

LE CANADA FRANÇAIS

Publication de l'Université Laval

Physique

MATIÈRE ET ÉNERGIE

A côté de la matière pondérable, susceptible d'être pesée, la science ancienne reconnaissait la matière impondérable, telle que l'électricité, le feu, la chaleur, etc. ; et jusqu'au commencement du dix-neuvième siècle il était généralement admis que la chaleur est une substance, que l'on qualifiait diversement, de fluide igné, de calorique, de phlogiston, etc. En vérité, Lavoisier fut influencé par la tradition séculaire, lorsque, dans son *Traité élémentaire de chimie* (Paris, 1793), il fit entrer lumière et calorique dans son Tableau des substances simples considérées comme éléments, bien qu'il sût qu'elles n'avaient pas de poids perceptible. Même Fourier, dans sa *Théorie de la Chaleur* (Paris, 1816), considéra la chaleur comme une substance matérielle.

A la suite de la théorie de la gravitation de Newton, il fut bientôt reconnu que la matière semble posséder une propriété, appelée masse, qui se manifeste comme poids sous l'influence de la pesanteur. La matière occupe aussi un espace, de telle sorte qu'elle revêt toujours une certaine forme ; et de plus, elle se trouve constamment associée à l'énergie. Par conséquent, telle que perçue par les sens, la matière possède certains attributs — poids et forme — qui semblent des qualités permanentes et essentielles, se trouvant dans toutes les sortes connues de matières ; tandis que d'autres propriétés — couleurs, odeurs, etc. — paraissent plutôt comme des attributs secondaires et accidentels qui sont particuliers à certaines formes de matières. Cette distinction entre les qualités primaires et secondaires de la matière était déjà reconnue par Démocrite, et elle ap-

paraît parmi les principes d'Albert le Grand, qui écrit dans son *De Generatione elementorum* :

Il est évident que la matière et la puissance sont les principes de chaque corps, car une fois les formes accidentelles enlevées, nous arrivons finalement à une forme substantielle, laquelle étant abstraite "*per intellectum*" devient alors un quelque chose d'occulte qui est "*prima materia*".

La même idée fut reprise par Locke en 1689.

La matière peut aussi exister sous différentes conditions de température, de mouvement, et d'électrisation, etc., et l'expérience quotidienne nous enseigne que des changements s'effectuent constamment dans les conditions des corps qui nous entourent. Les changements de position, de mouvement, de température, de volume, et les combinaisons chimiques sont quelques-unes des modifications que subissent les corps en général.

*

* *

Il existe plusieurs formes différentes d'énergie—électrique, chimique, mécanique, thermique et actinique,—et par des moyens divers, celles-ci peuvent se transformer l'une en l'autre ; d'où l'on conclut que la chaleur, l'électricité, le mouvement mécanique, la lumière, et l'action chimique sont toutes des formes différentes d'une entité distincte : l'énergie. Les différentes formes d'énergie sont considérées comme les aspects extérieurs d'une forme unique d'énergie.

Les travaux de Joule donnèrent naissance à la loi de la transformation de l'énergie qui s'énonce comme suit : *Toute forme d'énergie peut être transformée totalement ou partiellement, directement ou par degrés successifs en une autre forme.*

Tous les phénomènes dans le monde matériel peuvent être considérés comme une transformation d'énergie.

D'une façon générale, tout changement dans la condition des différents corps qui nous entourent, est attribué à l'action de l'énergie, action qui peut éprouver une résistance. Le changement ne peut avoir lieu que si la résistance offerte par le corps est surmontée ou enlevée. L'action par laquelle l'énergie produit une tendance au changement est appelée

une "force", le mot tendance signifiant ici que le changement aura lieu au moment où la résistance sera vaincue ou disparaîtra. La force est donc une manifestation de l'énergie. Toutes les fois qu'une résistance est vaincue, il y a donc dépense d'énergie. Le travail est une manifestation du transport ou de la transformation de l'énergie, et il s'effectue aux dépens de l'énergie, la quantité de travail étant équivalente à la quantité d'énergie transportée. Le travail accompli est égal à l'énergie dépensée et, de même que la quantité de matière est mesurée par le poids, ainsi la quantité d'énergie est mesurée par le travail. Aussi, définit-on parfois l'énergie comme la capacité à accomplir du travail. Mais toute énergie n'est pas capable d'accomplir du travail ; par conséquent, la définition précédente de l'énergie n'est exacte que lorsqu'elle se rapporte à une forme particulière d'énergie, qui, par sa condition, est susceptible d'accomplir du travail.

