

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 82 (1956)  
**Heft:** 21: Énergie nucléaire, fascicule no 1

**Artikel:** Physique classique et physique nucléaire  
**Autor:** Mercier, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62086>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## PHYSIQUE CLASSIQUE ET PHYSIQUE NUCLÉAIRE

par R. MERCIER, professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne

### Introduction

Il m'échoit aujourd'hui l'honneur, un honneur périlleux, d'ouvrir la série des exposés de ce cours qui est destiné à préparer les esprits à envisager sérieusement le problème de l'exploitation de cette nouvelle source d'énergie, souvent dénommée atomique et que l'on devrait plutôt appeler nucléaire. Il a semblé utile de commencer ce cours d'information par une analyse, forcément rapide, donc superficielle, des bases de la physique et de son évolution récente.

On a dit quelquefois que nos connaissances des lois fondamentales de la nature avaient subi une révolution. Le mot est peut-être trop fort, mais il y a eu effectivement une évolution extrêmement rapide de toutes les sciences au cours de ces cinquante dernières années et l'évolution de la physique est de nature telle qu'elle laisse perplexe certains esprits.

Dans cette discipline scientifique, l'évolution présente deux aspects :

1° Un aspect *encyclopédique*. Notre catalogue des faits bruts expérimentaux s'est enrichi à une vitesse croissante, qui rend difficile son assimilation même pour ceux qui essaient de s'y consacrer. La richesse de cet apport nouveau est due au développement des moyens techniques d'investigation et à l'accroissement du nombre de ceux qui consacrent leur temps à les utiliser.

2° Un aspect *maïeutique*, au sens d'Aristote. Certains faits expérimentaux sont de nature telle qu'ils ont nécessité une modification dans la façon d'envisager ce qu'on nomme la « réalité physique ».

Je me propose ici d'insister plutôt sur ce second aspect et de faire comprendre les raisons pour lesquelles il n'est pas facile à un esprit, lorsqu'il a été imprégné de la pensée scientifique du XIX<sup>e</sup> siècle, d'acquiescer sans réserve aux conclusions de celle du XX<sup>e</sup>, ni d'assimiler immédiatement les réalisations nouvelles qui en sont les conséquences aussi bien sur le plan matériel que sur celui des idées.

### La science du XIX<sup>e</sup> siècle

Un rapide coup d'œil en arrière nous fait voir comment les découvertes nombreuses et importantes qui furent le fruit du XIX<sup>e</sup> siècle, en s'additionnant à celles du XVIII<sup>e</sup>, ont permis l'élaboration d'une science de moins en moins épisodique, de plus en plus homogène et dominée par un nombre de plus en plus restreint de principes fondamentaux. Ce XIX<sup>e</sup> fut le siècle de la découverte de l'énergie, notion fort abstraite au début, et pour laquelle on a fini par énoncer un principe de conservation, connu sous le nom de « premier principe de la thermodynamique » ou principe de Mayer. Ce fut également le siècle de l'invention de l'entropie, entité non moins abstraite pour laquelle on a également postulé une loi de conservation moins générale que la première. A ce propos il est intéressant de noter que

dès que l'on peut affirmer la conservation d'une grandeur, celle-ci gagne, un peu par habitude, un caractère de réalité qui pouvait lui manquer auparavant.

Sans vouloir donner des exemples qui sont nombreux en optique, en thermique et en électricité, nous pouvons remarquer, en physique, une tendance générale tout au long de ce siècle (tendance que certains esprits ont encore aujourd'hui) qui consiste à donner à tous les phénomènes une *explication mécanique*.

La mécanique est une partie de la physique qui fut une des premières à se développer. Elle avait pris très tôt déjà une forme très rigoureuse et mathématisée et cette forme répondait bien aux critères scientifiques que Descartes avait énoncés dans son « Discours de la Méthode » : netteté et évidence des objets définis, applications correctes du principe de causalité. Il semblait donc souhaitable de réduire toutes les disciplines de la physique à une sorte de mécanique universelle. Selon cette *tendance mécanistique*, qui d'ailleurs répond à la tournure d'esprit de l'ingénieur, le monde dit inerte devait être régi par des lois revêtant la forme d'équations différentielles ; les conditions initiales, connues à un instant donné, auraient suffi alors (en principe tout au moins) pour prédire l'avenir avec une sûreté infailible et pour retracer le passé dans tous ses détails. C'était vraiment un monde idéal pour l'exercice d'une profession technique !

