SUR LES GRANDEURS CHAMP ET INDUCTION.

La discussion soulevée à propos des unités de champ et d'induction magnétiques semble se prolonger sans que les opinions très divergentes émises se soient sensiblement rapprochées. Il est cependant indispensable que nous arrivions à une entente, dans l'intérêt commun de la science, de la technique et de l'enseignement.

La difficulté tient à ce que la question posée se rattache de très près aux problèmes fondamentaux de la constitution des systèmes d'unités et de la nature des grandeurs physiques. *Il n'est possible,* en effet, *de confondre et de désigner sous le même nom les unités de champ et d'induction que si les deux grandeurs peuvent être considérées comme étant de même nature.* Une unité est une grandeur particulière de la nature de celles qu'elle sert à mesurer et l'on ne peut, sans créer de confusion, donner le même nom à des unités de natures différentes.

Il faut tout d'abord donner un sens précis à la question de savoir si deux grandeurs sont ou non de même nature. Il ne suffit pas, pour qu'on puisse affirmer l'identité, que les dimensions soient les mêmes, c'est-à-dire que les mesures varient dans un même rapport quand on modifie les unités fondamentales ou les constantes arbitraires du système. *Il faut encore que ces mesures varient de la même manière quand on change le système de coordonnées d'espace ou, plus généralement, le système de référence employé.*

Deux grandeurs variables ne pourront évidemment être dites *de même nature* que si l'une d'elles peut devenir égale à l'autre, et cette égalité, traduite par l'égalité des mesures, doit subsister quel que soit le système de coordonnées ou de référence employé; l'égalité doit avoir une signification intrinsèque, indépendante du système de coordonnées.

La manière dont se comporte la mesure d'une grandeur ou de ses composantes quand on change le système de coordonnées est liée à la notion de symétrie des grandeurs physiques sur laquelle Pierre Curie a si justement insisté et conduit à la classification des grandeurs en scalaires, pseudo-scalaires, vecteurs polaires et axiaux, et tenseurs de divers ordres. En particulier, la distinction des vecteurs polaires et axiaux repose sur les manières opposées dont se comportent les mesures de leurs composantes quand on renverse le sens des axes coordonnés auxquels elles sont rapportées.

De même la différence de nature d'un travail et d'un moment de couple résulte immédiatement du fait que la mesure du premier ne change pas tandis que celle du second change de signe quand on renverse le sens positif choisi pour les rotations.

Quand on applique ce critérium aux grandeurs champ et induction, on constate le fait remarquable que les équations de Maxwell, dans lesquelles est contenu l'essentiel des lois de l'électromagnétisme, *conservent exactement leur forme simple habituelle pour un changement quelconque du système de coordonnées* ou, plus généralement, du système de référence au sens de la relativité généralisée, *aussi bien dans le vide que dans un milieu matériel quelconque, en repos ou en mouvement par rapport aux observateurs, à condition que les composantes du champ et de l'induction magnétiques subissent des transformations différentes.*

Prenons un des exemples les plus simples de changement de coordonnées *d'espace,* changement qui, ne portant pas sur la mesure du temps ne soulève aucune des difficultés qu'on croit encore pouvoir opposer à la théorie de relativité, celui qui consiste à passer d'un système de coordonnées rectangulaires (x, y, z) à un système oblique (ξ, η, ζ), les axes $O\xi$ et $O\zeta$ coïncidant avec Ox et Oz tandis que $O\eta$, perpendiculaire à $O\zeta$ fait avec $O\xi$ un angle θ quelconque. Les transformations des composantes (H_x, H_y, H_z) du champ magnétique et (B_x, B_y, B_z) de l'induction qui conservent leur forme aux équations de Maxwell sont les suivantes :

$$(1)\quad \begin{cases} H_\xi = H_x, & H_\eta = H_y \sin\theta + H_x \cos\theta, \quad H_\zeta = H_z, \\ B_\xi = B_x \sin\theta - B_y \cos\theta, & B_\eta = B_y, \quad B_\zeta = B_z \sin\theta. \end{cases}$$

La relation entre les composantes du champ et de l'induction *dans le vide,* qui s'écrit en coordonnées rectangulaires dans le système électromagnétique :

$$(2)\qquad B_x = H_x, \qquad B_y = H_y, \qquad B_z = H_z,$$

devient, avec les coordonnées obliques simples que nous avons admises :

$$(3)\quad B_\xi \sin\theta = H_\xi - H_\eta \cos\theta, \quad B_\eta \sin\theta = H_\eta - H_\xi \cos\theta, \quad B_\zeta \sin\theta = H_\zeta.$$

L'égalité des mesures du champ et de l'induction dans le vide ne peut exister qu'avec des axes rectangulaires et disparaît dans tout autre système de coordonnées. *Elle n'a donc aucune signification intrinsèque.*

La théorie de relativité généralisée montre de plus, que *les équations de Maxwell conservent encore leur forme pour un système de référence quelconque, dans un milieu quelconque et en présence d'un champ de gravitation quelconque à condition que les composantes du champ et de l'induction subissent des transformations différentes.* Ces équations simples expriment ainsi, non seulement les lois de l'électromagnétisme, mais aussi l'influence de la gravitation sur les phénomènes électromagnétiques.

Il est donc nécessaire de considérer comme distinctes les grandeurs *champ* et *induction* magnétiques aussi bien que les grandeurs électriques correspondantes qui sont, respectivement, l'*induction* et le *champ* électriques, et *d'employer pour les mesurer des unités différentes portant des noms différents.*

Ceci n'empêche pas d'ailleurs d'employer, dans la pratique, un système de référence particulier qui donne leur forme la plus simple aux équations complémentaires telles que (3), par exemple la forme (2) qui correspond au cas très particulier du vide, avec des axes rectangulaires d'espace liés à des observateurs en chute libre et sans rotation dans un univers euclidien.

Je reviendrai ultérieurement sur cette question et sur d'autres qui s'y rattachent.