# Jacques Lalive d’Épinay[[1]](#footnote-1), « [Science et technique] L’industrie suisse et l’utilisation de l’énergie atomique à des fins pacifiques (III) », *La Lutte syndicale. Organe officiel de la Fédération suisse des ouvriers sur métaux et horlogers* (21 décembre 1955)

[fr] Dans ce troisième article de sa série, Jacques Lalive d’Épinay approfondit les principes de la physique nucléaire appliqués aux réacteurs. Il explique l’intérêt de l’enrichissement en uranium 235 et du plutonium, ainsi que les limites de l’exploitation du combustible dues à l’« empoisonnement » par les produits de fission. Il présente la perspective du « breeding », où un réacteur peut produire plus de matière fissile qu’il n’en consomme, et décrit les procédés complexes de retraitement et de gestion des déchets radioactifs. La seconde partie expose l’organisation des recherches atomiques en Suisse : rôle de la Commission suisse d’études de l’énergie atomique, initiatives industrielles (Brown Boveri, Escher Wyss, Sulzer) et projet du réacteur expérimental de Würenlingen, à eau lourde, destiné à la formation de spécialistes et au développement d’une future centrale productrice d’énergie.

[de] Im dritten Teil seiner Serie vertieft Jacques Lalive d’Épinay die Prinzipien der Kernphysik im Hinblick auf Reaktoren. Er erläutert die Bedeutung der Anreicherung mit Uran 235 und des Plutoniums sowie die Grenzen der Brennstoffnutzung durch das „Vergiften“ mit Spaltprodukten. Er stellt die Perspektive des „Breeding“ dar, bei dem ein Reaktor mehr spaltbares Material erzeugen kann, als er verbraucht, und beschreibt die komplexen Verfahren der Wiederaufarbeitung und Entsorgung radioaktiver Abfälle. Im zweiten Teil behandelt er die Organisation der Atomforschung in der Schweiz: die Rolle der Schweizerischen Studienkommission für Atomenergie, die Initiativen der Industrie (Brown Boveri, Escher Wyss, Sulzer) und das Projekt des Schwerwasser-Versuchsreaktors in Würenlingen, das der Ausbildung von Fachleuten und der Entwicklung künftiger Kraftreaktoren dienen soll.

[it] In questo terzo articolo della serie, Jacques Lalive d’Épinay approfondisce i principi della fisica nucleare applicati ai reattori. Spiega l’importanza dell’arricchimento in uranio 235 e del plutonio, nonché i limiti dell’utilizzo del combustibile dovuti all’«avvelenamento» da prodotti di fissione. Presenta la prospettiva del «breeding», in cui un reattore può produrre più materiale fissile di quanto ne consumi, e descrive i complessi processi di riprocessamento e di gestione delle scorie radioattive. La seconda parte illustra l’organizzazione della ricerca atomica in Svizzera: il ruolo della Commissione svizzera di studi per l’energia atomica, le iniziative industriali (Brown Boveri, Escher Wyss, Sulzer) e il progetto del reattore sperimentale ad acqua pesante di Würenlingen, destinato alla formazione di specialisti e allo sviluppo di future centrali nucleari.

[en] In this third article of the series, Jacques Lalive d’Épinay explores nuclear physics principles as applied to reactors. He explains the significance of uranium 235 enrichment and plutonium, as well as the limits of fuel use caused by “poisoning” from fission products. He presents the prospect of “breeding,” where a reactor can generate more fissile material than it consumes, and describes the complex processes of reprocessing and radioactive waste management. The second part outlines the organization of nuclear research in Switzerland: the role of the Swiss Atomic Energy Study Commission, industrial initiatives (Brown Boveri, Escher Wyss, Sulzer), and the Würenlingen heavy-water experimental reactor project, intended to train specialists and support the development of future power reactors.

# Quelques notions de physiques nucléaires (suite)

L’Angleterre possède trois réacteurs à graphite, dont deux sont destinés à la production de plutonium (fig. 7).

