

**LES THÉORIES
ÉLECTRIQUES DE J. CLERK
MAXWELL: ÉTUDE
HISTORIQUE ET CRITIQUE**

Published @ 2017 Trieste Publishing Pty Ltd

ISBN 9780649002047

Les th?ories ?lectriques de J. Clerk Maxwell: ?tude historique et critique by M. P. Duhem

Except for use in any review, the reproduction or utilisation of this work in whole or in part in any form by any electronic, mechanical or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, is forbidden without the permission of the publisher, Trieste Publishing Pty Ltd, PO Box 1576 Collingwood, Victoria 3066 Australia.

All rights reserved.

Edited by Trieste Publishing Pty Ltd.
Cover @ 2017

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade or otherwise, be lent, re-sold, hired out, or otherwise circulated without the publisher's prior consent in any form or binding or cover other than that in which it is published and without a similar condition including this condition being imposed on the subsequent purchaser.

www.triestepublishing.com

M. P. DUHEM

**LES THÉORIES
ÉLECTRIQUES DE J. CLERK
MAXWELL: ÉTUDE
HISTORIQUE ET CRITIQUE**

LES THÉORIES ÉLECTRIQUES

DE

J. CLERK MAXWELL

ETUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE

LES THÉORIES ÉLECTRIQUES

DE

J. CLERK MAXWELL

ÉTUDE HISTORIQUE ET CRITIQUE

Introduction

I

Au milieu de ce siècle, l'électrodynamique semblait fondée en toutes ses parties essentielles. Éveillé par l'expérience d'Erstedt, le génie d'Ampère avait créé et porté à un haut degré de perfection l'étude des forces qui s'exercent soit entre deux courants, soit entre un courant et un aimant ; Arago avait découvert l'aimantation par les courants ; Faraday avait mis en lumière les phénomènes d'induction électrodynamique et d'induction électromagnétique ; Lenz avait comparé le sens des actions électro-

motrices des courants au sens de leurs actions pondéromotrices ; cette comparaison avait fourni à F. E. Neumann le point de départ d'une théorie de l'induction ; cette théorie, W. Weber l'avait formulée de son côté, en s'appuyant sur des hypothèses relatives à la loi générale des forces électriques ; enfin, H. Helmholtz d'abord, W. Thomson ensuite, avaient tenté de passer des lois d'Ampère aux lois découvertes par F. E. Neumann et par W. Weber, en prenant pour intermédiaire le principe, nouvellement affirmé, de la conservation de l'énergie.

Deux objets seulement semblaient s'offrir à l'activité du physicien désireux de travailler au progrès de l'électrodynamique et de l'électromagnétisme.

Le premier de ces objets était le développement des conséquences implicitement contenues dans les principes qui venaient d'être posés ; à la poursuite de cet objet, les géomètres employèrent toutes les ressources de leur analyse ; les expérimentateurs mirent en œuvre leurs méthodes de mesure les plus précises ; les industriels prodiguèrent l'ingéniosité de leur esprit inventif ; et, bientôt, l'étude du courant électrique devint le chapitre le plus riche et le plus vaste de la physique tout entière.

Le second de ces objets, d'une nature plus spéculative et plus philosophique, était la réduction à une commune loi des principes de l'électrostatique et des principes de l'électrodynamique. Ampère lui-même l'avait proposé aux efforts des physiciens :

* Il est donc complètement démontré, disait-il (*), qu'on ne saurait rendre raison des phénomènes produits par l'action de deux conducteurs voltaïques, en supposant que des molécules électriques agissant en raison inverse du carré de la distance fussent distribuées sur les fils conducteurs, de manière à y demeurer fixées et à pouvoir, par conséquent, être regardées comme invariablement liées entre elles. On doit en conclure que ces phénomènes sont dus à ce que les deux fluides électriques parcourent continuellement les fils conducteurs, d'un mouvement

(*) Ampère, *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*, Paris, 1826. Deuxième édition (Paris, 1883), pp. 96 et sqq.

extrêmement rapide, en se réunissant et se séparant alternativement dans les intervalles des particules de ces fils... »

