

**Zeitschrift:** Revue économique franco-suisse  
**Herausgeber:** Chambre de commerce suisse en France  
**Band:** 43 (1963)  
**Heft:** 3: La recherche scientifique

**Artikel:** La recherche appliquée au Commissariat à l'énergie atomique  
**Autor:** Horowitz, Jules  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-887704>

### **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:** 15.04.2026

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

# La recherche appliquée au Commissariat

# à l'énergie atomique

par Jules Horowitz

Le Centre d'énergie nucléaire de Cadarache; à gauche au fond le chantier de « Rhapsodie »; au premier plan à droite l'ensemble « Pégase » (cliché CEA).

L'ordonnance de 1945 a défini la mission du C.E.A. en donnant à ses activités dans le domaine nucléaire un champ d'application extrêmement général.

En effet, outre les missions qui lui sont confiées dans les domaines de la recherche, de la protection des personnes et des biens, de l'exploitation des gisements des matières premières nécessaires, de la production d'énergie et de l'information du gouvernement, le C.E.A. est chargé de « prendre toutes mesures utiles pour mettre la France en état de bénéficier du développement de cette branche de la Science ».

Son statut a été fixé pour lui permettre de remplir au mieux cette mission. C'est un établissement de caractère scientifique, technique et industriel, doté de la personnalité civile et de l'autonomie administrative et financière (1).

Le rapprochement du C.E.A. avec un certain nombre d'organismes de recherche fait apparaître le caractère singulier de sa mission, en même temps que ses activités prennent la valeur d'un exemple des différentes formes que peut revêtir l'intervention de l'État dans la recherche.

Il est manifeste que cette intervention a connu une expansion considérable, qui s'est exercée dans deux domaines à la fois : celui des recherches fondamentales et de base et celui des recherches appliquées spécialisées.

Le C.E.A. sans avoir le monopole

(1) Actuellement les services de recherches du Commissariat occupent 8 000 personnes dispersés dans les quatre centres d'études : Saclay, Fontenay, Grenoble, Cadarache.

