Avant-propos

Toute charge électrique mise en mouvement produit un rayonnement électromagnétique qui se propage dans l'espace. Cette propriété est à la base des productions de rayonnement radioélectrique ou photonique utilisée notamment dans les systèmes de radio, de télévision, de communication ou autres. Tout système alimenté en électricité, ou un quelconque élément pourvu de charges électriques, émet un rayonnement électromagnétique et engendre un champ électrique et/ou magnétique dans son voisinage proche, voire éloigné, que l'on peut appeler « champ électromagnétique ».

Avant Maxwell, on concevait la réalité physique en termes de points matériels. Après lui, on la représente par des champs continus. La notion de champ trouve son origine et son appellation dans l'idée de décrire un phénomène physique à partir d'un milieu sous-jacent qui expliquerait les propriétés physiques de l'espace (un champ de forces pour un champ de blé soumis au vent). Suite aux recherches de Maxwell, les champs acquirent une existence autonome et accédèrent au statut d'êtres physiques à part entière désignant non plus « le lieu où » mais « la chose qui ». Ce mouvement fut largement conforté par la mise au point du formalisme mathématique des champs en termes d'équations aux dérivées partielles. C'est là, en ce qui concerne l'électricité et le magnétisme, le contenu de la théorie de Maxwell qu'il publia en 1861.

Maxwell est un des plus grands scientifiques qui ont changé notre vision du monde. Il a porté une contribution décisive dans la vision unificatrice et synthétique de l'électricité et du magnétisme. Il a montré que deux domaines, celui des charges électriques et de leurs interactions et celui des courants et du magnétisme, n'étaient que deux facettes d'une même problématique. Synthétisée par quatre équations mêlant dans un même formalisme leurs grandeurs caractéristiques respectives. Il a énoncé ces interactions dans un langage mathématiques limpide : les équations de Maxwell. À la

Ondes électromagnétiques 1,
coordonné par Pierre-Noël FAVENNEC. © ISTE Editions 2020.

vision d'un univers formé de particules a succédé un monde régi par des champs agissant à distance.

Le champ électromagnétique est l'ensemble des champs de vecteurs ($\vec{E}$, $\vec{B}$). Les propriétés du champ électromagnétique en un point de l'espace sont déterminées par les propriétés du champ électrique $\vec{E}$ et du champ magnétique $\vec{B}$ en un point. En physique, le terme champ se réfère à la situation où on est en présence d'une grandeur physique répartie dans une région donnée de l'espace. Cette grandeur a une valeur déterminée en chaque point de cet espace et à chaque instant. Avoir une zone de l'espace où il y a un champ électromagnétique, signifie qu'en chaque point de cet espace, nous avons deux grandeurs vectorielles $\vec{E}$ et $\vec{B}$.

Les ondes électromagnétiques sont produites par de la matière excitée. La désexcitation de la source excitée produit autour d'elle une variation périodique de champ électromagnétique qui se propage de proche en proche dans le vide à la vitesse de phase (ou vitesse de propagation) proche de 300 000 kilomètres par seconde. Selon leur domaine des fréquences d'émission, elles portent différents noms : les ondes hertziennes pour les plus basses fréquences, les ondes infrarouges, les ondes optiques visibles, puis ultraviolettes, puis pour les plus hautes fréquences les rayons X et gamma. L'onde électromagnétique se propage : un champ électrique variable génère un champ magnétique variable et inversement un champ magnétique variable génère un champ électrique variable. La propagation conjointe de ces variations dans une région constitue un phénomène ondulatoire continu, capable d'avancer (à travers le vide à 300 000 kilomètres par seconde), en transportant de l'énergie sans avoir besoin de soutien matériel.

Les ondes sont des vibrations qui se propagent d'un endroit à un autre dans l'espace, dans un milieu matériel ou dans le vide. Les vibrations électromagnétiques (ondes électromagnétiques) sont les ondes obéissant aux lois de l'électromagnétisme. Les vibrations mécaniques (pendule, acoustique, etc.) obéissent aux lois de la mécanique, mais souvent ces vibrations mécaniques sont en fait fondamentalement électromagnétiques, car dues aux interactions électromagnétiques des atomes et molécules des matériaux, et restent alors décrites par des lois « approximatives » assez bien décrites par des mouvements suivant les lois de la mécanique.