Deux facteurs entrent en jeu dans la transformation de l'énergie en travail : 1°) la grandeur de la résistance ; 2°) le degré auquel la résistance est vaincue. Ainsi, quand une particule se déplace, d'une certaine distance, e , dans la direction et sous l'effet d'une force constante, F , la quantité d'énergie dépensée est mesurée par le travail fait, et est égale au produit Fe ; si un gaz subit un changement de volume, v , lorsqu'il est soumis à une pression constante, p , le travail fait durant le changement de volume, ou l'énergie dépensée durant l'opération est équivalente au produit pv .

*

* *

Notre connaissance du monde matériel peut être décrite en fonction des deux entités ou abstractions : Énergie et Matière.

Il est parfois avantageux de garder ces deux concepts distincts ; la matière et l'énergie ne sont séparables qu'en pensée, car en réalité, elles sont liées indissolublement l'une à l'autre.

Il ne peut y avoir de matière sans énergie, ni d'énergie sans matière. En résumé, la matière est un terme réunissant des entités qui possèdent certaines propriétés en commun ; l'énergie, de même, est un terme comprenant certains

phénomènes qui comme la matière ont plusieurs formes ; et parfois on emploie un troisième terme, éther, pour grouper certaines relations entre la matière et l'énergie.

A première vue, le sens commun et la science semblent appuyer la supposition qu'il existe un univers réel dans un état complet, tout à fait indépendant de toute relation à l'intelligence. Selon l'hypothèse énergétique de la matière, la réalité objective de la matière est une idée déduite, car pour expliquer certaines sensations subjectives on suppose l'existence de la matière comme quelque chose d'externe à nous-mêmes ; en conséquence, notre connaissance du monde extérieur est fondée sur nos perceptions, qui, à leur tour, sont basées sur le témoignage de nos sens. Nous ne voyons pas les objets matériels directement, mais nous éprouvons plutôt une sensation, que nous attribuons généralement à la formation de l'image de l'objet sur la rétine, ce qui est sans doute un effet produit par l'énergie rayonnée de l'objet sur la rétine. De la même façon, l'énergie mécanique de l'air en vibration peut produire des impressions sur les organes auditifs, et l'énergie mécanique de pression peut produire des impressions sur les organes du toucher. Plus généralement, il est possible de montrer que toutes nos perceptions du monde matériel sont déduites de sensations produites par les manifestations de diverses formes d'énergie. Enlevez les manifestations de l'énergie et il ne reste rien, puisqu'un corps sans qualité ne peut être distingué d'un autre. Dans ce sens, la réalité objective d'une matière distincte de l'énergie, peut être considérée comme une hypothèse émise pour expliquer nos sensations subjectives. Selon Ostwald, la matière n'est qu'une hypothèse, une création de l'imagination, servant de véhicule d'énergie ; et les seules choses que nous connaissons réellement sont des manifestations de l'énergie.

L'énergie, et seulement l'énergie, serait une chose par elle-même, et constituerait le substratum réel du monde physique et chimique.

Fitzgerald, Planck, Boltzmann et quelques autres mirent en doute, vers 1896, la validité de cette hypothèse énergétique, car l'énergie cinétique est définie comme le demi-produit de la masse, m , d'un corps en mouvement, par le carré de sa vitesse, V , ou, $\frac{1}{2} mV^2$. Or, la masse est définie en fonction de l'énergie cinétique, et nous nous trouvons

alors dans un cercle. Mais dans ces conditions, est-il préférable de considérer la matière comme un véhicule passif de l'énergie, ou comme une forme particulière de l'énergie ?