Le montant des crédits attribués à la

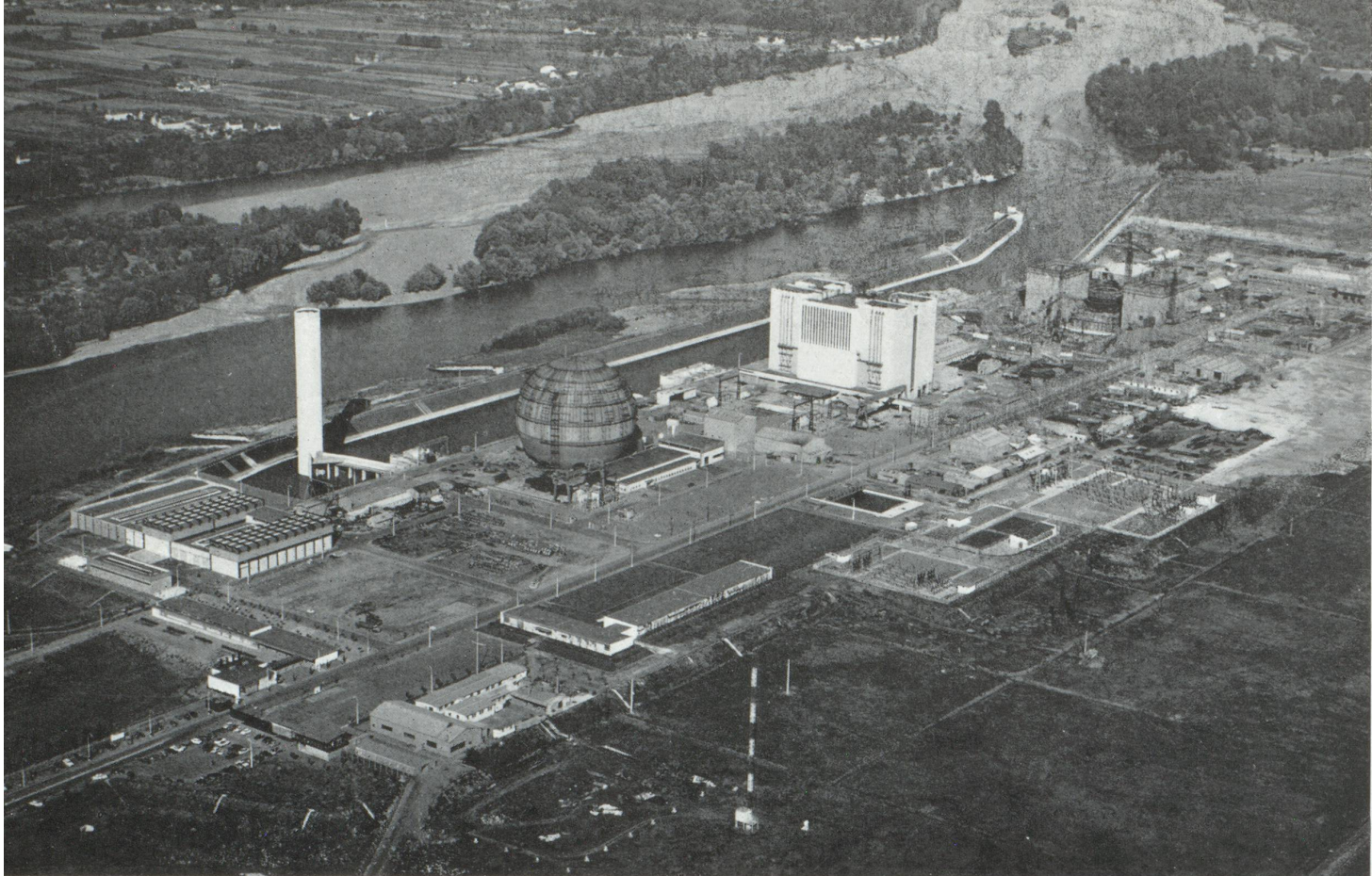
de la recherche fondamentale, intervient largement dans ce domaine. Son rôle a été plus ou moins extensif suivant l'époque, et dans certains cas le C.E.A. a été appelé à jouer un rôle initiateur parce qu'il avait déjà pu réunir une infrastructure de recherche impossible à trouver ailleurs. C'est en effet un lieu commun que de constater le coût de la recherche moderne et la nécessité de concentrer les efforts et les moyens.

Mais l'un des phénomènes les plus remarquables de notre temps est la rapidité avec laquelle une découverte de science pure, celle de la fission de l'uranium en 1939, a donné lieu à une véritable révolution dans les domaines militaires et industriels.

La recherche appliquée au C.E.A. était donc appelée à jouer un rôle considérable, tout particulièrement dans le domaine des piles atomiques.

La crainte de voir l'expansion industrielle handicapée, surtout en Europe, par la pénurie de combustible classique, et une appréciation trop optimiste de l'état de la technique nucléaire, conduisirent entre 1955 et 1959 à un foisonnement de projets et à des programmes très ambitieux. Depuis lors, la conjoncture énergétique s'est renversée en même temps que les premières centrales nucléaires se révélèrent d'un coût plus élevé que prévu. Il en résulta un étalement des programmes les plus ambitieux, comme celui de la Grande-Bretagne, et un rajustement qui fut certainement

recherche au sens large du terme (de la recherche pure à la recherche de développement) s'est élevé pour l'année 1962 à environ 56 % des autorisations de programme civil.



Les installations de l'E.D.F. à Chinon.

profitable sur le plan technique. Malgré le ralentissement, la puissance électro-nucléaire installée en 1970 sera d'une dizaine de milliers de Megawatts. Compte tenu des progrès accomplis, il est presque certain que — du moins dans les régions où les combustibles classiques sont chers, c'est-à-dire en particulier une partie de l'Europe — les grandes centrales nucléaires entrant en fonctionnement à la fin de cette décennie seront rentables et que l'énergie atomique sera appelée, dès cette époque, à y assurer la majeure partie de l'accroissement de la production électrique de base. Cette situation s'étendra progressivement à d'autres régions car les besoins croissants d'énergie dans le monde et l'épuisement progressif des ressources classiques rendront inévitable le développement massif de l'énergie atomique.

