

# Revue générale des sciences pures et appliquées

I Revue générale des sciences pures et appliquées. 1895.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter [utilisationcommerciale@bnf.fr](mailto:utilisationcommerciale@bnf.fr).

REVUE GÉNÉRALE

# DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

## LA DÉROUTE DE L'ATOMISME CONTEMPORAIN

De tout temps on s'est plaint d'être si peu d'accord sur les questions fondamentales qui intéressent le plus l'humanité. C'est de nos jours seulement que ces plaintes se sont tues : en fait, chose rare à toute autre époque, il règne aujourd'hui, à part quelques divergences encore, un accord presque complet en ce qui concerne la conception du monde extérieur. Notre siècle est le siècle du naturalisme. Interrogez le premier venu, pénétré des idées naturalistes, depuis le mathématicien jusqu'au médecin praticien; demandez-lui son avis sur la constitution intime du Monde. La réponse sera invariablement la même : « Toutes choses sont formées d'atomes en mouvement; ces atomes et les forces qui agissent entre eux sont les dernières réalités dont se composent les phénomènes particuliers. » Partout on répète, en manière d'axiome, que seule la Mécanique des atomes peut donner la clef du monde physique. Matière et mouvement, tels sont les deux concepts auxquels on ramène en dernière analyse les phénomènes naturels les plus complexes. A cette théorie, on peut donner le nom de *matérialisme physique*<sup>1</sup>.

Je veux exprimer ici ma conviction que cette manière de voir, malgré tout son crédit, est insoutenable; que cette théorie mécanique n'a pas

atteint son but, car elle se trouve en contradiction avec des vérités tout à fait hors de doute et universellement acceptées. La conclusion s'impose : il faut l'abandonner et la remplacer, autant que faire se peut, par une autre meilleure. On se demandera naturellement : En existe-t-il une meilleure ? A cette question, je crois pouvoir répondre par l'affirmative. Ma tâche se divisera donc en deux parties, suivant la règle : démolir d'abord, reconstruire ensuite. Ici encore, la première tâche est plus aisée que la seconde. La théorie mécanique est insuffisante, il est facile de le démontrer : la nouvelle théorie, à laquelle je donnerai le nom de théorie énergétique, est-elle suffisante ? Il est plus difficile de le prouver. Cependant, disons-le tout de suite, cette dernière a trouvé déjà l'occasion de se vérifier dans le domaine des sciences expérimentales, le plus favorable à un examen impartial. Sans établir l'entière exactitude de la nouvelle conception, cette épreuve suffit, au moins, pour lui conquérir droit de cité.

Il ne me paraît pas superflu d'insister sur un point : c'est que, dans ma pensée, il s'agit uniquement ici d'une question de science positive. Je déclare expressément faire abstraction complète de toutes les conclusions qu'on pourra tirer de ce chef, concernant les questions morales ou religieuses. Non pas que je méconnaisse la valeur de pareilles conclusions : mais le résultat auquel je veux parvenir est indépendant de telles considérations et repose exclusivement sur le terrain des sciences exactes.

<sup>1</sup> Remarquons que ce « matérialisme physique » ne doit pas être confondu avec le matérialisme philosophique. Il s'agit exclusivement ici de phénomènes d'ordre physique, de la conception atomique de la matière; toute considération psychologique ou métaphysique se trouve hors de cause, ainsi que l'auteur lui-même prend soin de l'indiquer plus loin.  
(Note de la Direction.)

## I

Tous les phénomènes du monde réel, en dépit de leur infinie variété, ne sont que des cas particuliers et bien définis de toutes les possibilités que nous pouvons concevoir. Distinguer, parmi les cas possibles, les cas réels, telle est la signification des lois naturelles. Toutes se ramènent à la même forme : trouver un *invariant*, c'est-à-dire une grandeur qui demeure invariable quand toutes les autres varient entre les limites possibles, limites assignées par la loi même. L'histoire de la science nous montre le développement des grandes idées scientifiques toujours lié à la découverte et à la mise en œuvre de tels invariants; ce sont les pierres milliaires de la voie qu'ont parcourue les connaissances humaines.

