

# Introduction de l'énergie nucléaire en Suisse : le point de vue du constructeur d'équipement

Autor(en): **Haller, Pierre de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Revue économique et sociale : bulletin de la Société d'Etudes  
Economiques et Sociales**

Band (Jahr): **23 (1965)**

Heft 2

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-135907>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Introduction de l'énergie nucléaire en Suisse — Le point de vue du constructeur d'équipement

Pierre de Haller  
directeur chez Sulzer Frères & Cie S.A., Winterthour

Le dernier message du Conseil fédéral demandant aux Chambres un crédit supplémentaire pour le développement du génie nucléaire a provoqué quelques remous dans les milieux politiques attachés à une économie libérale. Cette réaction était d'ailleurs compréhensible, puisque ce message laissait entendre qu'un appui financier plus considérable encore serait nécessaire de la part de la Confédération. Les vives critiques adressées à cette occasion à la Société nationale pour l'encouragement de la technique atomique industrielle (SNA) et à Therm-Atom S.A. ont amené ces dernières à exposer publiquement leur point de vue et à répondre aux objections avancées, qui portaient essentiellement sur trois points :

1. Puisque le développement de la technique nucléaire dépasse les moyens de l'industrie suisse, pourquoi vouloir s'y engager au lieu de consacrer l'effort à d'autres domaines qui seraient mieux à notre portée, quitte à importer l'équipement dont nous aurions besoin ?
2. Si la construction de réacteurs par l'industrie suisse se révèle nécessaire, la réalisation sous licence de types éprouvés à l'étranger n'est-elle pas plus indiquée que le développement autonome ?
3. Enfin pourquoi a-t-on choisi pour la centrale expérimentale de Lucens un type de réacteur nouveau au lieu de s'en tenir aux modèles ayant fait leurs preuves ?

Ce sont les réponses que l'industrie a données à ces questions que je voudrais commenter ici. Puis, pour terminer, j'exposerai rapidement l'état actuel des travaux en cours à Lucens ainsi que celui des études relatives aux étapes suivantes.

Pourquoi faut-il s'engager dans la technique nucléaire ? La réponse est immédiate si l'on est conscient de la structure économique de notre industrie des machines, qui constitue un des piliers de notre exportation. 75 à 80 % de son chiffre d'affaires dépend du commerce extérieur, et son activité repose essentiellement sur la fabrication d'équipements destinés à la production ou la transformation d'énergie, tels que générateurs de vapeur, turbines hydrauliques, à gaz ou à vapeur, moteurs diesel ou appareillages électriques. Si une proportion importante des centrales électriques futures utilisait la fission de l'uranium comme source d'énergie — et cette évolution se dessine nettement — il en résultera nécessairement une diminution de la demande dans un domaine traditionnel, diminution qu'il faudra compenser d'une façon ou d'une autre pour assurer la pleine occupation des usines. Or il n'est pas aisé de trouver un produit de remplacement susceptible d'être fabriqué avec l'équipement existant sans qu'il se heurte à une concurrence trop forte. Il faut en outre se créer un nouveau cercle de clients, organiser le service de vente, etc., toutes choses pleines d'aléas dans l'industrie d'exportation. Par contre, le génie atomique ne demande pas de modification structurelle de l'entreprise, ses

produits s'adressent aux clients mêmes dont nous sommes de tout temps les fournisseurs. Il s'insère parfaitement dans la tradition suisse de produits individuels de haute qualité — tradition malheureusement en train de se perdre — et met en œuvre des procédés et des matériaux nouveaux, qui à leur tour trouveront leur application dans la technique classique la faisant ainsi également progresser.

Une centrale nucléaire comporte outre le réacteur proprement dit de nombreux accessoires qui rentrent dans notre domaine d'activité traditionnel: pompes et soufflantes de circulation, échangeurs de chaleur, turbines, etc. qui cependant doivent être adaptés aux conditions nouvelles, ce qui ne pourra se faire que sur la base d'une connaissance approfondie de l'ensemble. Toutes ces raisons ont amené très tôt un groupe d'industriels à s'occuper de ce problème. Ses efforts ont abouti à la création du Centre de Würenlingen, repris en 1960 par la Confédération. Cet institut constitue un instrument de travail essentiel pour la promotion de la technique nucléaire.

