

## 8. DIVULGAÇÃO E VULGARIZAÇÃO

*Além das suas notáveis qualidades de caracter e da sua grande capacidade criadora, Paul Langevin cultivou também com rara perfeição a arte difícil de divulgar a Ciência. Em homenagem à sua produção neste domínio reproduzimos a seguir algumas passagens dum artigo que o ilustre fisico publicou no n.º 4 de La Pensée (Setembro, 1945). Agradecemos à Redacção desta revista a amabilidade de ter autorizado a sua transcrição.*

### L'ÈRE DES TRANSMUTATIONS

On ne saurait exagérer l'importance de l'évènement que représente, pour l'avenir de l'humanité, l'apparition de la bombe atomique. Il s'agit en effet de bien autre chose que de l'invention d'une arme nouvelle dont la terrible efficacité vient de hâter la fin du conflit qui, depuis six ans, embrasait la planète. Nous assistons, en réalité, sous une forme particulièrement dramatique, au début d'une ère nouvelle, celle des transmutations provoquées. Elle nous ouvre des perspectives qui vont bien au-delà du vieux rêve des alchimistes. Il ne s'agit plus de réaliser la synthèse de l'or, qui n'ajouterait rien au bonheur des hommes, mais de mettre à la disposition de ceux-ci les inépuisables réserves d'énergie cachées par la nature au coeur même des atomes, concentrées dans leur noyau, et dont l'existence nous a été révélée il y a cinquante ans à peine par la découverte de la radioactivité à laquelle sont associés les noms de Henri Becquerel, de Pierre et Marie Curie. Cette découverte aura peut-être pour l'avenir de la civilisation une importance comparable à celle qui permit aux hommes de maîtriser la puissance du feu, et ses applications, restées jusqu'ici limitées au domaine médical, dépasseront de beaucoup celles de la machine à vapeur et des moteurs à explosion ou à réaction.

Au moment même où l'achèvement de la guerre remet entre les mains des peuples du

monde entier leurs destins solidaires, et où il dépend d'eux d'orienter vers des fins bienfaisantes ou nuisibles l'immense pouvoir nouveau dont ils vont disposer, il est nécessaire que chacun de nous comprenne en quoi consiste la véritable révolution technique dont il est possible d'imaginer dès maintenant les répercussions.

\* \* \*

Jusqu'il y a un millier d'années, la source à peu près exclusive de l'énergie mécanique nécessaire à des travaux de plus en plus variés a été le muscle de l'esclave puis celui de l'animal de trait. Ensuite est venue, comme contribution essentielle, l'utilisation des forces naturelles de l'air et de l'eau, inaugurée depuis longtemps déjà par la navigation à la voile, mais développée surtout par l'intervention d'ingénieux moulins; la faible puissance de ces machines ne permettait pas à l'industrie de dépasser le stade artisanal. C'est la découverte, à la fin du dix-septième siècle, de la possibilité de transformer la chaleur en travail par la machine à vapeur, qui a marqué le début d'une ère nouvelle, celle de la grande industrie, des transports rapides par terre ou par mer et des grands échanges internationaux. La découverte des lois qui régissent les mystérieux phénomènes électriques et magnétiques, et leur utilisation depuis le der-

nier quart du dix-neuvième siècle pour transmettre à distance et diffuser à l'infini la force engendrée par la machine à vapeur, sont venues joindre à cette force une souplesse incomparable; en même temps l'invention des puissantes turbines hydrauliques et celle du moteur à explosion contribuaient à augmenter notablement la puissance dont nous disposons et la souplesse de son utilisation.

A l'énergie mécanique directement fournie par le vent ou les chutes d'eau s'était ainsi ajoutée, depuis plus de deux siècles, celle en laquelle les moteurs thermiques, à vapeur, à explosion ou à combustion, permettaient de transformer une partie de la chaleur d'origine chimique obtenue en brûlant du charbon, du bois ou du pétrole.

Toutes ces sources anciennes ou récentes sont alimentées, de façon plus ou moins différée, par le rayonnement solaire. A peu près nul dans le cas du vent, le retard va jusqu'à des mois ou des années pour les chutes d'eau lorsqu'elles sont alimentées par la fonte des neiges ou des glaciers, plusieurs dizaines d'années pour le bois, et d'immenses périodes géologiques pour le charbon de terre ou pour le pétrole.

Dans tous les cas, le rendement est déplorable et nous ne disposons ainsi que d'une infime partie de l'énergie déversée sur notre globe par l'astre central dont l'attraction nous maintient sous sa bienfaisante influence. L'utilisation directe de son rayonnement pour produire l'énergie mécanique dont nous avons besoin, ou même pour remplacer le foyer de nos chaudières, n'a reçu jusqu'ici aucune solution satisfaisante.