La *masse* est un de ces invariants d'une signification générale. La masse nous donne les constantes des lois astronomiques; mais nous la trouvons aussi constante dans les transformations chimiques les plus profondes que nous puissions faire subir aux corps du monde extérieur. Par conséquent, cette notion nous apparaît comme très propre à devenir le pivot des lois naturelles. A la vérité, elle s'est trouvée trop pauvre par elle-même, pour servir à la représentation de tous les phénomènes, et il a fallu élargir la conception première : on a donc confondu avec cette notion purement mécanique toute la série des propriétés qui, d'après l'expérience, sont proportionnelles à la masse. Ainsi prit naissance l'idée de matière, sous laquelle on comprend en bloc tout ce qui, pour nos sens, est lié indissolublement à la masse, comme le poids, le volume, les propriétés chimiques; la loi physique, conservation de la masse, a ainsi dégénéré en un axiome métaphysique : la conservation de la matière.

Cette extension, il est important de le remarquer, a introduit une foule d'éléments hypothétiques dans une conception qui, primitivement, ne renfermait pas trace d'hypothèse. En particulier, sous l'empire de cette théorie, on admit, contrairement à toute évidence, que la matière, subissant une réaction chimique, ne disparaît pas pour faire place à une autre, douée de propriétés différentes. Bien plus, cette façon de voir contraignait à admettre que, dans l'oxyde de fer, par exemple, le fer et l'oxygène existent encore, quoique toutes leurs propriétés organoleptiques aient disparu : ils ont seulement acquis des propriétés nouvelles. Il nous est aujourd'hui difficile de sentir l'étrangeté, l'absurdité même d'une pareille conception, tellement nous y sommes accoutumés. Réfléchissons un peu cependant : tout ce que nous pouvons connaître d'une substance définie, ce sont ses propriétés;

n'est-ce donc pas un non-sens, ou peu s'en faut, de prétendre qu'une substance définie existe encore, sans plus posséder aucune de ses propriétés? En fait, cette hypothèse de pure forme n'a qu'un but : mettre d'accord les faits généraux de la Chimie, en particulier les lois de la Stœchiométrie, avec la notion, tout à fait arbitraire, d'une matière inaltérable en soi.

Mais, en dépit de cette conception élargie de la matière, en dépit des hypothèses accessoires qui s'y greffent forcément, il est impossible de résumer sous cette idée l'ensemble des phénomènes, même en se bornant à la nature inorganisée. On se figure, en effet, la matière comme quelque chose d'inerte, d'invariable en soi, tandis que l'Univers va sans cesse se modifiant. Il faut donc compléter cette idée par une autre qui exprime cette continue évolution, et est complètement indépendante de la première. Cette idée est celle de la *force*, due à Galilée, le créateur de la Physique scientifique. Dans les phénomènes variables de la chute, libre ou non, Galilée découvrit un *invariant* de la plus haute importance : la pesanteur, force constante, dont les effets, sans cesse se répétant et s'ajoutant, suffisent à expliquer tous ces phénomènes. Cette conception avait une énorme portée, et Newton le fit bien voir quand il conquit à la science tout l'Univers étoilé par cette idée que la même force agit entre les corps célestes, mais varie *suivant une fonction de la distance*. Ce succès fit naître la conviction qu'à l'exemple des phénomènes astronomiques, tous les phénomènes physiques s'expliqueraient par ce moyen. La confiance dans la fécondité de la théorie newtonienne s'accrut encore beaucoup au début de notre siècle. A cette époque, une pléiade d'astronomes éminents, français pour la plupart, démontrèrent que la loi de la gravitation universelle explique les mouvements des corps célestes, non pas seulement dans leurs grands traits, mais que, si l'on y regarde de plus près, elle rend aussi compte, avec la même sûreté et la même précision, des perturbations ou petits écarts par lesquels les mouvements réels s'éloignent des formes canoniques. Soumettre les atomes aux lois du mouvement démontrées pour les corps célestes, telle fut l'idée-mère de la théorie mécanique de l'Univers. Vérifiées dans le monde inorganique, ces lois devaient être étendues logiquement à la nature vivante. Cette conception a reçu sa forme classique dans l'idée de la « *formule universelle* » due à Laplace. De cette formule pouvait se déduire, conformément aux lois mécaniques et par une analyse rigoureuse, tout phénomène passé ou futur. Sans doute cette tâche exigerait un esprit bien supérieur à l'esprit humain, mais qui néanmoins n'en différencierait pas essentiellement.