Caractériser ou mesurer un champ électromagnétique est effectué via des mesures de courant ou de tension. Le champ électromagnétique localisé en un endroit est l'ensemble des champs de vecteurs ($\vec{E}$, $\vec{B}$). Les capteurs ou antennes mesurent en un point donné les courants ou tensions résultant du champ issu des

différentes grandeurs vectorielles $\vec{E}$ et $\vec{B}$. Un traitement adéquat suivant pourra, si utile, sélectionner les différentes fréquences.

Dans notre vie quotidienne, le champ électromagnétique environnemental ne résulte pas d'une seule source. Il y a les champs d'origine naturelle (soleil, galaxie, géomagnétismeet ceux d'origine humaine (matériels ménagers, transport, télécommunications, fourniture d'énergie, etc.). Chaque point de la planète est soumis à un « bain » électromagnétique et plus ou moins intense selon sa localisation. Le dessin ci-après, imaginé par Michel Urien, montre que nous sommes tous « volontairement » baignés de ces ondes électromagnétiques. Essayons de comprendre notre environnement électromagnétique.

Figure 1. *Un bain d'ondes imaginé par Michel Urien*[1]

Cet ouvrage de référence, présenté en deux volumes indissociables, est indispensable à tout étudiant, ingénieur ou chercheur désirant comprendre l'électromagnétisme et toutes les technologies qui en découlent.

Le volume 1 est orienté vers les phénomènes de base expliquant l'électromagnétisme : les fameuses équations de Maxwell, base indispensable à connaître, puis les phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques. Il ne concerne, dans sa présentation, que les rayonnements non-ionisants qui sont les rayonnements issus d'ondes dont les énergies sont insuffisantes pour ioniser un atome, c'est-à-dire incapables d'arracher un électron à la matière. Sont donc exclus tous les rayonnements dont l'énergie est supérieure à 12,4 eV, soient ceux générés par des émetteurs à rayons X et à rayons gamma. Cet ouvrage est composé de deux chapitres.

1. Source : www.armorscience.com.

Dans le chapitre 1, Ibrahima Sakho présente, le plus clairement possible, les équations de Maxwell. Ces équations sont indispensables pour aborder d'une manière compréhensible l'électromagnétisme et tous ses domaines dérivés tels que radioélectricité, le photonique, la géolocalisation, la mesure, les télécommunications, l'imagerie médicale, la radioastronomie, etc.

Dans le chapitre 2, Hervé Sizun décrit les phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques, hertziennes et photoniques. De nombreux facteurs, souvent complexes, sont à prendre en compte pour bien appréhender ces problèmes de propagation en espace libre et parfois confiné.

Dans le volume 2, Jean-Pierre Blot, expert en antennes hertziennes de toutes configurations, oriente son analyse vers les antennes, éléments indispensables pour la détection des ondes électromagnétiques, leur caractérisation et leur utilisation des ondes. Ce volume se veut une description de ce que doit être une antenne efficace selon divers paramètres et conditions d'utilisation. Il n'aborde pas les problèmes de détection spécifique à la photonique. La photonique et ceux-ci seront vus lors d'une prochaine publication de la série « Ondes ».

Des annexes importantes et indispensables à connaître, présentant notamment des outils mathématiques, viennent compléter ces deux volumes.

Bibliographie

Cartini, R. (1993). *Panorama encyclopédique des sciences*. Belin, Paris.

Favennec, P.-N. (2008). *Mesures de l'exposition humaine aux champs radioélectriques – Environnement radioélectrique*. Techniques de l'Ingénieur, Saint-Denis.

Fornel (de), F., Favennec, P.-N. (dir.) (2007). Mesures en électromagnétisme. *Revue RS série I2M*, 7(1–4).

Serres, M., Farouki, N. (1997). *Dictionnaire des sciences*. Flammarion, Paris.