*
* *

Deux lois fondamentales régissent les transformations de l'énergie et de la matière ; chaque fois que de l'énergie, sous une certaine forme, disparaît, il apparaît une quantité équivalente d'énergie sous une autre forme, de telle sorte que la quantité totale d'énergie demeure la même. On dit alors que, dans un système isolé, il n'y a ni gain ni perte d'énergie ; c'est la loi de la *conservation de l'énergie*. Dans les transformations chimiques, on n'a jamais pu observer, même avec les mesures les plus précises, une différence de poids entre les substances réagissantes et les produits de la réaction en dehors des limites des erreurs expérimentales. La matière comme l'énergie est donc indestructible ; c'est la loi de la *conservation de la matière*. Il s'ensuit que, dans tous les changements chimiques, deux entités — la matière et l'énergie — demeurent quantitativement les mêmes, mais sont différentes qualitativement.

L'énergie peut exister sous deux formes dans les corps. Un corps peut en effet posséder de l'énergie en vertu de son mouvement. Cette énergie est alors dans une condition active ou cinétique et peut être transformée en chaleur quand le mouvement du corps est arrêté. C'est l'énergie cinétique. Un corps peut encore posséder de l'énergie en vertu de sa position par rapport aux objets environnants. Cette énergie, à l'état passif et latent, est toujours due à une différence de niveau ou de potentiel. C'est l'énergie potentielle. Ainsi, quand on élève une pierre au-dessus du sol, l'énergie dépensée et le travail effectué dépendent du poids, p , de la pierre et de la hauteur, h , à laquelle la pierre a été élevée. L'énergie potentielle, E , de la pierre sera alors : $E = ph$. Cette pierre a donc emmagasiné une quantité mesurable d'énergie que l'on retrouvera sous forme d'énergie cinétique, en quantité équivalente lorsque la pierre tombera sur le sol.

A son arrivée sur le sol, la pierre a perdu toute l'énergie potentielle qu'elle avait acquise et ne possède plus que de

l'énergie cinétique, qui disparaît dès que la pierre est au repos. D'un seul coup son énergie a été comme détruite. Le corps n'a plus d'énergie. Ceci semble en contradiction flagrante avec le principe de la conservation de l'énergie. En réalité, dans ce cas, de l'énergie mécanique s'est perdue, mais la nature est assurée contre ces pertes. La pierre en frappant le sol peut le comprimer et lui transmettre de l'énergie potentielle, qui pourra se manifester, dans certains cas, par des vibrations sonores, etc. Il se peut aussi, et c'est le cas le plus général, que, le sol s'échauffant par le choc, l'énergie mécanique se retrouve alors sous forme d'énergie calorifique. L'énergie doit donc être considérée comme l'unique dominatrice de la nature, tous les phénomènes naturels n'étant que des modifications, des déplacements de l'énergie.

*

* *

Existe-t-il un caractère commun à tous les phénomènes universels ?

Nous avons déjà indiqué le dualisme de la nature de l'énergie. Toute forme d'énergie utilisable est représentée par le produit de deux facteurs, l'un, masse, quantité, et l'autre, intensité, force, différence de niveau.

Ainsi, la chaleur ne passera d'un corps à un autre que si la température (facteur intensité) de l'un, est supérieure à celle de l'autre. Le transport de chaleur n'est pas déterminé par la quantité de chaleur contenue dans le corps froid ou dans le corps chaud, mais bien par la différence de température des deux corps.

C'est donc la différence de niveau ou de potentiel entre deux systèmes qui permet le transport d'énergie de l'un à l'autre.

En étudiant la loi de la conservation de l'énergie, il n'a pas été question du sens dans lequel la transformation se produit, cette loi établissant simplement que la quantité d'énergie perdue par un corps doit être retrouvée intégralement dans un autre ; elle ne nous renseigne aucunement sur la quantité de travail que peut fournir une quantité donnée de chaleur. Clausius, en 1856, émit l'hypothèse suivante : "La chaleur ne peut, *spontanément*, passer d'un corps à une température inférieure, à un corps à une tem-

pérature supérieure." On ne pourrait obtenir un tel résultat qu'en fournissant de l'énergie au système ; c'est ce qui a lieu, par exemple, dans le cas des machines frigorifiques.

D'une façon plus générale, Ostwald écrivait en 1892 : " La transformation illimitée d'énergie sans différence d'intensité est impossible."