La découverte même de la nature atomique de la matière et de l'électricité semblait parfaire ce tableau où la nature tout entière apparaissait sous la forme d'un gigantesque et multiple jeu de billard...

Toutefois, à y regarder de plus près, certaines difficultés subsistaient, qui apparaissaient particulièrement lorsque l'on cherchait à s'expliquer la stabilité étonnante de l'électron et de l'atome ou encore au moment où l'on s'apercevait que les spectres lumineux, contrairement à ceux de l'acoustique, échappaient aux lois harmoniques de Fourier.

### Les champs et les ondes

Disons encore que, complétant le point de vue mécanistique, s'était développée la notion de champ de forces. Ce concept fournissait aux actions électriques, magnétiques et gravifiques une explication peut-être purement verbale mais que l'habitude transformait bientôt en évidence scientifique. La réalité des champs s'imposait d'autant mieux à l'esprit scientifique qu'il avait été possible d'étendre encore leur domaine d'application et de rendre compte de phénomènes (lumineux, en particulier) en imaginant que ces champs pouvaient se propager par ondes. [Il convient de rappeler ici que cette dernière notion était née de l'étude de la mécanique des fluides puis des solides élastiques.] On disposait donc, par la juxtaposition des deux entités, corpuscules et ondes, d'un schéma explicatif puissant.

Dans ce schéma, la matière et l'électricité possèdent une structure discontinue et obéissent aux lois de la mécanique, tandis que l'interaction de ces objets s'explique par un jeu de forces éventuellement transportées par ondes.

Un certain nombre de principes de conservation donneront une base solide au règlement de ce grand jeu.

C'est tout d'abord le principe de *conservation de la matière*, ou principe de Lavoisier, qui d'ailleurs s'identifie partiellement au principe de conservation de la masse (Newton). On sait que 2 grammes d'hydrogène (notion de masse !) s'alliant à 16 grammes d'oxygène donnent toujours 18 grammes d'eau et on le sait parce qu'on l'a vérifié de nombreuses fois. Cette loi de conservation sera encore valable lorsque les corps en présence changent de forme ou plus exactement de phase. C'est ainsi que 12 grammes de diamant (un solide) se combinant à 32 grammes d'oxygène gazeux donnent exactement 44 grammes d'anhydride carbonique, même si ce dernier est réduit dans sa phase liquide (ce qui est possible sous 52 atmosphères). Aucun doute n'était permis concernant cette loi de conservation, car elle se vérifiait d'autant plus exactement que la technique des mesures devenait plus précise.

Et puis ce principe de conservation de la masse devait être vrai, quelle que fût la vitesse de déplacement du corps qui, pour acquérir un accroissement de vitesse  $\Delta v$  nécessitait, selon Newton, l'exercice d'une force  $F$  pendant un temps  $\Delta t$  suffisant et tel que le quotient de l'impulsion  $F \cdot \Delta t$  par l'accroissement de vitesse  $\Delta v$  restait constant. C'est ce quotient  $m$ , la masse du corps, qui constituait la mesure de son intégrité matérielle.

Un second principe, celui de la *conservation de la charge électrique*, confère également à ce concept abstrait (la charge) un caractère de réalité tel que personne ne s'étonne plus : un électron ou un proton possèdent une charge électrique qui leur appartient comme une qualité propre et invariable. Cette charge est susceptible d'être mesurée (par comparaison naturellement), et il n'existe que deux sortes de charges, pas une de plus. Et lorsque deux charges de sortes différentes s'allient, le résultat ressemble à une addition ou une soustraction ; ce qui a permis d'exprimer la charge dans l'échelle des nombres algébriques ; les charges électriques sont donc des quantités scalaires. Le principe de conservation s'énonce alors en affirmant que, lorsque aucune charge ne traverse une surface fermée, la somme algébrique de celles qui sont contenues dans le volume ainsi délimité ne peut pas varier, quels que soient les phénomènes qui puissent s'y passer. Ajoutons tout de suite que jusqu'à maintenant aucune expérience ne permet de mettre en doute cette loi, qui constitue encore l'une des bases de la physique.