D'ordinaire, on ne prend pas garde à quel point cette manière de voir, si répandue, est tout hypothétique, toute métaphysique. Nous sommes accoutumés à la considérer comme le dernier mot de l'exactitude. Il faudrait, au contraire, rappeler avec insistance qu'une conséquence immédiate de cette théorie n'a jamais pu être vérifiée, même dans un cas particulier, par exemple, cette conséquence que les phénomènes de la chaleur, du rayonnement, de l'électricité, du magnétisme, de la chimie, sont, en réalité, de nature mécanique, malgré les apparences. Or, pareille vérification ne s'est jamais faite. Chaque fois qu'on a cherché une représentation mécanique de ces phénomènes, chaque fois, sans exception, on est venu se heurter à une contradiction inévitable entre les faits constatés par l'expérience et les faits prévus par la théorie. Cette contradiction peut rester cachée plus ou moins longtemps; mais, tôt ou tard, elle éclate au grand jour, et de la théorie il ne reste que les morceaux; on peut prédire sûrement le même sort à tous ces symboles ou analogies, qu'on décore aujourd'hui du nom de théories mécaniques.

L'histoire de l'Optique nous fournit un exemple remarquable à l'appui de ce que je viens de dire. Tant que l'Optique se bornait aux phénomènes de réflexion et de réfraction, la théorie de l'émission due à Newton était suffisante. La théorie des ondulacions, autre conception mécanique imaginée par Huyghens et Euler, pouvait rivaliser avec elle, non la détrôner. Mais la découverte des interférences et de la polarisation mit hors de pair la théorie des ondulacions, dont les principes permettaient de calculer, au moins en gros, les nouveaux phénomènes.

Pourtant, les jours de la théorie des ondulacions étaient aussi comptés; à notre époque cette théorie a été enterrée sans bruit, pour faire place à la théorie électro-magnétique. Faisons l'autopsie de son cadavre: la cause de la mort nous apparaîtra évidente; elle a péri par ses parties mécaniques. L'éther hypothétique, auquel était confiée la tâche de vibrer, devait s'en acquitter sous des conditions bien difficiles à remplir. Les phénomènes de polarisation exigent que les vibrations soient transversales, autrement dit, que l'éther soit un solide. Or, il résulte des calculs de lord Kelvin qu'un solide, constitué comme doit l'être l'éther, ne serait pas stable et ne peut, par conséquent, avoir d'existence réelle. Pour épargner pareil sort à la théorie électromagnétique, actuellement adoptée, l'immortel Hertz, auquel elle doit tant, renonce expressément à y voir autre chose qu'un système de six équations différentielles. Cette conclusion parle plus puissamment que je ne pourrais le faire contre tous les essais de théorie mécanique tentés auparavant.

## II

Jusqu'à présent, je n'ai formulé que des conclusions négatives. Cependant, on peut tirer quelque profit de ce qui précède, et le profit ne paraîtra pas mince pour lever un obstacle qui a causé à beaucoup de graves soucis. Je veux parler des déclarations fameuses concernant l'avenir de notre connaissance de la Nature, que Du Bois-Reymond, le célèbre physiologiste de l'Université de Berlin, a faites d'abord au Congrès des Naturalistes à Leipzig, ensuite dans quelques mémoires plus étendus, et dont le point saillant est cet « *Ignorabimus* » tant commenté. Dans la longue polémique suscitée par cette parole, la victoire est restée, me semble-t-il, à Du Bois-Reymond, car tous ses adversaires s'appuyaient sur le principe même dont il avait déduit son *ignorabimus*, et ses conclusions valaient ce que vaut ce principe lui-même. Ce principe, qu'à ce moment personne ne songeait à mettre en discussion, c'est la conception mécanique de l'Univers; c'est la supposition que le dernier stade auquel peut parvenir notre explication du monde, est de le ramener à un système de points matériels en mouvement. Si ce principe disparaît, et il doit disparaître, comme nous l'avons vu, l'*ignorabimus* tombe et la route se rouvre à la science. Je ne pense pas que cette conclusion étonne qui que ce soit: si j'en juge par moi-même, aucun physicien ou naturaliste n'a cru fermement à l'*ignorabimus*, sans en reconnaître peut-être le point faible, que je viens de signaler.