Or, dans les phénomènes naturels, il n'est pas difficile de reconnaître certaines tendances. Les mouvements des corps que nous attribuons à la pesanteur sont des chutes, et le mot indique leur tendance. " Tout tombe en bas, rien ne tombe en haut ", dit un proverbe populaire. Les cours d'eau descendent vers la mer, les montagnes s'abaissent sous l'effet de l'érosion. Cette tendance ne saurait être mieux caractérisée que par le mot " égalisation " ; elle tend à égaliser les différences de niveau existant à la surface du globe. Nous n'avons parlé que de mouvements et de nivellements consécutifs. Un phénomène analogue se produit dans tous les domaines. Les températures, par exemple, tendent à s'égaliser constamment, et ici encore, il y a nivellement de la chaleur.

Dans tous les phénomènes naturels spontanés, toute forme connue d'énergie, à un potentiel ou à un niveau élevé, tend toujours à se transformer en une énergie à niveau ou à potentiel le plus bas qu'il est permis au système d'atteindre. Il est donc évident que la tendance à l'égalisation se fait jour partout, directement ou indirectement, avec une puissance inflexible. Quand les circonstances ne permettent pas un nivellement ou lorsque celui-ci est déjà accompli, il ne se passe rien, parce que l'équilibre est atteint. Dans le cas contraire, il se passe quelque chose, et cette tendance à l'action se traduit par un nivellement progressif.

*

* *

Ce caractère commun à tous les phénomènes naturels est très important, aussi mérite-t-il d'être examiné à tous les points de vue accessibles.

Prenons un exemple très simple : supposons un grand bassin rempli d'eau froide et un pot contenant de l'eau bouillante. Jetons le contenu du pot dans le bassin ; il en résultera une très légère élévation de la température de l'eau du bassin.

La totalité de la chaleur n'a pas varié, mais l'énergie contenue dans le pot était concentrée, tandis qu'elle est maintenant dispersée. Il y a donc eu dispersion, dégradation d'énergie. Dans la nature ces dispersions se produisent partout. Le frottement est un grand facteur de la dispersion de l'énergie motrice. L'énergie dégradée est rendue inutilisable. Ainsi, il est possible avec le pot d'eau bouillante de mettre en marche une petite machine à vapeur, tandis qu'avec le grand bassin d'eau à la température ambiante, ce travail ne peut plus être effectué. De plus, il s'agit ici d'un phénomène irréversible, car il est impossible de retirer de ce bassin l'eau bouillante qu'on y a versée, et son énergie a été dégradée. Le degré de dispersion de l'énergie est l'*entropie*, et dans l'univers, qui constitue un système fermé, celle-ci croît constamment et tend vers un maximum. Le principe de la conservation de l'énergie se trouverait-il donc en défaut? Non pas, car la quantité d'énergie demeure la même; seule, sa qualité change. L'énergie, ainsi dégradée, n'a plus de capacité à effectuer du travail, et alors, la définition de l'énergie comme une capacité au travail n'est plus exacte.

Nous voyons donc que tout changement qui a lieu dans la nature se produit au prix d'une certaine quantité d'énergie utilisable, qui devient inutilisable. La dégradation de l'énergie est considérée comme un retour à l'intérieur; c'est ce que signifie le mot *entropie*, qui représente, comme on l'a vu plus haut, le degré de dispersion de l'énergie. La quantité d'énergie reste donc constante et l'entropie s'accroît. Partout, dispersion, nivellement, dégradation!

Ce principe s'applique à tout système fermé, et si l'univers est un système fermé, ce principe doit dominer l'univers. La terre n'est qu'une partie de l'univers et reçoit continuellement de l'énergie du soleil par rayonnement, en même temps qu'elle en perd de la même façon. Alors, par suite de cette tendance universelle et continue vers une dégradation de l'énergie, l'univers passe peu à peu d'un état où l'énergie est à un potentiel élevé vers un état où cette énergie sera distribuée uniformément à un potentiel uniforme et bas.