J'aurais dû peut-être placer en tête de cette énumération (au surplus non extensive) le principe de *conservation du temps*. Il postule que rien n'empêche d'employer dans n'importe quelle expérience une horloge (dite absolue) qui indiquerait l'heure simultanément en tous les points de l'espace, c'est-à-dire indépendamment du référentiel utilisé. Sur la base de cette horloge, on peut concevoir qu'il existe dans l'espace un système d'axes privilégié, caractérisé par le fait que les ondes lumineuses émises par une source qui y serait au repos

auront la forme de sphères toutes concentriques, et ce système doit alors être unique. Ce référentiel pourra recevoir le qualificatif d'absolu.

Vous allez me dire : « Et le principe de la conservation de l'énergie ? vous semblez l'oublier. » Non, car le voilà : dans un ensemble de corps soustraits à toute action extérieure et qui seraient enfermés dans une enceinte parfaitement réfléchissante pour tous les rayonnements (ce qui exclut toute radiation vers l'extérieur), la somme des énergies présentes sous différentes formes à l'intérieur de cette enceinte reste invariable. Entendons-nous bien, la quantité d'énergie contenue sous chacune des formes peut bien varier, mais non leur somme.

Par contre, si cet ensemble n'est pas isolé et que l'on permette à des forces exercées par des corps extérieurs d'effectuer un travail sur la matière enfermée, et si l'enceinte se laisse traverser par des champs électriques ou magnétiques, alors cette somme des énergies internes ne reste plus invariable ; son accroissement sera numériquement égal à la somme des travaux de ces forces et de l'intégrale dans le temps du flux entrant du vecteur radiant  $S$  de Poynting

$$d\Sigma U = \delta T + d\Phi_s.$$

Dans ce bilan, ce qu'on appelle chaleur n'est qu'une partie du travail mécanique, le travail provenant des forces de contact avec l'extérieur qui se déplacent du fait d'une « agitation thermique ».

Voilà donc en gros ce qu'affirmait la physique classique. Est-ce encore ce que l'on peut soutenir aujourd'hui ?

Eh bien non, car un certain nombre de faits sont venus contredire sur bien des points ce bel édifice doctrinal.

### La relativité

La première brèche fut ouverte lorsqu'une série de mesures très précises eurent montré qu'il existait beaucoup de référentiels en mouvement relativement les uns aux autres et dans lesquels les ondes lumineuses de la même source sont toutes sphériques et concentriques, la vitesse de leur propagation valant toujours 299 784 km/s., désignée par  $c$ . En conséquence de quoi, il n'existe pas de temps absolu. Du coup on a perdu un absolu mais on a gagné une constante universelle,  $c$ , la vitesse de la lumière. Dès ce moment, il faut envisager un temps propre à chaque système d'axes. Les durées séparant un couple d'événements observés dans deux référentiels peuvent différer énormément l'une de l'autre si la vitesse relative des observateurs est proche de celle de la lumière. C'est ainsi que pour des mésons, la vie moyenne peut être de 2 microsecondes pour un observateur qui les accompagne et dix fois supérieure pour celui qui, comme nous, les voit circuler à grande allure.

Une seconde conséquence tirée de ces observations sera que la masse d'un seul et même objet n'est plus une qualité intrinsèque de celui-ci mais une fonction croissante de sa vitesse, et cette masse tendra vers l'infini lorsque la vitesse de l'objet s'approche de  $c$  (fig. 1). Là encore il faut préciser : ce que nous appelons la masse de l'objet est un coefficient défini comme

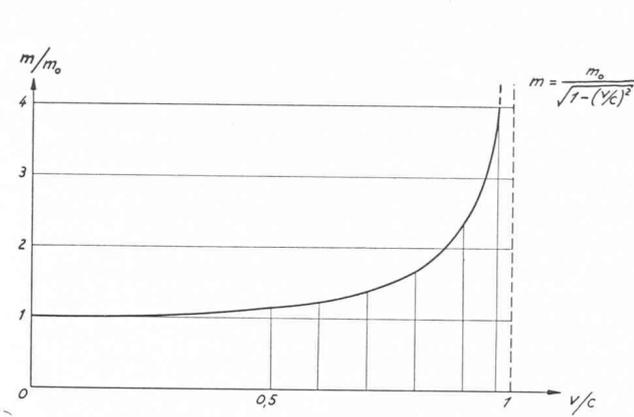


Fig. 1. — Variation de la masse avec la vitesse.

le quotient de sa quantité de mouvement par sa vitesse (fig. 2) ; ce coefficient, qui s'identifiait dans l'ancienne physique à notre première définition, est destiné à sauvegarder dans la nouvelle le principe de la conservation de la quantité de mouvement en même temps que les équations fondamentales de l'électricité.