Cependant l'expérience de ces

(1) En 1962, la production pure d'uranium a été de 1 500 tonnes. Le rythme annuel excède nettement la consommation prévisible dans les cinq à dix années à venir et c'est pourquoi l'objectif de capacité assigné aux mines métropolitaines du C.E.A. est gelé au niveau de 1 200 tonnes. D'où l'application d'une politique de stricte limitation des effectifs et des productions, la forme la plus pratique de stockage étant celle du minerai dans les gisements eux-

dernières années a montré toute l'ampleur de l'effort nécessaire pour mettre au point et amener à la rentabilité un seul type de centrale nucléaire, une seule filière de réacteurs comme disent les spécialistes. Même un grand pays industriel doit se limiter au développement d'un très petit nombre de filières dont le choix revêt ainsi une importance capitale.

Le programme français à court et moyen terme est fondé sur les piles de puissance utilisant le graphite comme modérateur, l'uranium naturel métallique comme combustible et le gaz carbonique comme fluide de refroidissement. Inaugurée en France par les piles G2 et G3 de Marcoule — dont le but principal est cependant la production de plutonium — cette filière comptera une puissance installée de près de 800 MW (Megawatts) après la mise en service des trois centrales de Chinon E.D.F. 1, E.D.F. 2 et

mêmes. Les conditions présentes du marché de l'uranium, qui justifient cette politique, permettent d'ailleurs le cas échéant de bénéficier à l'extérieur de conditions d'achats favorables. Il n'en sera pas toujours ainsi. En effet, la décennie 1970-80 verra l'exploitation industrielle de l'énergie atomique; la demande sera susceptible de dépasser les plus hauts niveaux connus vers 1960. Il faudra alors étendre l'exploitation des réserves connues jusqu'à des minerais de

E.D.F. 3. L'Électricité de France vient d'ailleurs de décider la construction d'une nouvelle centrale du même type, E.D.F. 4, de près de 500 MW.

Toujours dans le domaine des piles à uranium naturel refroidies par le gaz carbonique, le C.E.A. a lancé en 1962 la construction d'un prototype de 70 MW. Ce prototype, appelé EL 4, qui se construit en Bretagne dans les monts d'Arrée, utilisera l'eau lourde comme modérateur et pourra constituer la première réalisation d'une nouvelle filière appelée à concurrencer à moyen terme les centrales au graphite.

Enfin, compte tenu des estimations actuelles des ressources mondiales d'uranium (1), il est très probable qu'à long terme l'énergie atomique ne pourra pleinement jouer son rôle qu'en faisant appel aux réacteurs à neutrons rapides surgénérateurs de plutonium (2).

teneurs plus basses et recourir à la surrégénération que nous étudions actuellement comme il est indiqué ci-dessus.

(2) Ces réacteurs, tout en fournissant de l'énergie, produisent plus de plutonium qu'ils n'en consomment. Le développement des centrales de ce type exigera pendant longtemps le recours au plutonium produit par les piles à graphite ou à eau lourde.

Une pile expérimentale à neutrons rapides, Rapsodie, est en construction à Cadarache dans le cadre d'une association avec Euratom.

