# Jacques Lalive d’Épinay[[1]](#footnote-1), « [Science et technique] L’industrie suisse et l’utilisation de l’énergie atomique à des fins pacifiques (I) », *La Lutte syndicale. Organe officiel de la Fédération suisse des ouvriers sur métaux et horlogers* (23 novembre 1955)

[fr] Dans ce premier volet d’une série consacrée à l’énergie atomique, l’ingénieur Jacques Lalive d’Épinay expose les enjeux de son utilisation pacifique pour la Suisse et le monde. Il rappelle les grandes étapes des découvertes atomiques, de Becquerel à Hiroshima, et les premières réalisations techniques (réacteurs, sous-marins, centrales). Tout en soulignant l’importance vitale de poursuivre le développement hydraulique pour le pays, il insiste sur la nécessité d’anticiper les besoins énergétiques futurs par l’étude du nucléaire, même si de nombreux problèmes techniques restent à résoudre et que le coût de l’électricité nucléaire demeure incertain. L’article présente également, à des fins de vulgarisation, des notions fondamentales de physique nucléaire — structure de l’atome, isotopes, fission et réactions en chaîne — pour permettre aux lecteurs de mieux comprendre les perspectives et les limites de cette nouvelle source d’énergie.

[de] In diesem ersten Teil einer Serie über die Atomenergie erläutert der Ingenieur Jacques Lalive d’Épinay die Bedeutung ihrer friedlichen Nutzung für die Schweiz und die Welt. Er erinnert an die wichtigsten Etappen der Entdeckungen von Becquerel bis Hiroshima und an die ersten technischen Realisierungen (Reaktoren, U-Boote, Kraftwerke). Während er die Notwendigkeit betont, die Wasserkraft weiter auszubauen, unterstreicht er zugleich die Bedeutung, die künftigen Energiebedürfnisse durch Kernenergie zu decken, auch wenn viele technische Probleme ungelöst bleiben und die Kosten der Atomenergie noch unsicher sind. Der Artikel enthält außerdem eine populärwissenschaftliche Einführung in die Grundlagen der Kernphysik – Struktur des Atoms, Isotope, Spaltung und Kettenreaktionen – um den Lesern ein besseres Verständnis dieser neuen Energiequelle zu ermöglichen.

[it] In questo primo capitolo di una serie dedicata all’energia atomica, l’ingegnere Jacques Lalive d’Épinay illustra le sfide del suo impiego pacifico per la Svizzera e per il mondo. Ricorda le principali tappe delle scoperte, da Becquerel a Hiroshima, e le prime realizzazioni tecniche (reattori, sottomarini, centrali). Pur sottolineando la necessità di continuare a sviluppare l’idroelettrico, vitale per il Paese, insiste sull’importanza di anticipare i futuri bisogni energetici attraverso lo studio del nucleare, benché restino numerosi problemi tecnici da risolvere e il costo dell’elettricità nucleare sia ancora incerto. L’articolo offre inoltre una presentazione divulgativa delle nozioni fondamentali di fisica nucleare — struttura dell’atomo, isotopi, fissione e reazioni a catena — per permettere ai lettori di comprendere meglio prospettive e limiti di questa nuova fonte di energia.

[en] In this first installment of a series on atomic energy, engineer Jacques Lalive d’Épinay discusses the challenges of its peaceful use for Switzerland and the world. He reviews the key milestones of atomic discoveries, from Becquerel to Hiroshima, and the first technical achievements (reactors, submarines, power plants). While stressing the need to continue developing hydropower, vital for Switzerland, he highlights the importance of anticipating future energy demands through nuclear power, even though many technical problems remain unresolved and nuclear electricity costs are still uncertain. The article also provides a popularized introduction to fundamental nuclear physics concepts — atomic structure, isotopes, fission, and chain reactions — to help readers better grasp the prospects and limitations of this new energy source.