Mais alors apparaît une troisième conséquence absolument fondamentale, qui est l'affirmation de l'équivalence de la masse et de l'énergie. Considérons le travail de la force qui accélère le corps. Le calcul montre que ce travail, qui est récupérable, comme dans l'ancienne physique, est égal à l'accroissement du produit  $m \cdot c^2$  :

$$F \cdot ds = d(m \cdot c^2) = c^2 \cdot dm.$$

Ainsi l'énergie cinétique acquise par le corps se traduit en un accroissement de sa masse. Il y a équivalence entre celle-ci et l'énergie et ce résultat peut être généralisé en postulant un nouveau principe de conservation de la somme

$$E + mc^2$$

fusionnant ainsi d'une façon inattendue ceux de Newton, de Lavoisier et de Mayer. Ainsi, un objet ou un ensemble qui perd de l'énergie perd aussi de la masse. Et lorsque 2 grammes d'hydrogène se combinent avec 16 grammes d'oxygène, on n'obtient pas tout à fait les 18 grammes d'eau prévus, mais un peu moins, le reste étant représenté par la chaleur de combustion qui est partie. Du fait de l'énormité du facteur  $c^2$ , ce reste n'est pas mesurable à la balance. A titre d'exemple, et pour montrer combien la masse équivalant à l'énergie est faible, une production de 50 milliards de kilowatt-heures correspond à une perte de 1 kilo.

Dans les noyaux atomiques, les vitesses de leurs constituants sont faibles, aussi ne sera-t-il pas nécessaire de tenir compte de la correction relativiste des masses ; par contre les énergies de liaisons qui y sont concentrées sont énormes et se traduisent par des pertes de masse mesurables cette fois. En effet, on vérifie que la masse totale n'est pas égale à la somme des masses de leurs parties.

**Les photons**

Une deuxième brèche dans l'édifice classique fut entamée lors de l'étude de l'effet photoélectrique et de

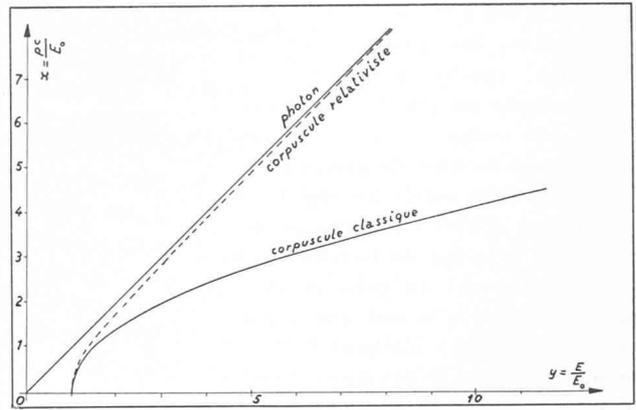


Fig. 2. — Variation de la quantité de mouvement avec l'énergie.

l'effet Compton. Dans le premier, la lumière (visible, ultraviolette X ou gamma) montre qu'elle est capable d'arracher des électrons à un métal ou à une molécule irradiés ; l'effet Compton, d'autre part, consiste en un changement de fréquence des rayons X ou gamma lorsque ceux-ci sont déviés par les électrons d'un atome. Au cours des processus élémentaires qui donnent lieu à ces deux phénomènes, la lumière se comporte comme si elle était formée de grains appelés photons. Ces corpuscules, tous animés de la même vitesse  $c$  dans le vide, ne se distinguent les uns des autres que par leur énergie individuelle et cette dernière s'avère strictement proportionnelle à la fréquence attribuée à l'onde lumineuse, selon la loi

$$E = h \cdot \nu.$$

Dans la photoélectricité, la totalité de cette énergie est transférée d'un seul coup du photon à l'électron (fig. 3) qui en est frappé (le choc est mou), tandis que dans le phénomène Compton le choc est élastique, une partie seulement de l'énergie étant transférée à l'électron ; le surplus apparaît à nouveau sous la forme d'un photon dévié dont l'énergie (donc la fréquence) est plus faible (fig. 4).

Cette affirmation de l'existence de photons détruit l'image précise, cartésienne que l'on s'était faite de la lumière à la suite des travaux sur ses interférences ;

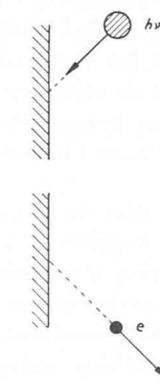


Fig. 3. Production d'un photoélectron.