Ce que j'ai exposé au sujet d'un cas particulier a une portée beaucoup plus grande. Rejeter la construction mécanique de l'Univers, c'est porter atteinte au principe même de la conception matérialiste générale, au sens scientifique du mot. C'est une entreprise vaine, qui a pitoyablement échoué devant toute expérience sérieuse, de vouloir rendre compte par la Mécanique de tous les phénomènes physiques connus; cette entreprise peut bien moins réussir si elle s'attaque aux phénomènes incomparablement plus compliqués de la vie organique. La tentative n'a même pas la valeur d'une hypothèse auxiliaire: c'est une erreur pure et simple.

L'erreur saute aux yeux dans le fait suivant: Dans toutes les équations mécaniques, le signe de la variable représentant le temps peut changer; en d'autres termes, les phénomènes de la Mécanique rationnelle peuvent suivre le cours du temps ou le remonter. Dans le monde de la Mécanique rationnelle, il n'y a ni passé ni avenir, au même sens que dans le nôtre: l'arbre peut redevenir rejeton et graine; le papillon, chenille; le vieillard, enfant. Pourquoi ces faits ne se produisent-ils pas dans la réalité? La théorie mécanique ne l'explique

pas; et, en vertu même des propriétés des équations, elle ne peut l'expliquer. Le fait que, dans la Nature réelle, les phénomènes ne sont pas réversibles, condamne ainsi sans appel le matérialisme physique.

Alors, dira-t-on, s'il faut renoncer aux atomes, à la Mécanique, quelle image de la réalité nous restera-t-il? Mais on n'a besoin d'aucune image, d'aucun symbole. Ce n'est pas notre affaire de voir le monde plus ou moins déformé dans un miroir courbe; il faut le voir directement, autant que le permettent nos forces intellectuelles. Établir les rapports entre des réalités, c'est-à-dire des grandeurs tangibles, mesurables, de telle sorte que, les unes étant données, les autres s'en déduisent, voilà la tâche de la science : et la science ne l'a pas remplie quand elle se paie d'une image plus ou moins hypothétique.

### III

Sans doute, la voie est longue et pénible, mais elle est la seule sûre. D'ailleurs nous pouvons la suivre, sans faire appel à notre abnégation personnelle, sans nous soutenir par l'espoir qu'elle conduira au but nos arrière-neveux. C'est à nous-mêmes qu'échoit le bonheur, et notre siècle mourant fait au siècle naissant le legs scientifique le plus fécond en espérances : il lui lègue la théorie énergétique.

Remarquons-le bien : il ne s'agit pas ici d'une chose absolument inédite, car, depuis un demi-siècle, nous la possédons, sans nous en apercevoir. C'est le cas, ou jamais, de dire : mystère évident, chaque jour nous pouvions le lire et nous ne le comprenions pas.

Quand, il y a cinquante ans, Robert Mayer découvrit l'équivalence des différentes forces naturelles, ou, comme nous disons dans notre langage actuel, des différentes formes de l'énergie, il fit dans cette direction un pas décisif. Mais, — loi constante de la pensée humaine, — jamais on n'accepte une nouvelle découverte, claire et nette, telle qu'elle se présente. Celui qui la reçoit, qui n'a pas intimement vécu le progrès, mais le prend à l'extérieur, s'efforce, avant tout, de relier tant bien que mal la nouveauté à ce qui existait dans son esprit. L'idée nouvelle est ainsi défigurée, et sinon même doublement faussée, du moins dépouillée de sa meilleure force. L'inventeur lui-même n'échappe pas à cette loi. La puissante intelligence de Copernic a su transposer les rapports du Soleil et de la Terre, mais non s'affranchir, pour les autres planètes, de la théorie régnante des épicycles. Même histoire pour Mayer. Comme presque toujours, la génération suivante a dû dégager, pièce à pièce, de tous les accessoires inutiles la pensée première,

pour qu'elle pût apparaître dans son imposante simplicité.