L'univers possèdera alors une existence sans mouvement, inerte, à une température uniforme. L'état qui résultera de cette tendance, ce sera l'arrêt, un arrêt général, un arrêt de tout ce qui est vie et mouvement. Il s'ensuit ici un paradoxe thermodynamique. L'énergie étant continuellement dégradée,

et l'origine de l'univers remontant à des milliards et des milliards d'années, la dégradation de l'énergie devrait dès lors être accomplie depuis fort longtemps, à moins que l'énergie à bas potentiel soit restaurée à un potentiel plus élevé. Pour résoudre ce problème on a été amené à supposer que, par un phénomène inconnu, l'énergie inexploitable, à bas potentiel, est élevée à un haut potentiel sous forme d'énergie utilisable.

Il existe donc une Source, une Puissance pour laquelle ces lois n'existent pas et qui peut opérer cette transformation, cette création d'énergie.

*
* *

Nous avons déjà indiqué l'hypothèse énergétique de la matière, et les objections présentées par Fitzgerald, Planck et Boltzmann en 1896, à un moment où les propriétés des rayons X et des substances radioactives étaient à peine entrevues. Ces objections s'évanouirent avec l'apparition des théories modernes de la constitution de la matière et du principe de la relativité.

On sait que lorsque des charges électriques sont en mouvement, elles agissent comme des courants électriques et développent des champs magnétiques qui s'opposent à leur mouvement. Il s'ensuit que pour arrêter ou accélérer le mouvement d'une particule chargée électriquement, il faut user d'une force plus grande que si la particule n'était pas chargée. En d'autres mots, l'inertie d'une particule ou sa masse effective est plus grande, lorsque cette particule est chargée. Il en résulte donc qu'une particule électrisée possède en vertu de sa charge électrique, une masse supplémentaire d'origine électromagnétique.

En étudiant les attractions et les répulsions électriques, Faraday a montré de plus qu'une certaine proportion de l'énergie électrique peut être localisée en dehors de la matière.

La relation suivante, déduite par Lorentz,

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

où m indique la masse d'une particule électronique se déplaçant avec une vitesse v ; m_0 , la masse d'un électron pour de faibles vitesses, et c , la vitesse de la lumière (300,000 kilomètres par seconde), nous donne la variation de la masse d'un électron en fonction de sa vitesse.

Cette équation fut vérifiée expérimentalement par Thomson, H.-A. Wilson et Millikan. Les résultats expérimentaux prouvèrent que la masse des électrons, particules chargées négativement, croît en même temps que leur vitesse, et que, pour une vitesse tendant vers celle de la lumière, la masse tend vers l'infini.

Cette variation de la masse de l'électron négatif avec la vitesse, s'accorde très bien avec le taux de variation calculé, en supposant que cette masse soit toute d'origine électromagnétique. Selon l'hypothèse de Thomson, on peut interpréter cet accroissement de masse comme dû à des courants d'éther absorbés par les champs de force de la particule chargée. Alors, si une partie de la masse d'un électron est de la masse mécanique ordinaire, elle doit être extrêmement faible par rapport à celle d'origine électrique, puisque la masse électrique d'un corps dépend de sa vitesse et tend vers l'infini quand la vitesse du corps tend vers la vitesse de la lumière. Si les prémisses sont acceptées, il s'ensuit donc que la vitesse de la lumière est la vitesse maximum qu'un corps puisse atteindre, et que la variation de la masse électromagnétique d'un corps est la même que si la masse électrique existait seule et si la masse dynamique était nulle. En conséquence, on en a déduit que les électrons ne possèdent pas une masse matérielle dans le sens ordinaire du mot, et qu'ils n'ont d'autre masse que celle provenant de leur mouvement et de leur charge électrique. Lorentz a montré de plus que, selon toutes les probabilités, la masse de toutes les particules composant l'atome doit être affectée par leur vitesse de translation, au même degré que la masse électromagnétique des électrons.