### LES MOYENS D'ÉTUDE

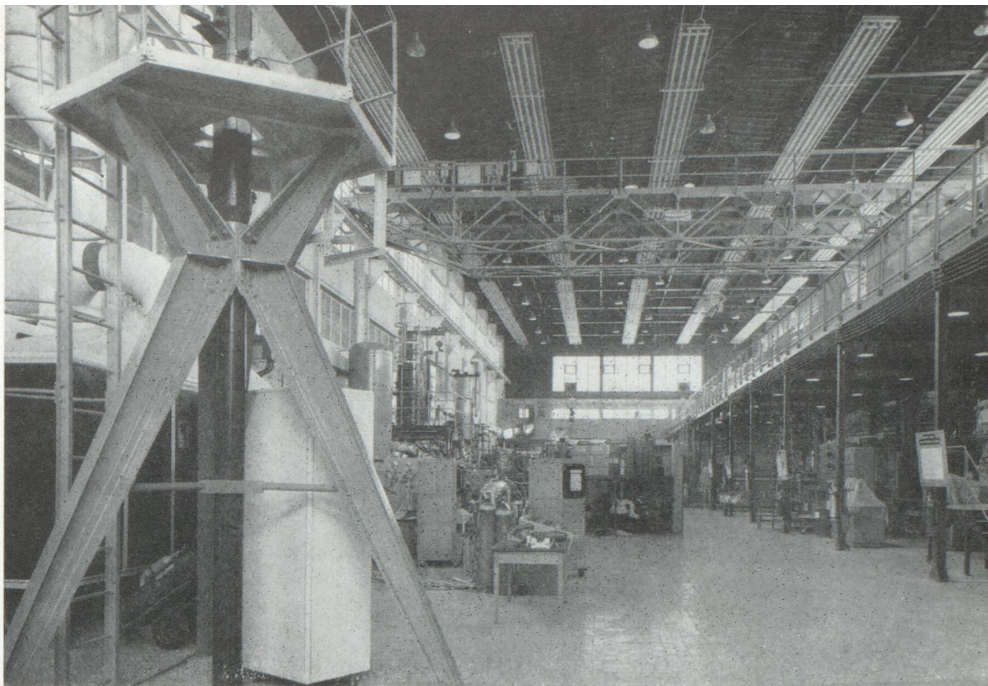
Le programme atomique civil qui, en France, se développe suivant ces trois directions principales, fait appel à des techniques variées et exige des moyens d'essai nombreux et complexes. Je voudrais en donner un aperçu à l'aide de quelques exemples empruntés à l'étude des centrales au graphite ou à l'eau lourde utilisant le gaz carbonique sous pression comme fluide de refroidissement.

#### ÉTUDES DE PHYSIQUE

Née de la physique nucléaire, l'énergie atomique a gardé avec cette science de fortes attaches. Les réactions des neutrons avec les différents éléments présents dans la partie active des piles doivent faire l'objet de mesures extrêmement précises, ce qui a beaucoup contribué au développement des techniques correspondantes de la physique nucléaire. Cependant la grande complexité des réseaux de pile — arrangement régulier d'éléments combustibles dans le graphite ou l'eau lourde — rend indispensable le recours à des mesures globales; d'où la nécessité de construire pour ces expériences neutroniques des « dispositifs critiques », sortes de maquettes de piles fonctionnant à très faible puissance. C'est ainsi qu'un dispositif critique froid, MARIUS, sert à Marcoule à l'étude des centrales à graphite de l'E.D.F. et qu'un autre, CÉSAR, pouvant être chauffé jusqu'à 500 °C, est en construction à Cadarache. Pour montrer l'importance de ces moyens, il suffit de rappeler que l'ensemble correspond à une dépense d'environ 30 millions de francs, dépense justifiée par l'importance économique considérable d'une connaissance précise des propriétés neutroniques.