Une image contenant bâtiment, plein air, phare, tour

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Nous avons dit que parmi tous les éléments naturels l’isotope 235 de l’uranium est le seul qui permette une réaction en chaîne et que l’élément artificiel plutonium possède la même qualité. On ne peut toutefois produire ce nouveau matériau ﬁssible qu’en partant de l’uranium 238. Il est évident qu’une augmentation de la teneur de l’uranium naturel en son isotope 235 facilite la production de plutonium: un enrichissement en matière ﬁssible permet une plus grande absorption de neutrons dans l’uranium 238, dans la gaine et les matériaux de construction, dans le réfrigérant circulant à l’intérieur. En d’autres termes, il donne une beaucoup plus grande liberté dans la conception du réacteur et peut conduire à une diminution très sensible du volume critique. La production de l’isotope U 235 conduit à des investissements de capital considérables et une consommation d’énergie électrique tels que l’utilisation de ce combustible nucléaire dans une centrale n’est pas économique. Les États-Unis ont construit des usines de production de U 235 à des fins militaires, et le fait qu’aujourd’hui le gouvernement peut mettre de l’uranium enrichi à la disposition des laboratoires de recherches explique la diversité des réacteurs en service ou en construction aux États-Unis.

Le tableau ci-dessous montre le grand nombre des variantes possibles, dont quelques-unes toutefois peuvent être éliminées de prime abord. L’emploi d’uranium naturel, par exemple, exige un modérateur qui n’absorbe que très peu de neutrons, graphite, eau lourde ou béryllium, et une répartition déterminée des barreaux (réacteur hétérogène). L’uranium légèrement enrichi, par contre, permet d’utiliser de l’eau légère pour le ralentissement des neutrons et pour le refroidissement des barres.

Une image contenant texte, capture d’écran, nombre, Police

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

U 233 est un isotope produit par l’irradiation du thorium dans un réacteur.

## Régénération

On pourrait être porté à croire qu’un réacteur est une machine relativement simple et qu’elle fonctionnera jusqu’à épuisement de la matière fissible. Ce n’est malheureusement pas le cas. L’expérience montre que pour maintenir la puissance à un niveau déterminé, il est nécessaire de retirer progressivement les barres de contrôle, action qui peut être très lente, mais qui ne suffit pas à l’utilisation totale de la matière fissible. Elle conduirait inexorablement à l’arrêt de la réaction si l’on ne renouvelait pas régulièrement les barres d’uranium. La raison est que les éléments produits par la fission sont très avides de neutrons et provoquent un « empoisonnement » du réacteur.

Il semble peu probable que l’on puisse utiliser plus de 1 % de l’uranium 235 initial, ce qui néanmoins permettrait de produire par tonne d’uranium naturel ‘une quantité d’énergie équivalente à 1 700 000 kWh. L’apparition de plutonium peut, dans une certaine mesure, compenser la disparition de l’uranium 235 ; il est toutefois nécessaire de soumettre le matériel usé à un traitement chimique afin d’éliminer les éléments étrangers, les fragments de fission, et de récupérer les deux isotopes de l’uranium et le plutonium utilisable.

Les procédés de récupération et de purification sont d’autant plus compliqués qu’il faut traiter des produits très radioactifs. Par conséquent, toutes les opérations automatiques ou télécommandées doivent être faites à l’abri d’écrans protecteurs. À ces problèmes s’ajoute celui de la conservation ou élimination des résidus radioactifs, dont on ne sait que faire aujourd’hui du moins. L’activité des produits de ﬁssion d’un kilogramme d’uranium naturel, dont on aurait utilisé le 1 % de son uranium 235 équivaut, une heure après leur extraction, à celle de quelques kilogrammes de radium. Cette activité, heureusement, décroît assez rapidement.

Il convient de mentionner ici le phénomène d’autogénération, que les Anglo-Saxons appellent « breeding », car il présente un intérêt économique éminent. Des expériences de laboratoire ont prouvé qu’il est possible de produire dans un réacteur une quantité de matière fissible (plutonium) supérieure à celle consumée (uranium 235). Théoriquement, l’utilisation complète du combustible uranium semble donc concevable.

Une question se pose encore : comment démarre un réacteur ?

Il est en général inutile de prévoir un « démarreur », une source de neutrons, pour amorcer la réaction en chaîne. L’atmosphère renferme suffisamment de neutrons erratiques, provenant du rayonnement cosmique, pour provoquer les premières fissions. La réaction commence lorsque le volume critique est atteint, et il est alors nécessaire de la freiner dès que le facteur de multiplication des neutrons dépasse l’unité.