*L’utilisation à des fins pacifiques de l’énergie atomique est un des problèmes les plus importants et les plus délicats posés aux hommes du xxe siècle. Bien qu’à de nombreuses reprises la presse ou la radio ait déjà abordé ce problème, nous pensons qu’il reste néanmoins nécessaire d’informer nos lecteurs de façon plus complète.*

*Nous avons demandé à M. Jacques Lalive d’Épinay, ingénieur EPF, un des hommes qui, en Suisse, connaissent le mieux ce problème, de bien vouloir le traiter. Il l’a fait de façon extrêmement heureuse, en s’attachant tout particulièrement à expliquer ces phénomènes complexes de manière à les rendre accessibles à tous nos lecteurs, et en faisant un bilan honnête de l’état d’avancement des recherches chez nous et à l’étranger. Toutefois, si un point ou un autre demeurait obscur, M. Lalive d’Épinay est disposé à fournir toutes les implications désirables. Les demandes de ce genre sont à adresser à la rédaction de la « Lutte syndicale », page « Science et technique ».*

*Les lecteurs que la question intéresse sont priés de conserver ce numéro de la* Lutte*, car la suite de l’article de M. J. Lalive paraîtra dans les numéros 49 et 51. Ils auront ainsi un document complet d’une réelle valeur. La rédaction.*

# Introduction

Le fait que notre économie nationale dépend, dans une large mesure, de l’exportation de produits manufacturés : montres, machines, produits chimiques ou autres, justifierait à lui seul l’intérêt vital que l’industrie suisse manifeste envers les applications pacifiques des récentes découvertes de la science. Vient ensuite le souci d’être à même de satisfaire à nos besoins futurs d’énergie sous forme d’électricité et de chaleur.

La Conférence atomique de Genève, en août dernier, a certainement éveillé un intérêt général pour ces problèmes nouveaux ; c’est pourquoi nous désirons en donner aux lecteurs un aperçu aussi complet que possible.

Qui n’a pas le loisir de suivre attentivement l’évolution rapide de la science et de la technique risque de perdre toute mesure en apprenant que l’énergie libérée par la fission du noyau de l’uranium se chiffre à environ 25 millions de kilowattheures/kilogramme et qu’il suffirait donc de quelque 50 kg/an de cette matière fissible pour satisfaire à la consommation annuelle d’énergie électrique d’une ville de 100 000-200 000 habitants. Il faut toutefois se garder de prendre cette possibilité, si séduisante soit-elle, pour une réalité. Nous montrerons par la suite que les problèmes techniques que pose l’utilisation industrielle de ce combustible nouveau sont loin d’être tous résolus. D’autre part, rien ne permet de prétendre aujourd’hui qu’une centrale nucléaire produira de l’énergie électrique à meilleur marché ou au même prix que les centrales thermiques et hydrauliques. Rien ne saurait donc justifier l’idée souvent exprimée qu’il n’est plus nécessaire de tirer tout le parti possible de nos réserves hydrauliques. Il est cependant de notre devoir d’étudier dès maintenant les moyens de répondre aux besoins croissants d’énergie électrique. Il est à souhaiter que le combustible nucléaire nous fournisse l’appoint nécessaire au moment où nous aurons atteint la limite économique de l’accroissement de nos centrales hydroélectriques. L’évolution rapide de la science dès le début du siècle montre que cet espoir est justiﬁé.

⁂

La notion de l’« atome » indivisible et indestructible, développée par Démocrite (400 ans avant Jésus-Christ) a prévalu jusqu’à la fin du xixe siècle, où elle a été renversée par la découverte de la radioactivité, en 1896 (Henri Becquerel). Il est intéressant de retenir quelques dates marquant les étapes successives :

1898 : *Pierre et Marie Curie* découvrent le radium.

1905 : *Einstein* exprime l’équivalence de la masse et de l’énergie.

1919 : *Rutherford* effectue la première transmutation artificielle.

1939 : *Hahn* découvre la fission de l’uranium.

1942 : *Fermi* réalise à Chicago la première réaction en chaîne.

1945 *Hiroshima* : Explosion de la première bombe atomique.

1951 *USA* : Production d’énergie électrique par utilisation de la chaleur engendrée dans un réacteur expérimental.

1954 *USA* : Lancement du premier navire, le sous-marin « Nautilus », qui est propulsé par une machine atomique.

1954 *URSS* : Première centrale nucléaire de 5000 kW.

1955 *USA* : Premières croisières du « Nautilus ».

1955 *Genève* : Première conférence internationale sur les applications de l’énergie atomique à des fins paciﬁques.

Il a fallu l’explosion de Hiroshima et les conséquences effroyables de la première application de ces grandes découvertes à des buts militaires pour éveiller brutalement I’intérêt de l’opinion publique et pour susciter dans les milieux industriels le désir d’une étude approfondie des problèmes nouveaux.