« C'est seulement dans le cas où l'on suppose les molécules électriques en repos dans les corps où elles manifestent leur présence par les attractions ou répulsions produites par elles entre ces corps, qu'on démontre qu'un mouvement uniformément accéléré ne peut résulter de ce que les forces qu'exercent les molécules électriques dans cet état de repos ne dépendent que de leurs distances mutuelles. Quand l'on suppose, au contraire, que, mises en mouvement dans les fils conducteurs par l'action de la pile, elles y changent continuellement de lieu, s'y réunissent à chaque instant en fluide neutre, se séparent de nouveau et vont se réunir à d'autres molécules du fluide de nature opposée, il n'est plus contradictoire d'admettre que des actions en raison inverse des carrés des distances qu'exerce chaque molécule, il puisse résulter entre deux éléments de fils conducteurs une force qui dépende non seulement de leur distance, mais encore des directions des deux éléments suivant lesquelles les molécules électriques se meuvent, se réunissent à des molécules de l'espèce opposée, et s'en séparent l'instant suivant pour aller s'unir à d'autres... »

« S'il était possible, en partant de cette considération, de prouver que l'action mutuelle des deux éléments est, en effet, proportionnelle à la formule par laquelle je l'ai représentée, cette explication du fait fondamental de toute la théorie des phénomènes électrodynamiques devrait évidemment être préférée à toute autre... »

A la question qu'Ampère avait seulement posée, Gauss (*) formula une réponse qu'il ne publia point : l'action répulsive mutuelle de deux charges électriques ne dépend pas seulement de leur distance, mais encore de la vitesse du mouvement relatif de l'une par rapport à l'autre ; lorsque les deux charges sont en repos relatif, cette action se réduit à la force inversement proportionnelle au carré de la distance, connue depuis Coulomb ; lorsque, au contraire, deux fils conducteurs sont, l'un et l'autre, le siège de deux flux électriques entraînant en sens opposé, avec une égale

(*) C. F. Gauss, *Werke*, Bd. V, p. 616.

vitesse, l'un l'électricité positive et l'autre l'électricité négative, ces deux fils conducteurs s'attirent l'un l'autre suivant la loi d'Ampère.

Gauss s'était contenté de jeter sur le papier une formule qui répondait à la question d'Ampère; son illustre élève, W. Weber (*), imagina une formule analogue et en tira toutes les conséquences; selon Weber, l'action mutuelle de deux charges électriques dépend non seulement de leur distance, mais encore des deux premières dérivées de cette distance par rapport au temps; reproduisant la loi de Coulomb lorsqu'on l'applique aux phénomènes électrostatiques, la formule de Weber indique que deux éléments de courant s'attirent suivant la formule d'Ampère; en outre, elle fournit une théorie mathématique complète de l'induction électrodynamique, théorie conforme de tout point à celle que F. E. Neumann découvrait au même moment, en s'inspirant des méthodes d'Ampère.

Grande fut tout d'abord la vogue de la doctrine de Weber; la plupart des physiciens jugèrent, selon le mot d'Ampère, que " cette explication du fait fondamental de toute la théorie des phénomènes électrodynamiques devait être préférée à toute autre „.

Toutefois, cette doctrine ne justifia pas les espérances qu'elle avait tout d'abord suscitées; bien que G. Kirchhoff (**), en ait tiré, pour l'induction au sein des conducteurs d'étendue finie en toutes dimensions, une théorie qui a servi de précurseur aux recherches de Helmholtz, elle ne conduisit à la découverte d'aucun fait nouveau; et, peu à peu, désespérés de la stérilité des spéculations touchant les actions qu'exercent les charges électriques en mouvement, les physiciens en détournèrent leur attention qui n'y put être ramenée ni par les hypothèses de B. Riemann, ni par les recherches de R. Clausius.

(*) Weber, *Elektrodynamische Maassbestimmungen*, I, Leipzig, 1846.

(**) G. Kirchhoff, *Ueber die Bewegung der Elektrizität in Leitern* (POGGENDORFF'S ANNALEN, Bd. CII, 1857).

II

L'électrodynamique apparaissait donc, en 1860, comme un vaste pays dont de hardis explorateurs ont reconnu toutes les frontières; l'étendue exacte de la contrée semblait connue; il ne restait plus qu'à étudier minutieusement chacune de ses provinces et à exploiter les richesses qu'elle promettait à l'industrie.