\* \* \*

Grâce à la découverte de la radioactivité, nous avons récemment compris que la source du rayonnement émis par le soleil et les autres étoiles se trouve dans les transmutations dont l'intérieur de ces astres est le siège en particulier, pour notre soleil, dans la condensation d'hydrogène en hélium.

Mais les actions d'ordre mécanique, physique ou chimique par lesquelles nous utilisons

une infime partie de l'énergie du rayonnement solaire sont elles mêmes d'ordre infiniment plus superficiel, pour la matière qui y participe, que les transmutations dont elles s'alimentent par l'intermédiaire du rayonnement...

Quelques chiffres montreront l'importance relative de ces actions mécaniques et chimiques et des transmutations dont elles ne sont qu'un très lointain écho. L'énergie mécanique apportée à la turbine qu'elle alimente par un kilogramme de l'eau qui descend dans une conduite forcée de mille mètres de hauteur est environ trois mille fois plus faible que celle, d'origine chimique, dégagée par la combustion d'un kilogramme de charbon ou de pétrole et celle-ci est *elle-même* vingt millions de fois plus faible que l'énergie dégagée dans le soleil par la transformation d'un kilogramme d'hydrogène en hélium. On aura une idée de l'énormité de la fournaise solaire par le fait qu'elle consume ainsi chaque seconde cinq cents milliards de kilogrammes d'hydrogène.

On voit par là quel intérêt présente pour nous la possibilité de réaliser nous-mêmes, à mesure de nos besoins, et avec un rendement acceptable, les transmutations si mal utilisées jusqu'ici, ou des réactions analogues.

Cette voie royale s'ouvre aujourd'hui devant nous; elle n'est pas sans dangers, mais ceux-ci ne sont pas plus grands, en égard aux avantages possibles, que pour tout autre moyen d'action nouveau, et il dépend de nous de savoir les éviter.

.....

La réaction nucléaire qui apparaît aujourd'hui comme la plus importante, celle qu'utilise la bombe atomique et que nous avons le devoir d'orienter vers des applications bienfaisantes, est celle du neutron sur certains noyaux complexes comme celui d'uranium. Joliot a particulièrement contribué à montrer que ces noyaux, après avoir intégré le neutron, deviennent particulièrement instables, puis explosent en dégageant une énergie considérable et projetant des fragments dont deux noyaux massifs, eux-mêmes radioactifs, et des

neutrons qui peuvent à leur tour provoquer l'explosion d'autres noyaux semblables au premier, propageant ainsi à la façon d'une combustion ou d'un incendie la même transformation dans toute la substance sensible préparée à cet effet. La mise de feu s'obtient par un dégagement initial de neutrons, obtenu, par exemple, au moyen d'une petite quantité de matière radioactive naturelle agissant, par les particules alpha qu'elle émet, sur du glaucinium<sup>(1)</sup> ou toute autre substance appropriée.

La propagation de la transmutation, par les neutrons qu'elle engendre elle-même, exige que ceux-ci, avant de disparaître autrement, aient une probabilité suffisante de rencontrer un noyau de la substance appropriée, et, par conséquent, que la concentration de celle-ci soit suffisante au voisinage du foyer initial. Lorsqu'elle est trop diluée, la propagation ne peut avoir lieu, pas plus que le charbon ne brûle lorsqu'il est mélangé à une proportion trop grande de matière inerte. Ceci permet de calmer une inquiétude souvent exprimée: comme l'imprudence d'un fumeur peut provoquer l'incendie d'une forêt entière, la transmutation commencée dans la bombe atomique ou dans la future supercentrale thermique consommant de l'uranium au lieu de charbon ou de mazout, ne peut-elle pas se propager malgré nous et provoquer l'explosion de la planète entière? Nous pouvons, en toute sécurité, répondre négativement à semblable question.

Pour les transmutations que nous savons maintenant produire et utiliser la forêt n'existe pas. Les substances destinées à être consommées, transmutes, dans les nouveaux foyers, ne peuvent pas plus transmettre l'incendie aux substances environnantes et aux matériaux dont notre globe est constitué, que le charbon brûlant dans une cheminée ne peut provoquer la combustion des briques dont celle-ci est construite, même si ces briques renfermaient une certaine proportion de charbon, à condition que celle-ci soit insuffisante pour leur permettre de brûler. La proportion d'ura-

nium ou d'atomes voisins dans les roches est infiniment trop faible pour que la transmutation par neutrons puisse s'y propager. Et il en est de même pour toute autre transmutation actuellement connue. La connaissance des masses atomiques nous montre d'ailleurs que l'immense majorité des atomes composant notre globe sont tellement stables en raison de leur faible contenu énergétique que les transmutations dont ils sont susceptibles, loin de dégager de l'énergie, exigeraient au contraire un apport extérieur. Aucun danger de catastrophe n'existe, au moins du genre de celle dont il est question ici.