Une réaction saine et profonde suivit la première phase d’émotion et d’effroi. Dans tous les pays et dans tous les milieux on cherche par tous les moyens à tirer parti de la fission nucléaire pour améliorer la vie de l’homme plutôt que pour la détruire. Plus on s’occupe d’applications pacifiques, mieux on se rend compte des possibilités offertes, innombrables et aujourd’hui encore en grande partie imprévisibles, dans les domaines les plus divers de la médecine, de la chimie, de l’industrie des machines, de la biologie et de l’agriculture, et dans celui de la production d’énergie, dont la demande croît constamment avec l’augmentation de la population et le développement de l’activité industrielle.

La diminution à un rythme accéléré des réserves de combustibles, charbon, huile et gaz naturel, et la crainte de leur épuisement prochain, stimulent dans le monde entier la recherche de nouvelles sources. L’énergie éolienne a été dans tous les temps mise à contribution, pour autant que son irrégularité le permettait. Mais les anciens moulins à vent si pittoresques tendent à disparaître complètement et la probabilité qu’ils soient remplacés par des moteurs éoliens modernes, nécessairement de grandes dimensions et de faible puissance, reste très faible.

Quoique de vastes projets d’utilisation des forces marée-motrices soient à l’étude, tout particulièrement en France et en Angleterre, aucune centrale n’est actuellement en exploitation. Les possibilités sont limitées à quelques endroits privilégiés et, d’autre part, la question du transport de l’énergie pose des problèmes économiques. Il en est de même de l’utilisation directe de la chaleur solaire, limitée aux régions tropicales ou subtropicales. On a songé, d’autre part, à tirer parti de la différence de température entre les couches superficielles et profondes des mers tropicales (procédé Claude) ou du fait que dans certaines mers intérieures, la mer Morte ou la mer Méditerranée par exemple, la quantité d’eau évaporée par le soleil dépasse de beaucoup l’apport des fleuves. On observe dans le détroit de Gibraltar un fort courant venant de l’Atlantique. Des barrages à Gibraltar et aux Dardanelles permettraient d’abaisser de quelques mètres le niveau de la Méditerranée et d’utiliser cette chute à la production d’énergie.

Ces perspectives plutôt chimériques mises à part, il semble bien que de toutes les possibilités qu’on peut envisager aujourd’hui, l’énergie libérée par la ﬁssion du noyau atomique ait le plus de chances de succès.

Il convient de faire ici une différence entre les agents énergétiques qui s’épuisent, ce sont les combustibles fossiles accumulés au cours de millions d’années et les combustibles nucléaires (uranium et thorium), et ceux qui se renouvellent constamment. Ces derniers proviennent tous de l’action du soleil, ce grand réacteur nucléaire et source d’énergie inépuisable qui, entre autres, alimente les chutes d’eau et, par là, les centrales hydrauliques.

Quoique l’énergie hydraulique ne joue qu’un rôle secondaire dans le bilan énergétique mondial, elle a pris une importance capitale dans les pays alpins, en Norvège, au Canada. La Suisse se trouve dans la situation très privilégiée de produire dans ses usines hydrauliques 98 % à 99 % de son énergie électrique. Il convient de remarquer ici que de la consommation d’énergie brute totale, la force hydraulique ne représentait en 1951 que 29 %. Le charbon, le bois et l’huile resteront pour longtemps encore des agents énergétiques indispensables à notre vie et à notre économie nationale.

Hors la nécessité de préparer son approvisionnement en énergie, notre pays et son industrie orientée vers l’exportation, à laquelle nous sommes redevables d’un standard de vie élevé, ne peut courir le risque d’être mis à l’écart dans la production future des appareils les plus divers que nécessitera l’utilisation industrielle de l’énergie nucléaire.

# Quelques notions de physiques nucléaires

## L’atome

L’atome se compose du noyau de charge positive et des électrons négatifs qui l’entourent. L’analogie avec un système solaire, où le noyau représente le soleil et où les électrons seraient les planètes qui se déplacent sur des orbites différentes est très suggestive. C’est à Niels Bohr, grand physicien danois, que l’on doit cette image et une théorie sur la structure de l’atome qui donna une impulsion extraordinaire au développement de la physique.

Le diamètre de l’enveloppe électronique est 10 000 fois plus grand que celui du noyau. Si l’on s’imagine l’atome agrandi quelque 10 milliards de fois et occupant ainsi une sphère de 1 m de diamètre, son noyau ne serait guère plus gros qu’un grain de poussière. Et si cet atome fictif était d’hydrogène, il n’y aurait rien entre le noyau et son électron se déplaçant sur la périphérie de la sphère. On comprend que la probabilité d’atteindre le noyau avec un projectile d’égale dimension lancé au hasard soit extraordinairement faible. Les premières expériences de transmutations atomiques n’avaient que cette faible probabilité de succès. L’atome lui-même est très petit ; il en faudrait 10 milliards placés côte à côte pour former une chaîne de 1 m de longueur.