L'idée de Mayer était étrangement simple, trop simple pour être accueillie immédiatement. Bien plus, les trois savants qui ont le plus fait pour la défense de la loi de l'équivalence, Helmholtz, Clausius, William Thomson, lui ont donné la même interprétation : ils ont cru que toutes les formes de l'énergie étaient, au fond, une seule et même chose : à savoir, l'énergie mécanique. De cette manière on réalisait ce qui semblait le plus pressant : rattacher la nouvelle idée à la théorie mécanique alors régnante, mais l'idée perdait son principal caractère.

Il a fallu un demi-siècle pour faire la lumière et montrer que, par cette hypothèse accessoire, loin d'ajouter à la loi, on renonçait à son caractère le plus précieux : la liberté laissée à toute hypothèse.

Mais, dira-t-on, comment, avec cette idée si abstraite de l'énergie, se faire une conception de l'Univers, qui puisse rivaliser de clarté et de netteté avec la conception mécanique? La réponse est facile : Comment connaissons-nous le monde extérieur, sinon par nos sensations? Toutes nos sensations ont un caractère commun et un seul : elles correspondent à une différence d'énergie entre les organes des sens et le milieu qui les entoure. Dans un Univers, dont la température serait uniformément égale à la température de notre corps, il nous serait impossible d'avoir aucune idée de la chaleur, pas plus que nous ne ressentons la pression atmosphérique constante, sous laquelle nous vivons : nous n'en acquérons la connaissance qu'après avoir éprouvé l'effet de milieux où règne une pression différente.

Tout le monde est prêt à admettre cette explication, mais on ne veut pas renoncer à la matière, parce que l'énergie a besoin d'un véhicule. Et pourquoi donc? Si le monde extérieur ne se révèle à nous que par des rapports d'énergie, pour quel motif vouloir y loger quelque chose que nous n'avons jamais pu percevoir? Pourtant, objectera-t-on, l'énergie n'est qu'une idée, une abstraction, tandis que la matière est la réalité. C'est justement tout le contraire. La matière est une invention, assez imparfaite d'ailleurs, que nous nous sommes forgée, pour représenter ce qu'il y a de permanent dans toutes les vicissitudes. La réalité effective, c'est-à-dire celle qui fait effet sur nous, c'est l'énergie, comme nous le verrons en cherchant dans quel rapport se trouvent ces deux concepts.

Mais, avant d'aller plus loin, récapitulons en deux mots l'évolution que nous venons d'indiquer : L'idée de la matière est une extension de l'idée de la masse. A cette conception insuffisante, Galilée dut joindre celle de la force, pour expliquer l'évo-

lution incessante de l'Univers. Mais la force ne possédait pas l'invariance et, après la découverte de ces invariants partiels *force vive* et *travail*, Mayer découvrit l'invariant le plus général, l'*énergie*, qui gouverne toutes les forces physiques. Toujours, dans toute leur histoire, la matière et l'énergie restent côte à côte, et tout ce qu'on savait de leurs relations, c'est que, la plupart du temps, elles vont de concert, la matière étant le véhicule, le réservoir de l'énergie.

## IV

Cependant l'énergie et la matière sont-elles deux choses réellement différentes, comme l'âme et le corps, ou n'est-ce pas plutôt que ce que nous savons et disons de la matière soit déjà compris dans l'idée d'énergie? A mon sens, la réponse n'est pas douteuse. Que trouvons-nous, en effet, dans l'idée de matière? En premier lieu, la *masse*, c'est-à-dire la *capacité pour l'énergie cinétique*; ensuite, l'*imperméabilité* ou *énergie de volume*, le *poids* ou *énergie de position* sous la forme particulière qui se présente dans la gravitation universelle, enfin les *propriétés chimiques* ou *énergie chimique*. Partout, il n'est question que d'énergie, et, si nous séparons ces différentes formes d'énergies de la matière, celle-ci s'évanouit : elle n'a plus même l'*espace* qu'elle occupait, car cet espace ne nous est connu que par la *dépense d'énergie* nécessaire pour le pénétrer. La matière n'est autre chose qu'un groupe de différentes énergies, rangées ensemble dans l'espace, et tout ce que nous voulons en dire, nous le disons de ces énergies seulement.