\* \* \*

La seule catastrophe à craindre est celle qui résulterait d'un emploi volontaire et généralisé des nouvelles possibilités à des fins de destruction. Il dépend de nous d'y parer et d'orienter la technique des transmutations vers l'amélioration du sort des hommes. Elle peut beaucoup dans ce sens par l'accroissement illimité de puissance qu'elle met à leur disposition et que l'électricité nous permet de diffuser partout, comme le réseau des artères et des capillaires apporte à chaque cellule de l'organisme humain les possibilités d'alimentation et d'élimination que leur offre le sang.

Avant la guerre, qui est venue changer l'orientation des recherches en vue d'applications, Joliot prévoyait déjà la possibilité de créer des centrales thermiques produisant chacune de manière permanente trois cent mille kilowatts en consommant par an une seule tonne d'uranium au lieu des trois millions de tonnes de charbon ou de mazout nécessaires avec les turbines à vapeur actuelles.

Cette puissance représente plus du dixième de celle de l'ensemble des usines électriques, soit hydrauliques, soit thermiques, équipées en France, de sorte que la consommation actuelle totale de notre pays en énergie électrique serait assurée pour un an par la transmutation de moins de dix tonnes d'uranium, quantité qu'un wagon ordinaire suffirait à transporter. Si l'on voulait décupler cette

<sup>(1)</sup> Berilio.

consommation, le chargement d'un seul cargo suffirait à l'assurer pour un siècle.

On peut facilement calculer que l'énergie mise ainsi à la disposition de chaque habitant, utilisée sous forme mécanique, représenterait l'équivalent du travail fourni par dix hommes robustes, de sorte que chaque famille moyenne disposerait, pour satisfaire à tous ses besoins, de quarante ou cinquante esclaves, infiniment discrets et dociles, ne demandant ni nourriture, ni logements, ni soins.

Ces esclaves, animés par l'électricité, seraient représentés matériellement par des machines réparties entre les mines, carrières et

usines pour l'extraction et l'élaboration des matières premières, les exploitations agricoles et enfin l'habitation, pour ce qui concerne les usages domestiques, sans compter les moyens de transport, de plus en plus souples et de plus en plus rapides.

Cette libération matérielle rendrait la libération spirituelle, le développement de la culture, non seulement possible grâce aux loisirs qu'elle assurerait, mais encore nécessaire en raison de la nécessité pour l'homme de créer et de conduire des machines de plus en plus délicates et complexes.

P. LANGEVIN

## 10. QUÍMICA

### SOBRE A NOÇÃO DE PESO ATÓMICO

É costume atribuir aos Gregos uma ideia de «átomo» análoga à nossa. Na verdade, foi apenas no início do século XIX que Dalton estabeleceu os alicerces da moderna teoria atômica. A sua explicação da lei experimental das proporções definidas baseou-se numa hipótese muitíssimo fecunda: existência de átomos como constituintes mínimos das várias substâncias; os átomos duma substância são todos iguais, nomeadamente têm todos o mesmo peso.

Não é necessário insistir aqui sobre a história longa e gloriosa da formulação rigorosa da teoria atômica...

Como é do conhecimento geral, a hipótese de Dalton tornou possível a construção duma tabela de pesos atômicos relativos, isto é, dos pesos que teriam os átomos dos vários elementos químicos se a um deles (o hidrogénio) se atribuísse o peso 1. Assim, verificou-se que o peso atômico do oxigénio era, então, 16 e, a partir deste, utilizando freqüentemente os óxidos, determinaram-se os pesos atômicos de muitos outros elementos. Contudo, com o aperfeiçoamento dos métodos, verificou-se posteriormente que a razão  $H:O$  era 1:15,88

e não 1:16, como se pensara. Esta circunstância obrigava, ou a modificar na proporção de 15,88:16 os pesos atômicos de todos os elementos, conservando o peso 1 para o hidrogénio, ou a manter os valores já obtidos, adoptando simplesmente 1,008 para peso atômico do hidrogénio. Preferiu-se com razão a segunda alternativa e o peso atômico de referência passou então a ser o do oxigénio, com o valor convencional 16, rigorosamente.

Por outro lado, durante algum tempo, os valores, praticamente inteiros, encontrados para os pesos atômicos dos vários elementos foram considerados como justificativos da hipótese de Prout, de que todos os átomos eram agregados de átomos de hidrogénio. Mais tarde, um maior rigor nas determinações veio mostrar que, na realidade, todos os pesos atômicos diferiam de números inteiros. Em particular, o cloro, por exemplo, com o peso atômico 35,46 apresentava um desvio que excedia largamente os erros experimentais. Havia pois, ou que abandonar a hipótese dos pesos atômicos inteiros, ou que lhe adicionar uma nova hipótese, a submeter à decisão experimental: a existência de átomos em tudo