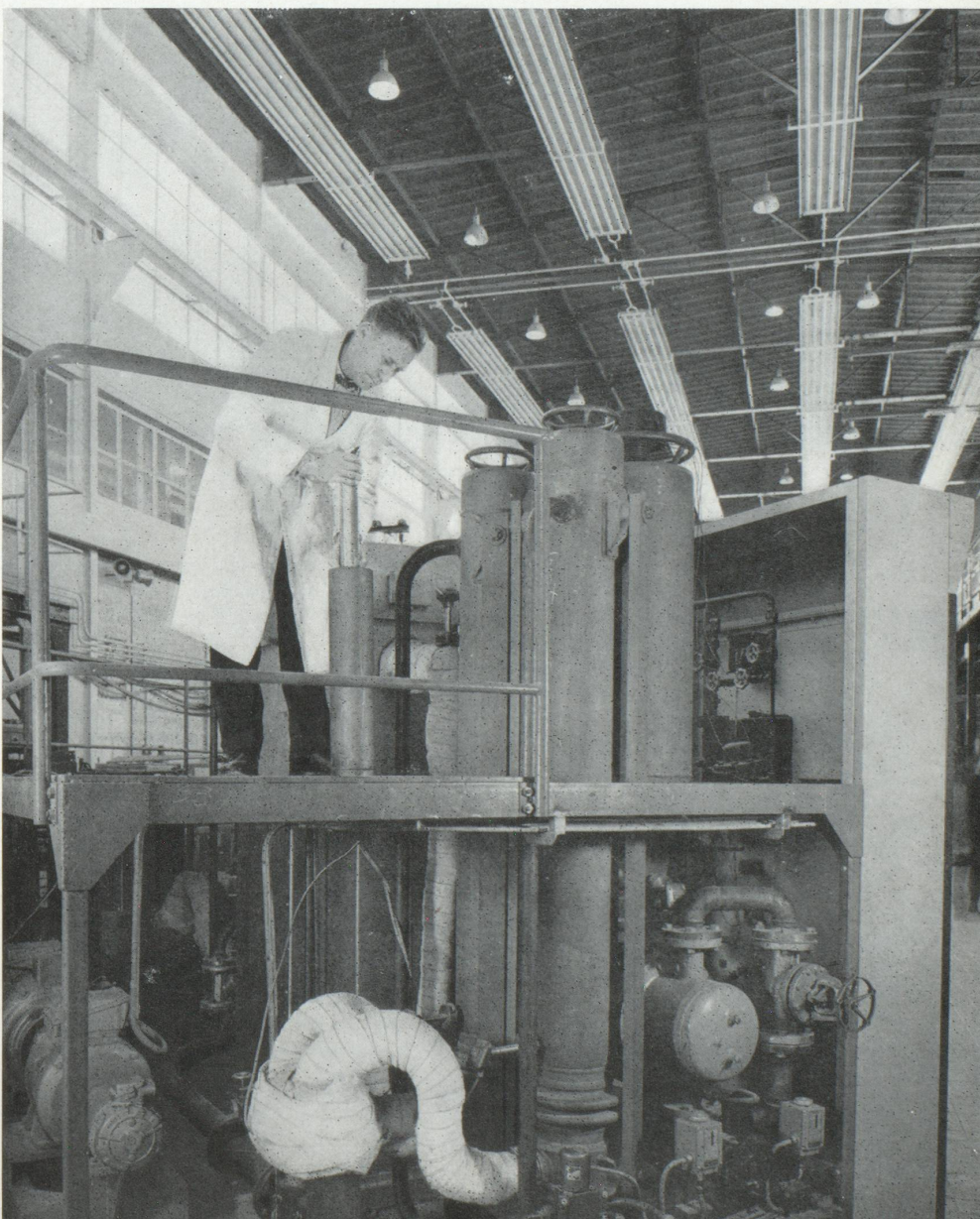
#### ÉTUDES DE TRANSFERT THERMIQUE

L'extraction de l'énergie des réacteurs nucléaires par chauffage de gaz en circulation nécessite des expériences approfondies de thermique et d'aérodynamique. Les



Hall d'essai d'éléments combustibles à Saclay (C.E.A.)

Boucle d'essai siclage thermique et fluage pour combustible à l'E.D.F.





Pile piscine « Pégase » à Cadarache (C.E.A.).

expériences s'effectuent dans de nombreuses boucles d'essai dont certaines sont des installations très importantes : ainsi Saclay possède une boucle qui permet des essais à 60 hpz, 450 °C avec un débit de gaz de 12 kg/s et une puissance de chauffage de 3 600 kW.

Les éléments combustibles des centrales de Chinon sont des tubes d'uranium métallique entourés d'une gaine en alliage de magnésium. Cette gaine est pourvue d'ailettes qui jouent un rôle essentiel dans le transfert de la chaleur de l'uranium vers le gaz carbonique. La mise au point d'ailettes très efficaces a été l'un des progrès majeurs accomplis dans le développement des centrales à graphite,

ce qui souligne l'importance de ces études thermiques.