La question que je veux éclaircir ici est si importante qu'on me permettra de chercher encore, par une autre voie, à la serrer de plus près et de prendre l'exemple le plus frappant que je puisse trouver. Vous recevez un coup de bâton. Que ressentez-vous, le bâton ou son énergie? Le bâton est assurément la chose du monde la plus inoffensive, tant que personne ne le brandit. Nous pouvons tout aussi bien nous heurter à un bâton immobile; mais, dans tous les cas, ce que nous ressentons, je l'ai dit déjà, ce sont les différences d'énergie entre l'extérieur et nos organes : que le bâton s'abatte sur nous ou nous sur le bâton, peu importe. Au contraire, si nous possédons une vitesse égale à celle du bâton et dans la même direction, le bâton n'existe plus pour notre toucher, car il ne peut avoir avec nous ni contact, ni échange d'énergie.

Cet exposé montre, je l'espère, que la notion d'énergie peut servir à expliquer tout ce qu'on expliquait autrefois par les notions de matière et de force et même davantage : il suffit de reporter à l'une les propriétés et les lois qu'on attribuait aux autres. Cela offre le grand avantage de sup-

primer les objections que j'ai signalées au début. Nous faisons une seule hypothèse sur la dépendance mutuelle des différentes formes de l'énergie : c'est qu'elles obéissent à la loi de la conservation. Nous avons ensuite toute liberté d'étudier objectivement les propriétés particulières de chacune d'elles : en classant rationnellement ces propriétés, nous créerons un système des formes de l'énergie, qui aura une portée scientifique bien plus grande que le système où elles sont toutes confondues, sous prétexte qu'elles sont, au fond, identiques entre elles. Voyons, par exemple, ce qu'on fait aujourd'hui dans la théorie cinétique des gaz, qui jouit encore d'un certain crédit. D'après cette théorie, la force élastique des gaz provient du choc de ses molécules en mouvement. Seulement, la force élastique est une grandeur qui n'est pas dirigée dans l'espace : car le gaz presse également dans toutes les directions ; un choc, au contraire, provient d'un corps en mouvement, et ce mouvement a une certaine direction. Il est donc impossible de ramener immédiatement l'une de ces grandeurs à l'autre. La théorie cinétique esquivait la difficulté en admettant que les chocs se produisent uniformément dans toutes les directions, ce qui revient, en somme, à enlever arbitrairement au choc la propriété d'être dirigé. Dans ce cas, on parvient, par cet artifice, à identifier deux formes différentes de l'énergie ; mais cette identification n'est pas toujours possible.

Par exemple, le *potentiel* et la *masse électriques*, c'est-à-dire les deux facteurs de l'énergie électrique, sont des grandeurs que j'appellerai *polaires* : elles ne sont pas de simples quantités numériques : elles ont, de plus, un signe tel que deux quantités égales, mais de signe contraire, ont une somme nulle. La Mécanique ne connaît pas de grandeur polaire : aussi il est impossible de trouver une hypothèse mécanique qui explique en entier les phénomènes électriques : pour ce faire, il faudrait au moins avoir une grandeur mécanique douée de polarité, ce qui n'est peut-être pas impossible et mériterait en tout cas d'être approfondi.

Si, réellement, les lois naturelles pouvaient se ramener aux lois des diverses formes de l'énergie, nous y trouverions de grands avantages. D'abord la science de la Nature serait affranchie de toute hypothèse. Ensuite, point ne serait besoin désormais de nous inquiéter de forces, dont nous ne pouvons démontrer l'existence, agissant entre des atomes que nous ne pouvons voir, mais des quantités d'énergie mises en jeu dans le phénomène étudié. Celles-là, nous les pouvons mesurer, et tout ce qu'il nous est nécessaire de savoir est susceptible de s'exprimer sous cette forme.

