenne EH. Nous prendrons une fréquence de 10 MHz. En faisant le calcul, nous trouvons une contribution du courant de conduction \mathbf{j} (dans les fils) **dix millions** de fois plus importante que celle du courant de déplacement \mathbf{j}' (entre les fils). Donc, on a raison de négliger ce dernier. On ne prend en compte le courant de déplacement que pour étudier le champ électromagnétique dans des milieux semi conducteurs, comme le sol ou la mer par exemple. On n'a encore jamais réussi à faire rayonner un condensateur. Quand un condensateur semble rayonner, le rayonnement est provoqué par la circulation de courants dans les armatures, et ce rayonnement est lié au retard des potentiels, donc aux dimensions des armatures. Je demande pardon aux physiciens pour la manière dont j'ai maltraité le courant de déplacement de Maxwell, mais c'est de cette façon que certains veulent démontrer le rayonnement d'un condensateur.
- (12) Cela ne devrait pas poser de problème, puisque "l'inventeur" commercialise son invention. Cet aspect mercantile lié à la théorie oblige son auteur à en faire effectuer la démonstration par des tiers, afin de lever tout soupçon.
- (13) Par contre, l'auteur de l'hypothèse aurait tout intérêt à faire la dépense s'il est certain de son affaire, car alors, la confirmation de sa théorie lui apporterait une notoriété dans le monde de la physique au moins aussi grande que celle de Maxwell.
- (14) Il n'y a qu'un amateur pour pouvoir perdre du temps à démontrer la non réalité d'une théorie absurde. Pour un professionnel, la théorie E-H n'existe pas, et il passe à autre chose. Personnellement, si j'en parle, c'est que je suis à la retraite et que je peux consacrer une partie de mon temps à écrire bénévolement des articles pédagogiques.
- (15) La démonstration est aussi faite indirectement par le constructeur de l'antenne E-H qui préconise une longueur optimale pour le coaxial d'alimentation. Si le coaxial ne rayonnait pas, la longueur optimale serait **zéro** (pertes nulles).
- (16) Le rayonnement du câble coaxial a un avantage, c'est que l'on peut construire des antennes E-H de multiples façons, elles semblent toujours marcher (ça marcherait même si l'on remplaçait les cylindres par un vrai condensateur).