PHOTOÉLECTRON

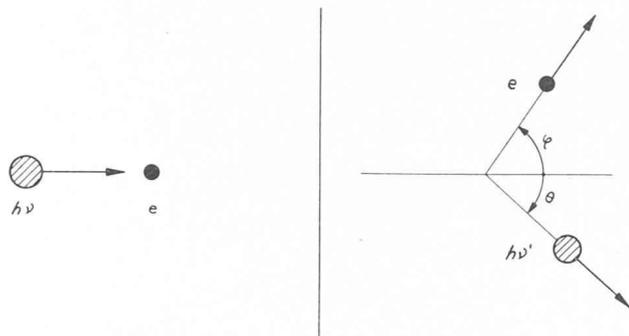


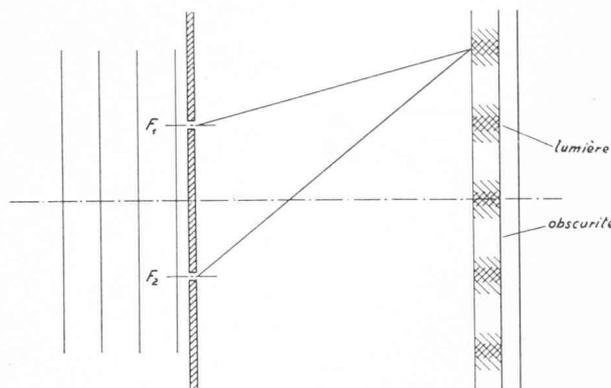
Fig. 4. — Effet Compton.

mais pour ces dernières doit subsister l'explication ondulatoire. Tout ceci montre que la lumière *n'est pas* une onde mais que dans certaines circonstances il est possible de prévoir son action en faisant des calculs sur des ondes ; la lumière n'est pas non plus une particule, mais il est possible dans d'autres circonstances de calculer son effet en assimilant le flux lumineux à une pluie de particules. Veut-on garder une seule des interprétations et l'on est amené à des affirmations étranges, certainement contraires au bon sens.

Considérons en effet (fig. 5) un faisceau lumineux monochrome qui tombe sur deux fentes parallèles après lesquelles on place un écran constitué par une plaque photographique. On y observe des franges d'interférences, c'est-à-dire une alternance de zones éclairées et de régions obscures où la lumière n'a pas d'action. La théorie ondulatoire donne immédiatement l'explication de ces régions obscures : les ondes y parviennent en même temps, en provenance de chacune des fentes, mais leurs phases sont opposées et la superposition de ces deux ondes donne un effet nul. Mais les régions impressionnées ne le sont pas uniformément et il semble que ces ondes lumineuses ont brusquement dévié leur chemin afin de concentrer sur quelques grains de l'émulsion photographique l'énergie nécessaire à sa transformation chimique. Admettons maintenant, pour expliquer cet effet photoélectrique sur le bromure d'argent, la forme corpusculaire de la lumière, le photon. Le noircissement de l'émulsion s'explique fort bien par une pluie discontinue de ces derniers, mais ce sont dans ce cas les régions obscures qui deviennent incompréhensibles : les photons n'y vont pas, alors que si l'on ferme une des fentes cette interdiction semble levée et la pluie de photons s'étend uniformément sur la plaque. Comment fait donc un photon, lorsqu'il passe une des fentes, pour savoir si l'autre est ouverte ou fermée et pour choisir en conséquence sa trajectoire ? On peut répondre qu'il passe simultanément les deux fentes et cela nous ramène à la conception ondulatoire.

Nous voyons que la nouvelle physique doit tenir compte simultanément des deux conceptions onde et corpuscule, c'est-à-dire admettre dans son formalisme la « dualité » de la lumière.

Or cette dualité que présentent les phénomènes lumineux, les jets électroniques, ioniques, atomiques et moléculaires la manifestent aussi ; c'est ce qu'ont établi les physiciens dans de belles expériences d'« interférences matérielles » et dont les conclusions sont concrètes,



## INTERFÉRENCES

Fig. 5. — Interférences lumineuses créées par deux fentes.

tisées, par exemple, par la réalisation des « diffractographes électroniques ». Dans ceux-ci, on analyse la structure des cristaux en remplaçant les rayons X par des jets électroniques. D'ailleurs, les théoriciens ont prédit tous ces phénomènes grâce à l'emploi, il est vrai, de formalismes nouveaux, purement abstraits qui opèrent, non pas sur les grandeurs observables directement mais sur des êtres nommés « fonctions d'onde », par l'intermédiaire desquels on peut prévoir la probabilité d'un événement. Les calculs conduits au moyen de ces formalismes cessent d'être mécaniques et cette physique ne permet plus de suivre par la pensée le cheminement des objets microscopiques tout le long de leur destinée. Tout ce que ces calculs peuvent donner, ce sont des corrélations (d'ailleurs de nature probabiliste) entre les résultats de deux observations faites successivement sur le même système.