Qui donc méconnaîtrait l'énorme avantage de



cette méthode, parmi ceux dont la conscience scientifique s'est soulevée devant cet amalgame incessant de faits et d'hypothèses, que la Physique et la Chimie actuelles nous présentent comme une science rationnelle? C'est en suivant le chemin de l'Énergétique que nous répondrons au véritable sens de l'appel de Kirchhoff si souvent mal interprété : « A la prétendue explication de la Nature, substituer la description des faits. »

L'absence d'hypothèse donne à l'Énergétique une unité de méthode inconnue, il faut bien le dire, jusqu'à présent : unité non moins précieuse pour l'enseignement et l'intelligence de la Science, qu'elle ne l'est au point de vue philosophique. Pour n'en donner qu'un exemple, toutes les équations qui lient l'un à l'autre deux ou plusieurs phénomènes d'espèces différentes, sont forcément des équations entre des quantités d'énergie ; il ne saurait y en avoir d'autres, car, en dehors du temps et de l'espace, l'énergie est la seule grandeur qui soit commune à tous les ordres de phénomènes.

Je ne puis ici entrer dans le détail et énumérer toutes les relations, les unes connues déjà, les autres nouvelles, qui s'écriront immédiatement, sans exiger de calculs compliqués. Je ne puis davantage exposer sous quelles nouvelles faces se sont montrés, à la lumière de l'Énergétique générale, les théorèmes de la Thermodynamique, partie la plus étendue de l'Énergétique.

Cependant, je ne saurais omettre une dernière question : L'énergie, si utile, si nécessaire à l'intelligence de la Nature, suffit-elle entièrement à la

tâche? Je réponds : Non. Quels que soient les avantages de la théorie énergétique sur la théorie mécanique, il reste quelques points qui échappent aux principes actuellement connus et qui semblent indiquer l'existence de principes plus élevés. L'Énergétique n'en subsistera pas moins, à côté de ces nouveaux principes ; mais elle cessera d'être ce qu'elle doit être encore pour nous, c'est-à-dire le cadre le plus vaste dans lequel nous faisons rentrer les phénomènes naturels : elle deviendra un cas particulier de relations plus générales, relations dont il nous est à peine possible actuellement de pressentir la forme.

Je ne pense pas avoir ravalé, par ce que je viens de dire, le progrès dont j'avais parlé d'abord, mais l'avoir plutôt rehaussé. Car il nous répugne d'assigner une borne aux progrès de la Science. Au milieu du combat pour un nouveau domaine, il ne faut pas perdre de vue les vastes plaines qui s'étendent derrière le sol convoité et qu'il faudra occuper aussi plus tard. Cela pouvait passer jadis, quand la poussière et la fumée du combat emprisonnaient le regard dans les limites étroites du champ de bataille. Aujourd'hui cela n'est plus permis : nous tirons avec la poudre sans fumée — ou du moins nous aurions à le faire — et, en même temps que la possibilité, nous avons le devoir de ne pas retomber dans les fautes du temps passé<sup>1</sup>.

W. Ostwald,

Professeur de Chimie physique  
à l'Université de Leipzig.

## ÉTAT ACTUEL DE LA CULTURE DE L'ORGE DE BRASSERIE ET DU HOUBLON EN FRANCE

Quoique très dissemblables en ce qui concerne les procédés agricoles qu'elles comportent, la culture de l'Orge et celle du Houblon sont cependant intimement liées au point de vue industriel, car personne n'ignore qu'elles fournissent les deux matières premières indispensables à la fabrication de la bière. A ce point de vue, le seul que nous envisagerons ici, leur importance ne saurait être méconnue, car la consommation et la production de cette boisson en France sont en voie d'accroissement notable. En effet, on sait que non seulement la bière sert de boisson courante aux populations de nos départements du Nord, mais qu'elle devient, depuis quelques années, d'un usage assez général dans le reste de la France ; or, non seulement la

fabrication française a plus que doublé depuis 1830 ; mais, en outre, tandis que nous exportions encore de la bière en 1860, nous en avons importé depuis, et le chiffre des importations s'est accentué d'année en année.

Il ne nous appartient pas de rechercher ici les diverses causes de ce changement, d'ailleurs très diversement appréciées par les économistes ; mais il n'est pas hasardé de dire que la crise subie par la viticulture française depuis une trentaine d'années n'est pas restée étrangère à cet état de choses ; l'augmentation de la production et de la consumma-

<sup>1</sup> Cet article, écrit en allemand par l'auteur, a été traduit en français par M. Lamotte, agrégé de l'Université, attaché au laboratoire de M. le Professeur Bouty à la Sorbonne.