La réponse à la deuxième question est plus nuancée. On a souvent relevé que si la Suisse a acquis une position remarquable sur les marchés mondiaux grâce à des machines telles que les turbines, les moteurs diesel, etc., elle ne les a pas inventées, mais les a perfectionnées et a su les construire au moins aussi bien que les pays d'où ces inventions sont parties. Pourquoi ne pas faire de même avec les réacteurs nucléaires ? Il faut se rendre compte que les circonstances actuelles sont très différentes. Lorsque Sulzer par exemple a acquis la licence d'un inventeur inconnu du nom de Rudolf Diesel, dont le moteur n'existait guère que sur le papier, le travail de développement ardu et long a bien été le fait de l'industriel. Il aurait fallu dans le cas de la technique nucléaire et pour que la comparaison soit valable, prendre en 1939 déjà une licence des brevets Joliot, Halban, Kowarski. Au lieu de cela, le développement s'est fait dans le secret. S'il est possible actuellement d'acquérir des licences pour la construction de réacteurs, il ne s'agit plus que de suivre fidèlement les instructions que l'on aura reçues, qui ne laissent pratiquement plus de marge à l'initiative du licencié. Cependant cette question a reçu toute notre attention et s'il y a été répondu négativement c'est que:

1. La licence nous interdirait les exportations ou tout au moins les rendrait très difficiles, le donneur de licence se réservant normalement le marché extérieur.
2. Il faudrait se fixer une fois pour toutes sur un type de réacteur donné, sans savoir s'il sera retenu par les entreprises électriques. Or ce choix n'est pas encore possible, du moins tant qu'un programme d'équipement à longue échéance n'a pas été établi.
3. Pour pouvoir traiter en connaissance de cause, le preneur de licence doit être parfaitement au courant des problèmes et des caractéristiques des installations nucléaires, et ce savoir ne peut s'acquérir qu'au prix d'une expérience propre. La licence ne décharge donc pas de toute activité de recherche et de développement.

Quant à la troisième question, je suis obligé d'entrer dans des détails plus techniques pour justifier le choix du réacteur modéré à l'eau lourde employant du  $\text{CO}_2$  comme fluide caloporteur. A cet effet, je reprends ici une partie de l'exposé que j'ai présenté à l'assemblée générale de la SNA en juin dernier.

En revoyant l'historique de l'utilisation de la fission de l'uranium pour la production d'énergie électrique, on est frappé par la succession de phases optimistes et pessimistes dans l'estimation des possibilités d'applications industrielles, qui tantôt paraissaient imminentes, et tantôt étaient renvoyées à un futur très imprécis. Si l'on analyse la cause de ces fluctuations, on constate qu'elles sont dues avant tout aux incertitudes inhérentes à l'estimation des

besoins en énergie et aux sources susceptibles d'y pourvoir. Vers 1950 plusieurs ouvrages ont été consacrés à cette question, et tous arrivaient à la conclusion qu'à bref délai les sources d'énergie classique ne pourraient plus satisfaire les besoins d'une humanité en croissance explosive. Seules la fission et à plus longue échéance la fusion de l'atome paraissaient constituer des réserves suffisantes. Dans ces conditions, le prix de revient de cette énergie passait au second plan. C'est de cette époque que datent des réalisations telles que Shippingport, dont le coût dépasse les limites raisonnables.