Nous concevons maintenant quelques raisons pour lesquelles, à l'échelle de l'atome et plus encore à celle du noyau, les raisonnements classiques ne sont plus efficaces. Tout au plus peut-on, après avoir fait les calculs nécessaires en physique des quanta, essayer d'en donner les résultats en les interprétant dans un langage imagé, transposé et approximatif ; et l'image qui sera invoquée, boule, sphère, rayon, vitesse, phase, etc., devra être choisie en fonction du phénomène décrit. Finalement l'esprit non averti en acquerra le sentiment que tout cela n'est pas sérieux. Et, à moins d'avoir contrôlé soi-même et à diverses reprises l'efficacité des procédés de calcul abstraits de la physique actuelle, on aura de la peine à admettre qu'ils puissent correspondre à des réalités et avoir des répercussions à l'échelle technique. Et pourtant...

Et pourtant les réacteurs nucléaires fonctionnent, où des grammes sont transformés en kilowattheures, où du cuivre devient presque aussi dur que l'acier, où l'on transmute des atomes que la nature nous livre en substances chimiques nouvelles, comme le plutonium, que la nature n'a pas dans ses stocks. Et pourtant c'est en s'appuyant sur cette physique nouvelle que l'on a construit des bombes aux effets terrifiants.

Permettez-moi encore deux exemples de détail.

Pour rechercher dans l'atome la région où se localise sa masse, on bombarde ceux-ci au moyen de projectiles

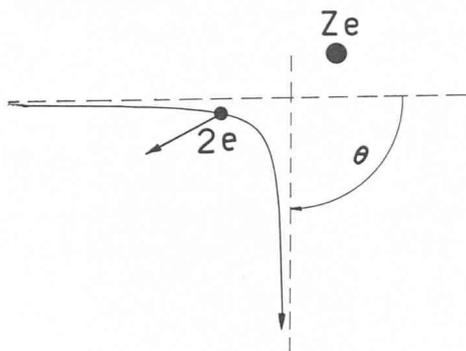


Fig. 6. — Diffusion de particules alpha par un noyau fixe.

électrisés, les particules alpha, que fournissent les corps radioactifs ou encore des machines accélératrices, et on observe la diffusion de ces projectiles (fig. 6). La mécanique classique indiquait que la charge positive de l'atome (il en contient certainement puisqu'il est neutre et contient des électrons) devait imposer à ces projectiles une trajectoire hyperbolique. La statistique des déviations effectivement produites a permis d'établir les points suivants :

1. La charge positive est liée à la masse principale de l'atome, et occupe le même volume.
2. Cette charge est égale au numéro atomique du corps (voir table des chimistes).
3. Le diamètre de cette charge répulsive ne dépasse pas le dix-millième de celui de l'atome ; on a découvert le *noyau* de l'atome.

D'autres renseignements découlent encore de cette étude, en particulier le fait qu'à très petite distance ( $10^{-13}$  cm) la répulsion électrique fait place à une attraction dont le potentiel varie probablement comme :

$$\frac{e^{-kr}}{r}$$

On a donc découvert les *forces nucléaires* (fig. 7).

Or en opérant avec d'autres projectiles, neutrons, protons, on s'aperçoit que le diamètre du noyau n'est pas une constante, car la surface de la cible qu'il représente, sa *section efficace*, dépend du projectile ainsi que

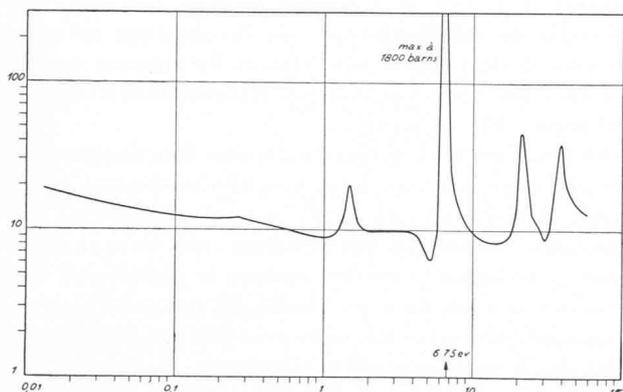


Fig. 8. — Section efficace.