# Organisation des travaux de recherche en Suisse

Les recherches dans le domaine de la physique nucléaire étaient avant la fin de la dernière guerre l’apanage des instituts de physique de nos hautes écoles. Ce fut l’explosion de la première bombe atomique qui attira l’attention des milieux industriels sur l’importance des découvertes de la physique moderne. Dans tous les domaines de la technique, les applications les plus diverses semblaient possibles. Préoccupé des perspectives qui se dessinaient et de l’évolution qui pourrait être imposée à la conception des machines productrices d’énergie électrique, Brown, Boveri avait engagé, en janvier 1946, un groupe de jeunes physiciens, qui a pris une part active aux travaux des instituts de physique de l’École polytechnique fédérale et de l’Université de Bâle.

Le Conseil fédéral nomma, en vertu d’un arrêté du 18 décembre 1946, la Commission suisse d’études de l’énergie atomique (CSA), qui, sous la présidence de M. le professeur Scherrer, favorisa les recherches dans le domaine de l’énergie atomique. On envisageait à ce moment déjà l’installation d’un réacteur, mais la CSA, en dépit de toutes les démarches de son Mprésident, n’a pu se procurer l’uranium indispensable pour lequel, aujourd’hui encore, il n’y a pas de marché libre. L’industrie, d’autre part, ne resta pas inactive. Elle a créé en décembre 1948 la Commission industrielle pour l’énergie atomique.

Des ingénieurs se sont joints aux physiciens du groupe Brown, Boveri pour entreprendre l’étude d’une centrale atomique, quoiqu’ils fussent conscients du manque général de connaissances dans notre pays. Les mesures de sécurité des gouvernements étrangers ne laissaient passer, à cette époque, que très peu de renseignements utiles, car les recherches, aux États-Unis du moins, étaient orientées uniquement vers des buts militaires. Nos études ont montré qu’il n’y aurait pas de différence essentielle entre une centrale nucléaire et une centrale à charbon moderne, car la presque totalité de l’énergie libérée dans la fission nucléaire est de nature thermique. Rien ne permet aujourd’hui d’envisager une transformation directe en énergie électrique. Les centrales nucléaires des prochaines décennies seront donc des usines thermiques, où le réacteur remplacera la chaudière usuelle (fig. 8).

Une image contenant texte, diagramme, croquis, Dessin technique

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Le combustible sera différent : la matière ﬁssible remplacera le charbon, le mazout ou le gaz naturel. Le désir d’une collaboration plus étroite entre l’industrie, d’une part, la CSA et les hautes écoles, d’autre part, a conduit en mars 1951 à une communauté de travail entre les trois maisons Brown, Boveri et Cie S. A., Escher Wyss S. A. et Sulzer Frères S. A. Les premiers projets de centrale étudiés par ces maisons ont été soumis en commun à un examen critique. Nous nous sommes rendu compte que nos connaissances ne nous permettaient pas encore d’envisager la réalisation d’une centrale productrice d’énergie électrique ou même d’en faire un projet plus détaillé.

La décision de principe prise en juillet 1952 par la CSA d’entreprendre la construction d’un réacteur expérimental a engagé notre communauté à élaborer un nouveau projet avec calcul du prix de revient qui servit de base au programme de financement proposé en 1953 par M. Walter Boveri.

# Le réacteur expérimental de Würenligen (AG)

Il s’agit d’un réacteur à eau lourde d’une puissance thermique de 10 000 kW qui contiendra un certain nombre de canaux permettant de réaliser des essais à températures élevées et marquant par là une étape vers notre but ﬁnal : le réacteur générateur de puissance utile.

La photographie du modèle (fig. 9) illustre l’état du projet fin 1953. L’eau lourde, qui assume simultanément les fonctions de modérateur et de réfrigérant, est contenue dans la cuve cylindrique en aluminium (1) dans laquelle plongent les barres d’uranium. Le réﬂecteur en graphite (2), l’écran métallique (3) et le béton (4) assurent la protection complète du personnel contre les radiations nocives. L’eau lourde mise en circulation par la pompe (5) traverse l’échangeur (6) où elle est refroidie par l’eau naturelle du circuit extérieur. Les canaux d’essais à température élevée traversent le réacteur de part en part et possèdent chacun un système de refroidissement autonome (8).

Une image contenant croquis, dessin, maison, noir et blanc

Le contenu généré par l’IA peut être incorrect.

Quoique ce projet risque d’être plus tard dépassé par l’évolution de la science, il ne manquera pas de nous apporter un profit indéniable, ne serait-ce que la mise au point d’appareils auxiliaires et la formation de spécialistes. Après un temps de construction d’environ trois ans, nous aurons à disposition des moyens de recherche, dont la valeur pour l’industrie et la science ne saurait être appréciée pleinement aujourd’hui. (*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)