Le noyau est formé par les protons nécessaires pour lui donner sa charge positive, le nombre des protons étant égal à celui des électrons, et par des neutrons dont la masse est sensiblement égale à celle du proton. Comme son nom l’indique, le neutron ne porte pas de charge électrique. Ce fait explique, pour un même élément chimique, l’existence d’atomes de masse différente qui, pour un même nombre de protons, possèdent un nombre différent de neutrons ; ce sont des *isotopes*.

Une image contenant texte, cercle, croquis, dessin

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Comme le montre la figure 1, le noyau de l’élément le plus léger, l’hydrogène, est formé d’un seul proton, celui de l’élément naturel le plus lourd, l’uranium, de 92 protons et de 146 neutrons. On caractérise un élément par son symbole et par deux nombres, par exemple en indice son numéro d’ordre ou numéro atomique indiquant le nombre de protons (la charge) et en exposant le nombre de masse ou nombre total de nucléons, protons plus neutrons, ce qui donne 11H pour l’hydrogène, 42He pour l’hélium et ainsi de suite jusqu’à l’uranium 23892U. Pour simplifier la notation dans le cas où la masse seule entre en jeu, on écrit le nombre de masse après le symbole, désignant ainsi les isotopes d’un même élément : H 1 pour l’hydrogène léger, H 2 pour l’hydrogène lourd ou deutérium, U 234, U 235, U 238 pour les isotopes de l’uranium naturel.

Le noyau contient pratiquement toute la masse de l’atome et il est très difficile de se représenter sa densité. Un cube de 1 mm d’arête qui ne contiendrait que des noyaux aurait une masse de 10 000 tonnes, égale à celle d’environ 100 locomotives. Ceci donne une idée de l’énergie emmagasinée dans le noyau, énergie en partie libérée par la fission. L’énergie des électrons est infiniment plus faible, et c’est pourquoi une réaction chimique qui n’affecte que l’enveloppe électronique et non le noyau ne libère que très peu d’énergie, 8 kWh par exemple pour 1 kg de charbon, alors qu’un kilogramme d’uranium naturel peut produire, par fission totale, 25 millions de kilowattheures, soit autant de chaleur que la combustion de 3000 tonnes de charbon. Remarquons que le kilowattheure représente ici une quantité de chaleur au même titre que la calorie et ne saurait être interprété comme une énergie électrique disponible aux bornes d’un alternateur ou au compteur d’un usager. L’uranium naturel contient 3 isotopes : l’uranium 234, 235 et 238, qui diffèrent par le nombre de neutrons. L’uranium 235 a une importance primordiale. C’est le seul élément naturel qui permette une réaction en chaîne. L’uranium naturel n’en contient que 0,7 % ; le reste est de l’uranium 238, qui, en absorbant les neutrons rapides, se transforme en plutonium, matière ﬁssible au même titre que l’uranium 235. Le nombre de protons et, partant, d’électrons, caractérise les propriétés chimiques d’un corps et de ses isotopes, le nombre de neutrons son comportement nucléaire.

## La fission

On connaissait au début du siècle quelques désintégrations radioactives ou transmutations spontanées d’éléments naturels. En 1919, Rutherford désintégra l’azote, mais ce n’est que vingt ans plus tard que Hahn et Strassmann réussirent à briser le noyau de l’uranium en deux fragments de masse sensiblement égale. Le noyau excité par la capture d’un neutron devient instable et éclate, phénomène qu’on peut assimiler au fractionnement d’une goutte. On découvrit ensuite que cette fission était accompagnée de l’émission d’au moins deux neutrons arrachés au noyau et on entrevit la possibilité d’une réaction en chaîne, s’entretenant elle-même au cas où ces neutrons iraient frapper d’autres noyaux voisins. Les expériences de transmutation précédentes avaient montré qu’il fallait des millions de projectiles pour provoquer la désintégration d’un seul noyau, de sorte que, du point de vue énergétique, le bilan se soldait par un déficit. La découverte de l’émission de neutrons liée à la fission de l’uranium révolutionna les conceptions anciennes et suggéra la possibilité pratique de libérer une quantité prodigieuse d’énergie. *(À suivre*)

1. Ingénieur EPF, président du groupe d’étude de la communauté de travail Brown, Boveri, Escher Wyss et Sulzer Frères. [↑](#footnote-ref-1)