Cependant, en 1861, à cette science qui semblait si complètement maîtresse de son domaine, une région nouvelle et immense fut ouverte; et l'on put croire alors, beaucoup pensent encore aujourd'hui, que cette extension subite devait non pas seulement accroître l'électrodynamique, mais encore bouleverser les parties de cette doctrine que l'on regardait comme constituées d'une manière à peu près définitive.

Cette révolution était l'œuvre d'un physicien écossais, James Clerk Maxwell.

Reprenant et développant d'anciennes idées d'Épinus et de Cavendish, Faraday avait créé, à côté de l'électrostatique des corps conducteurs, l'électrostatique des corps isolants ou, selon le mot qu'il a introduit en physique, des corps *diélectriques*; mais nul n'avait fait entrer ces corps en ligne de compte dans les spéculations de l'électrodynamique. Maxwell créa l'électrodynamique des corps diélectriques; il imagina que les propriétés d'un diélectrique, à un instant donné, ne dépendaient pas seulement de la polarisation de ce corps à cet instant, mais encore de la vitesse avec laquelle la polarisation varie de cet instant au suivant; il supposa que cette vitesse engendrait des forces pondéromotrices et électromotrices semblables à celles qu'engendre le flux électrique; au *flux de conduction*, il compara le *flux de polarisation* ou, selon son expression, le *flux de déplacement*.

Non seulement les flux de déplacement exercent, dans les corps conducteurs, des actions inductrices semblables à celles des flux de conduction, mais encore les forces électromotrices de ces deux sortes de flux, qui, dans un corps conducteur, donnent naissance à un courant, polarisent les diélectriques en lesquels elles agissent.

Les équations que tire de ces hypothèses une méthode où les propriétés électrodynamiques des corps entrent seules en ligne de

compte, offrent des caractères surprenants ; selon ces équations, les lois qui régissent la propagation des flux de déplacement dans un milieu diélectrique sont exactement celles auxquelles obéissent les déplacements infiniment petits d'un corps parfaitement élastique ; en particulier, les flux de déplacement uniformes se comportent absolument comme les vibrations de l'éther auxquelles l'optique attribuait alors les phénomènes lumineux.

Mais il y a plus. La vitesse de propagation des flux de déplacement dans le vide peut être mesurée par des expériences purement électriques ; et cette vitesse, ainsi déterminée, se trouve être numériquement égale à la vitesse de la lumière dans le vide. Dès lors, ce n'est plus une simple analogie entre les flux de déplacement uniformes et les vibrations lumineuses qui s'impose à l'esprit du physicien ; invinciblement, il est amené à penser que les vibrations lumineuses n'existent pas ; qu'à des flux de déplacement périodiques il faut attribuer les phénomènes que ces vibrations servaient à expliquer, souvent d'une manière moins heureuse ; créant ainsi la *Théorie électromagnétique de la lumière*, Maxwell fait de l'optique une province de l'électrodynamique.

Surprenante par ses conséquences, l'électrodynamique inaugurée par Maxwell l'était plus encore par la voie insolite qu'avait suivie son auteur pour l'introduire dans la science.

La théorie physique est une construction symbolique de l'esprit humain, destinée à donner une représentation, une synthèse aussi complète, aussi simple et aussi logique que possible des lois que l'expérience a découvertes. A chaque qualité nouvelle des corps, elle fait correspondre une grandeur dont les diverses valeurs servent à repérer les divers états, les intensités diverses de cette qualité ; entre les différentes grandeurs qu'elle considère, elle établit des liens au moyen de propositions mathématiques qui lui paraissent traduire les propriétés les plus simples et les plus essentielles des qualités dont ces grandeurs sont les signes ; puis, tirant de ces *hypothèses*, par un raisonnement rigoureux, les conséquences qui y sont implicitement contenues, elle compare ces conséquences aux lois que l'expérimentateur a découvertes ; lorsqu'un grand nombre de ces conséquences théoriques représentent, d'une manière très approchée, un grand nombre de lois expérimentales, la théorie est bonne.