#### ÉTUDES DE MATÉRIAUX PILES D'ESSAIS

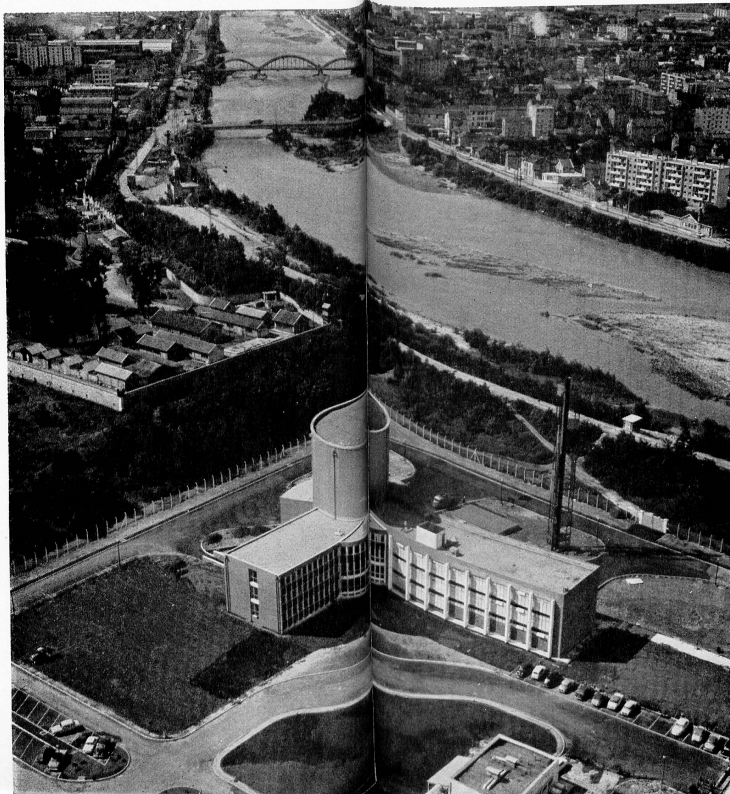
C'est le domaine le plus important, car les performances d'une pile dépendent en grande partie des possibilités mécaniques et thermiques des constituants du cœur. Malheureusement la nécessité de réduire au maximum l'absorption des neutrons par les matériaux de structure exclut, ou limite sévèrement, l'emploi des matériaux usuels comme l'acier. Il fallut donc avoir recours à des matériaux et alliages peu ou pas connus, et créer ce que

l'on peut appeler la métallurgie nucléaire. Ainsi un métal comme le zirconium, presque inconnu il y a une quinzaine d'années, est devenu un matériau de structure essentiel des moteurs de sous-marins nucléaires et de piles comme EL 4. De même, la recherche d'une gaine peu absorbante pour contenir l'oxyde d'uranium, qui est le combustible d'EL 4, a conduit à des études très importantes, souvent fondamentales, sur le beryllium. Bien entendu, l'effort principal a d'abord porté sur le combustible lui-même : uranium métallique et ses alliages, oxyde et carbure d'uranium, etc.