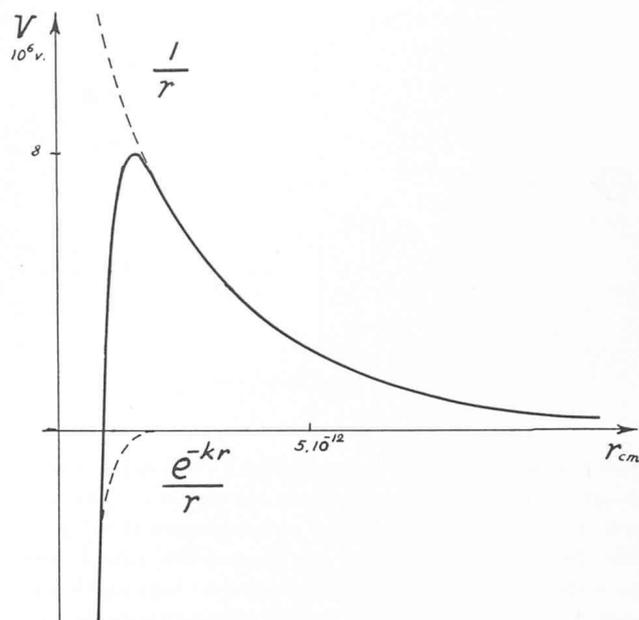


Fig. 7. — Champ de potentiel dans le voisinage d'un noyau. A très faible distance il y a attraction.

de sa vitesse (fig. 8). Et ce n'est pas un petit effet, car cette section efficace peut varier dans le rapport de 1 à 200 000, autrement dit, voyant s'avancer un projectile favorable, le noyau s'enfle de 500 fois !

Le second exemple concerne le comportement d'une particule, un proton par exemple, enfermé dans un « pot de potentiel ». C'est l'image du proton retenu par les forces nucléaires à l'intérieur du noyau. D'après la physique classique, tant que l'énergie du proton n'atteint pas le niveau de la « crête » du mur (de potentiel), il sera inexorablement renvoyé en arrière et il lui sera impossible de sortir. La physique quantique, par contre, qui tient compte de l'aspect ondulatoire de la particule, représente le mur comme une paroi semi transparente (fig. 9). Le problème devient alors formellement semblable à celui des ondes évanescentes dans la théorie

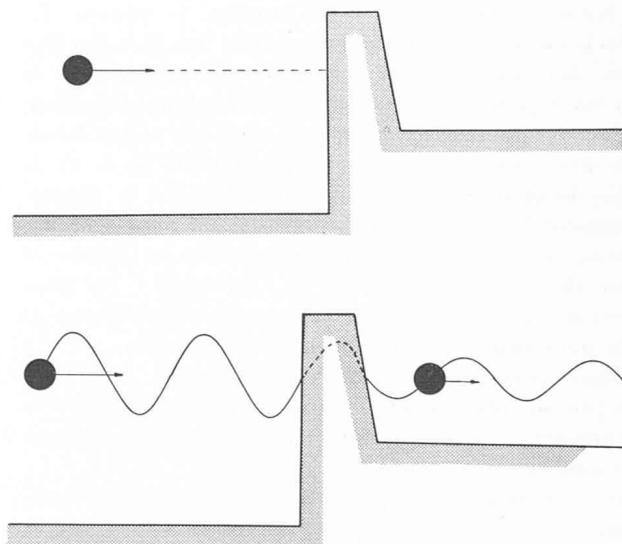


Fig. 9. — Effet de « tunnel ». Une barrière de potentiel est partiellement « transparente » au projectile.

classique de la réflexion totale. Cette physique offre alors au proton une possibilité d'en sortir et la probabilité de cette sortie ne dépend que de l'épaisseur du mur et non plus de sa hauteur. C'est là une des clefs de la radioactivité et de tous les effets dits « de tunnel ».