Il semble donc que la masse des corps puisse être exprimée en fonction de leur énergie seulement. Einstein, se basant sur la théorie électromagnétique et sur le principe de la relativité, a déduit la relation suivante: $E = Mc^2$, où E représente l'énergie totale d'un corps de masse M , et c , la vitesse de la lumière. Les objections à l'hypothèse

énergétique de la matière disparaissent ainsi, puisque cette fois, la masse est exprimée en fonction de l'énergie seulement $M = \frac{E}{c^2}$; c , la vitesse de la lumière étant une constante. L'expression mécanique de l'énergie cinétique d'un corps, $e = \frac{1}{2} m V^2$, n'est plus qu'une parcelle de cette énergie totale, fonction de la masse.

La masse d'un corps étant fonction de son énergie totale, il s'ensuit que tout corps pèsera plus, chaud que froid, électrisé que neutre, en mouvement qu'au repos. Mais ces variations de masse sont trop faibles pour qu'il soit possible de les déceler, ainsi que le fait bien voir la relation précédente.

*

* *

Ces résultats ne signifient pas que la loi de la conservation de l'énergie n'est plus vraie, car l'énergie libérée par un changement de masse va accroître l'énergie d'un autre corps et, par suite, sa masse.

Il faut donc supposer que l'électricité est un phénomène de l'éther et que l'atome est constitué entièrement d'électrons.

“ L'atome matériel, comme l'écrivait Larmor, est formé entièrement d'éther et n'a pas de substratum matériel.”

Les répercussions de cette dernière hypothèse entraînent un bouleversement complet des théories de la genèse de la matière. C'est cette idée que semble développer Albert Nodon lorsqu'il écrit :

En s'appuyant sur les données précédentes, la formation des nébuleuses primitives aurait été causée par un afflux et une condensation de l'éther, donnant lieu à la formation d'électrons. Cette formation des électrons serait accompagnée de celle des noyaux ; puis, apparaissent les atomes simples, matériels, tels que ceux d'hydrogène, de nébulium, et d'hélium révélés par l'analyse spectrale dans la matière nébuleuse.

Toutes les formes d'énergie qui se trouvent dans l'univers proviennent de l'énergie intégrale de l'éther. Aussi, dit-on que l'éther est *la mère de la matière*.

Cette dernière théorie doit être acceptée avec réserve, car bien qu'elle paraisse découler des faits connus, néanmoins, elle présente le grave défaut de n'avoir pas été encore sanc-

tionnée par l'expérience. Quelques-uns se réclament d'avoir créé des atomes matériels à partir d'éther immatériel, mais ceci semble discutable.

Nous verrons dans un prochain article que, de même que l'énergie peut être transformée en matière, le phénomène inverse, *la dématérialisation de la matière*, est également possible, voire nécessaire pour expliquer la durée passée de l'univers.

Avec la destruction de la matière pondérable, disparaît la loi de la conservation de la matière, en sorte que nous pouvons dire avec Henri Poincaré : " Il y a dans le monde quelque chose qui se conserve ; " savoir quoi est l'accessoire.

Tout vient de l'éther et tout retourne à l'éther. Quant à la nature réelle de l'éther, il faut avouer qu'elle nous est totalement inconnue.

Pythagore disait : " C'est une substance céleste libre de toute matière perceptible." Et Gustave Le Bon ajoutait : " Nos connaissances de l'éther peuvent être comparées à celles d'un sourd de naissance pour la musique."

Je ne saurais mieux terminer cet article que par une citation de Nodon, tirée de son traité d'Astrophysique :

Nous avons considéré l'éther et son énergie intégrale comme les principes essentiels d'où proviennent la matière, l'énergie et la vie.

Il serait toutefois impossible d'admettre que l'énergie renfermée dans l'éther, moteur universel, puisse avoir une formation spontanée. Sous quelque forme que l'on retourne ce troublant problème, on est amené à reconnaître la préexistence d'une Puissance Supérieure, dont la Volonté Suprême domine l'Univers entier et qui lui survivra.

(A suivre.)

Louis CLOUTIER,
professeur à l'Université Laval.

OUVRAGES CONSULTÉS :

- Encyclopædia Britannica* (Ed. 1929).
Éléments d'Astrophysique (Albert NODON).
La Dominatrice du Monde et son ombre (Dr Félix AUERBACH).
Thermodynamique et thermochimie (J.-W. MELLOR).
Radium et radioactivité (J.-W. MELLOR).
La Dégénération de l'Énergie (Bernard BRUNHES).