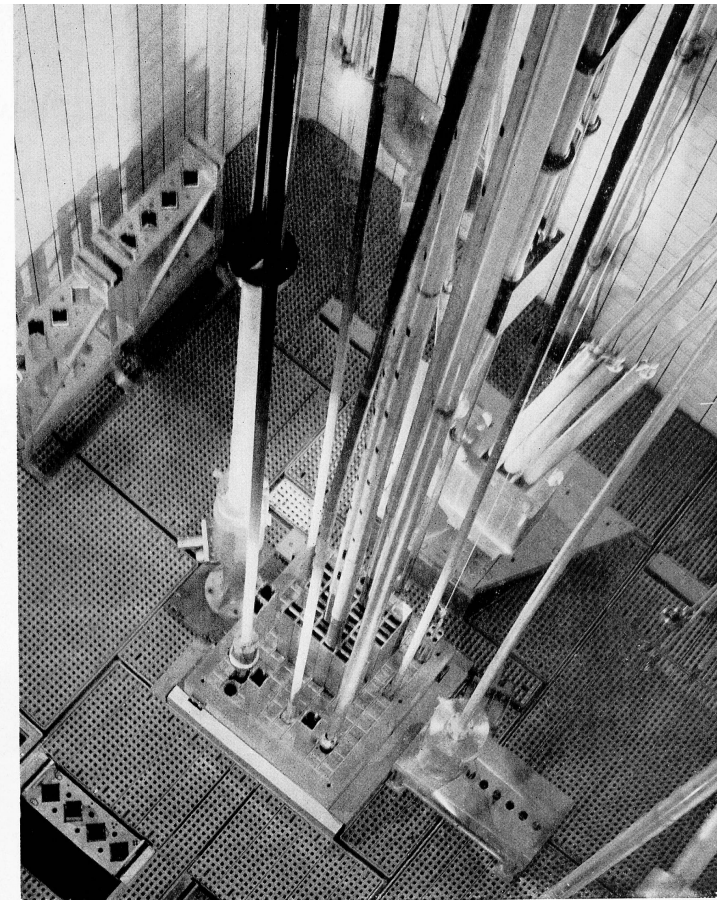
D'autre part, la nécessité d'une absorption neutronique, aussi petite que possible, a introduit dans la production industrielle les exigences de la « pureté nucléaire ». Ainsi dans le cas du graphite, dont les centrales de Chinon utilisent des milliers de tonnes, la présence de certaines impuretés est limitée à quelques parties par million.

Dans la mise au point des matériaux qui lui sont nécessaires, l'énergie atomique doit tenir compte d'un autre facteur qui lui est propre : la modification des propriétés des solides sous l'effet des rayonnements intenses qui règnent dans une pile. Ces modifications peuvent être néfastes au point d'éliminer un matériau qui, par ailleurs, a passé avec succès tous les tests « classiques ». Des expériences en pile sont donc indispensables et c'est à cela que servent en partie ou en totalité les différents réacteurs d'essai construits par le C.E.A. : EL 2 et EL 3 à Saclay, TRITON à Fontenay-aux-Roses, MÉLUSINE et SILOE à Grenoble, PEGASE à Cadarache. Certains matériaux de structure doivent rester dans les centrales nucléaires pendant toute la vie de celles-ci, c'est-à-dire vingt à trente ans. Ils doivent donc faire l'objet de tests accélérés sous des rayonnements plus intenses que ceux qui règnent dans ces centrales.

Vue aérienne de la pile Siloé du Centre



d'études nucléaires de Grenoble (C.E.A.).



Cœur avec élément combustible (uranium enrichi à 90 %) de la pile Siloé (C.E.A.).

#### ÉTUDES D'ENSEMBLE

Dans un exposé aussi limité, il est impossible de passer en revue toutes les techniques auxquelles l'énergie atomique fait appel et auxquelles elle a fait faire des progrès considérables. Je voudrais seulement souligner qu'à côté de ceux qui apparaissent comme nucléaires, parce qu'ils concernent le cœur du réacteur, les problèmes liés à l'architecture générale d'une centrale nucléaire et, en particulier, aux dispositifs mécaniques, comme les appareils de déchargement, ont une importance à peine inférieure. Le succès d'une centrale nucléaire

dépend autant des seconds que des premiers, et souvent les échecs ou les retards sont davantage dus aux parties « classiques » qu'à celles qualifiées de nucléaires.

L'énergie atomique fait concourir à la réalisation d'une même œuvre des études extrêmement variées, dont certaines sont très proches de la recherche fondamentale, tandis que d'autres ont un caractère industriel. Le chercheur y a plus souvent qu'ailleurs la satisfaction de voir les résultats de ses études passer du laboratoire à une grande réalisation industrielle.

Jules HOROWITZ