Peut-être cet exposé a-t-il trop fortement souligné l'aspect insolite de cette physique relativiste et quantique et va-t-il propager l'idée que la suite de ce cours aura une forme ésotérique que seuls quelques initiés seront à même de percer. Rassurez-vous, car les choses sont beaucoup plus favorables qu'il ne paraît à première vue. Ce n'est que dans l'analyse intime des phénomènes, dans le jeu des éléments microscopiques que les choses apparaissent si déconcertantes. Beaucoup s'arrangent, par contre, lorsqu'on reste au niveau humain. En effet, des simplifications importantes résultent de la loi des grands nombres quand on envisage un ensemble qui

compte un très grand nombre d'individus atomiques. De plus un principe magnifique semble régir le monde physique, celui de *correspondance*. Selon ce principe, les lois du microcosme revêtent une forme telle que l'on doit retrouver celles de la physique classique quand on fait une statistique à grande échelle ou lorsque les systèmes envisagés comportent un grand nombre de quanta.

Or l'exploitation de l'énergie nucléaire dans un réacteur, c'est de la physique à grande échelle ; aussi retrouverez-vous, avec plaisir je pense, dès qu'il s'agira des applications, les bonnes vieilles lois du XIX<sup>e</sup> siècle, celles de la conduction de la chaleur, des fluides continus, du rayonnement, et l'on comptera en kilowatt-heures et en mégajoules.

A ce niveau-là, la physique classique gardera la valeur d'une première approximation.

## CONSTITUTION DES NOYAUX

### RÉACTIONS NUCLÉAIRES-FISSIONS-RADIOACTIVITÉ

par CH. HAENNY

professeur à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne

Pendant le temps restreint dont je dispose, je voudrais vous exposer quelques notions de physique nucléaire simples, choisies de manière qu'elles permettent de comprendre le principe du fonctionnement des réacteurs nucléaires et quelques-unes des possibilités offertes par ces nouveaux générateurs d'énergie. Pour cela, il est avant tout nécessaire de considérer deux espèces d'objets : le neutron et les noyaux des atomes.

Les neutrons sont des particules neutres qui disparaissent rapidement dans la matière. Il s'agit de corpuscules qui ne peuvent être ni conservés, ni stockés d'une manière ou d'une autre.

Ils existent dans la nature, produits sans cesse par la radiation cosmique, rapidement capturés par les noyaux des atomes dont ils sont l'un des constituants, l'autre étant les protons.

Ces deux particules nucléaires neutron et proton sont à peu près de même masse, elles diffèrent essentiellement du point de vue électrique. Tandis que le neutron est électriquement neutre, le proton est, lui, chargé d'électricité positive. A l'intérieur des noyaux cette différence ne joue pas un rôle aussi important qu'on pourrait s'y attendre. Si bien que l'on désigne chacune de ces particules du nom générique de nucléons.

Le noyau atomique doit être considéré comme un ensemble dense, compact de ces nucléons en agitation perpétuelle. De même qu'à une échelle différente, les molécules dans la goutte d'un liquide sont sans cesse soumises à une agitation thermique et à des collisions réciproques.

Si l'on met à part le noyau de l'hydrogène qui est un proton, dans les noyaux, le nombre des neutrons

égale, ou peut dépasser celui des protons. L'excès de neutrons grandit à mesure que les noyaux considérés sont plus lourds.

Un noyau quelconque est défini par le nombre de chacun de ses constituants :

- $Z$ , le nombre des protons, exprime aussi le nombre de charges positives du noyau (en prenant pour unité la charge élémentaire d'un proton qui égale en valeur absolue celle de l'électron). Il correspond aussi au nombre d'électrons périphériques qui, avec le noyau, constitue l'atome complet. C'est la raison pour laquelle  $Z$  est aussi appelé nombre atomique ou numéro atomique. Il définit de nombreuses propriétés physiques et les propriétés chimiques, il est donc caractéristique de l'élément chimique auquel appartient l'atome et son noyau.
- $N$ , le nombre de neutrons d'un noyau, ne modifie pas, par sa variation, la nature chimique de l'atome. Des noyaux qui ont même valeur de  $Z$  et des valeurs différentes de  $N$ , bien qu'appartenant au même élément chimique, n'en constituent pas moins, du point de vue nucléaire, des espèces différentes. Chacune de ces espèces porte le nom d'isotopes. Les éléments chimiques naturels stables sont généralement constitués de plusieurs isotopes. On parle alors du mélange isotopique naturel ou commun.

Il est avantageux de désigner un isotope en précisant sa nature par les deux grandeurs :  $Z$  et  $(Z + N) = A$ , nombre de nucléons ou nombre de masses ou, ce qui