Entre-temps la prospection de nouveaux gisements d'hydrocarbures et de gaz a donné des résultats inattendus et inespérés, montrant que les réserves de combustibles fossiles étaient beaucoup plus grandes que l'on ne croyait, tandis qu'on avait plutôt surestimé la croissance de la consommation, surtout dans les pays en développement. Une énergie atomique au prix de revient élevé perdait ainsi beaucoup de son attrait, et il a fallu faire un énorme effort de simplification et de réduction des prix pour qu'elle puisse espérer jouer un rôle appréciable dans la production d'électricité. Le prix de revient devenant un facteur essentiel, il a fallu reconnaître que les gisements d'uranium qui du point de vue économique paraissent exploitables étaient beaucoup moins abondants que la teneur moyenne de la croûte terrestre en uranium ne l'avait laissé espérer. Je rappelle que l'uranium n'est pas un élément rare, il se place avant le bore, l'antimoine, le mercure, etc., dans l'ordre de fréquence, et le granit du Gothard en contient à peu près l'équivalent énergétique de son poids de charbon, mais il est pratiquement inexploitable. Et lorsqu'une part importante des nouveaux besoins en énergie sera couverte par les sources nucléaires, la surproduction actuelle d'uranium fera rapidement place à une pénurie. Ce nouvel aspect a remis en honneur une exigence, reconnue d'ailleurs dès la découverte de la fission, celle de l'utilisation aussi complète que possible de ces ressources en énergie. En effet, l'uranium naturel se compose de 99,3 % de l'isotope-238, non fissile, et 0,7 % de l'isotope-235, seul fissile et utilisable dans un réacteur. Si l'on ne pouvait compter que sur ce dernier, l'énergie atomique resterait un luxe déraisonnable. Heureusement que dans certaines conditions, sous l'influence des neutrons émis lors de la fission de l'uranium-235, l'isotope-238 se transforme en plutonium-239 qui lui est fissile au même titre que l'uranium-235. Ce dernier peut donc au fur et à mesure de son utilisation créer un élément fissile artificiel susceptible de le remplacer.

On appelle facteur de conversion le rapport du nombre de nouveaux atomes fissiles à celui des atomes d'uranium-235 détruits. Si ce rapport est égal à l'unité, la quantité de matière fissile reste constante et on pourrait théoriquement utiliser ainsi la totalité de l'uranium. Cette notion permet d'établir une classification des différents types de réacteurs: On peut distinguer entre ceux qui ont un facteur de conversion  $\lambda$  de l'ordre de 0,5-0,6 (c'est-à-dire consommant plus d'uranium-235 qu'ils ne produisent de plutonium), ceux pour lesquels consommation et production s'équilibrent à peu près ( $\lambda = 0,9$ ) et ceux enfin où la génération d'atomes fissiles dépasse la combustion ( $\lambda > 1$ ). On pourrait les désigner par les termes de réacteurs *consommateurs*, *convertisseurs* et *surgénérateurs*. Ces derniers sont aussi connus sous le nom de piles couveuses ou de « breeders ».

Tout naturellement l'évolution historique s'est faite dans cet ordre et les premiers réacteurs, ainsi que ceux que l'on considère aujourd'hui comme éprouvés, appartiennent au type consommateur. Leur avantage réside dans leur construction relativement simple. Ils ont été successivement perfectionnés et améliorés, leur fonctionnement est sûr et économique tout au moins aux conditions actuelles du marché d'éléments fissiles. Ce sont essentiellement les types graphite-gaz et à eau légère.

Très tôt, on s'est rendu compte que seule une utilisation plus complète de l'uranium-238 pouvait assurer une contribution réelle à la production totale d'énergie. On a cherché par conséquent à réaliser la surgénération et depuis une dizaine d'années des installations expérimentales sont en service. Le but final, c'est-à-dire l'application industrielle et économique, semble encore assez éloigné, de sorte que l'intérêt se porte actuellement sur le convertisseur, intermédiaire entre le consommateur et le surgénérateur. De tous les systèmes capables de réaliser un bon facteur de conversion, la modération à l'eau lourde est le plus attrayant. Le rapport de l'USAEC au président des Etats-Unis en 1962 relève entre autres les avantages suivants de ce système :

1. Etant donné l'excellente économie des neutrons, réalisée avec un combustible faiblement enrichi, il utilise avec une bonne efficacité les isotopes fissiles, tout en diminuant la quantité d'uranium immobilisé dans les réacteurs.
2. Grâce aux taux d'utilisation élevés que ces réacteurs permettent avec des combustibles faiblement enrichis, ils diminuent les pertes d'isotopes fissiles.
3. Ainsi par exemple le plutonium y est mieux utilisé que dans d'autres réacteurs à neutrons thermiques.
4. Les réacteurs à uranium naturel modérés au D<sub>2</sub>O sont probablement plus efficaces dans la conversion de l'uranium naturel brut vers des isotopes fissiles, utilisables dans des réacteurs à neutrons rapides, qu'une installation de diffusion.

La situation actuelle est donc caractérisée par le fait que d'une part l'on dispose de réacteurs éprouvés, assurant un prix de revient raisonnable, mais utilisant mal l'uranium-238, que d'autre part un gros effort est fait pour développer les réacteurs surgénérateurs, dont l'utilisation industrielle ne sera toutefois certainement pas possible avant une dizaine d'années, et dont le rendement économique reste encore incertain. Cette situation donne au convertisseur de bonnes chances de succès dans un proche avenir, d'autant plus qu'il semble être à même d'assurer un prix de revient avantageux lorsqu'il aura dépassé le stade expérimental. Si pour le choix d'une filière on considère à côté du simple prix de revient l'économie générale des sources d'énergie, la décision de faire faire à notre industrie ses premiers pas en technique nucléaire avec un réacteur convertisseur est donc bien justifiée, indépendamment des arguments d'ordre politique qui militent en sa faveur.

Lors de l'avant-projet concernant la centrale expérimentale de Lucens, le choix du type de réacteur a été fixé sans idée préconçue, quant aux développements futurs, tout en tenant compte des conditions suisses. Il s'agissait avant tout de se faire la main dans une technique nouvelle et délicate et d'acquérir les connaissances nécessaires pour être un interlocuteur valable, que ce soit avec les spécialistes ou les constructeurs étrangers, ou les clients éventuels. Il est réconfortant de constater que le choix qui a été fait il y a bientôt dix ans s'est révélé raisonnable. J'ajouterai qu'indépendamment d'une activité spécifiquement nucléaire, l'industrie a un intérêt primordial à se familiariser avec les caractéristiques de cette technique, les répercussions que celle-ci peut avoir dans les domaines classiques n'étant pas négligeables. On peut citer ici, par exemple, la soudure par bombardement électronique, ou la réalisation de bâches de compresseur en fonte d'aluminium parfaitement étanche au vide, ce qui passait pour impossible il y a quelques années.

Essayons maintenant de faire le point de notre situation actuelle. La construction de l'équipement de la centrale de Lucens avance, de nombreux éléments ont subi des essais complets, hors pile encore évidemment, permettant cependant d'être confiant quant à leur

comportement ultérieur. Il s'agit entre autres des têtes des tubes de force et du joint démontable, de l'outil déconnecteur supérieur et de la machine de défournement. Les tubes de force eux-mêmes en alliage de zirconium sont en cours de fabrication; la mise au point du procédé de soudure par bombardement électronique et du contrôle aux ultra-sons est terminée. Le procédé de fabrication des cartouches d'uranium a été mis au point, les essais de cyclage thermique ont été très satisfaisants, un assemblage complet est actuellement monté dans une boucle reproduisant les conditions thermiques et dynamiques du réacteur. Rien d'anormal n'a été constaté jusqu'ici. On peut donc envisager la mise en service de Lucens avec un optimisme raisonnable.

S'il est hors de doute que ces résultats sont encourageants, il est bon de se rappeler que de nombreux problèmes ont dû et devront encore être résolus, surtout en ce qui concerne la fabrication. Il s'agit d'habituer notre industrie aux conditions — souvent draconiennes — de précision, de soin et de propreté qu'exige la technique nucléaire.

L'expérience de Lucens se révèle de ce point de vue déjà très utile et sans elle il eût été très risqué d'envisager une activité quelconque dans ce domaine. Mais notre organisation de travail actuelle, qui a résulté des conditions politiques, financières et personnelles bien connues, est certainement susceptible d'être améliorée et simplifiée. Lorsqu'il s'agira d'attaquer une réalisation de plus grande envergure, il sera donc nécessaire de la réviser et de l'adapter aux nouvelles exigences. Il y a toutefois lieu de souligner ici qu'une collaboration fructueuse a pu être réalisée entre de nombreuses entreprises de différentes régions de Suisse, souvent même concurrentes entre elles.

Ce rapide aperçu de l'état de nos travaux nous permet d'afficher un optimisme modéré.

La première ombre à ce tableau est donnée par le retard considérable dans les travaux de génie civil de Lucens, qui nous empêche de récolter à temps l'expérience pratique qui nous fait défaut.

En outre, pour réaliser nos intentions, nous devons pouvoir compter sur une nombreuse équipe de jeunes collaborateurs capables, prêts à s'engager dans cette voie. A cet effet, il faut pouvoir leur proposer un but tangible, un programme concret s'étendant sur une période suffisamment longue, et leur donner confiance dans l'avenir de la branche nucléaire suisse. En établissant ce programme, il est utile de s'attacher aux caractéristiques très particulières du génie nucléaire. En effet les machines et installations classiques ont pu se développer progressivement, pas à pas, en s'appuyant soit sur des réalisations antérieures, soit sur des essais sur modèle qui pouvaient reproduire assez fidèlement les conditions réelles. Cela n'est pas possible en technique atomique, car les essais hors pile, pour nécessaires qu'ils soient, ne peuvent donner des indications définitivement valables. Les mesures en boucle chaude d'un réacteur expérimental se rapprochent davantage de la réalité, mais sont encore insuffisantes pour donner au constructeur la certitude dont il a besoin pour satisfaire aux exigences de sécurité et de fiabilité indispensables dans ce domaine. Les études théoriques et expérimentales les plus poussées ne remplaceront jamais l'expérience pratique sur l'installation réelle. Ce point de vue est confirmé par les résultats d'exploitations des réacteurs étrangers: les difficultés rencontrées l'ont été dans les domaines de technique et de technologie plus ou moins conventionnelles, très rarement dans les éléments spécifiquement nucléaires. Et ce n'est que progressivement, à la suite de plusieurs réalisations successives qu'on a atteint le degré de perfection dont certains constructeurs peuvent à juste titre faire état. Notre industrie se trouve ainsi prise dans un cercle vicieux: elle ne peut songer à s'introduire dans un marché libéral avant d'avoir fourni la preuve de ses capacités, et elle n'est pas en mesure, par ses propres forces, d'apporter cette preuve, la moindre centrale nucléaire dépassant de beaucoup ses possibilités financières.

L'aide apportée par le Centre de Würenlingen et les contacts avec l'étranger sont certes indispensables, mais ils ne pourront pas remplacer l'expérience acquise par la construction et l'exploitation de centrales industrielles.

Après Lucens, d'autres étapes seront nécessaires avant que notre industrie soit à même de présenter en bonne conscience des projets comparables aux réacteurs de types éprouvés. Il est vrai que la première de ces étapes, entreprise dès la mise en service de Lucens, ne pourrait pas encore prétendre avoir atteint l'optimum, mais elle comporterait tous les éléments essentiels des étapes suivantes, permettant ainsi leur mise à l'épreuve pratique à une échelle suffisante. La puissance unitaire de la première centrale nucléaire de construction suisse devra être fixée en tenant compte du stade de développement technique et de la capacité d'absorption du réseau, en vue de lui assurer un facteur de charge suffisant. L'étape suivante, qui devrait pouvoir suivre après trois ou quatre ans, serait déjà beaucoup plus proche de la solution définitive et de la rentabilité désirée. Les capacités scientifiques, industrielles et financières du pays sont certainement suffisantes pour surmonter toutes les difficultés et nous permettre de faire figure honorable dans la concurrence européenne. Ce qui a manqué jusqu'ici, c'est la volonté clairement exprimée de réaliser un développement dont les conséquences industrielles et économiques peuvent être primordiales pour l'avenir.

Mais un programme tel que je l'ai esquissé ne peut pas être décidé unilatéralement, son envergure est telle qu'il ne saurait être que le résultat d'une entente entre tous les milieux intéressés. Il implique une collaboration étroite et sans réticences entre fournisseurs et exploitants, entre l'Etat et l'économie privée, l'industrie et les hautes écoles. C'est à la réalisation de cette entente qu'il faut maintenant consacrer nos efforts.