

L'ENERGIE ATOMIQUE : Un Géant qui n'avance qu'en rampant

par David Pursglove



Nous n'entrons encore qu'à tout petits pas dans l'âge atomique, mais des réacteurs nouveaux et puissants vont « engendrer » une vie nouvelle dans nos programmes atomiques, qui n'avancent qu'en clopinant.

QU'A-T-IL bien pu arriver à l'âge d'or des atomes ? Où est l'énergie atomique « bon marché » qui devait verdifier les prairies du Groënland et faire tout marcher ?

A la fin de la dernière guerre, des prophéties enthousiastes sur l'avenir de la puissance atomique donnaient l'impression que le nouveau paradis terrestre était pour demain. Les prédictions se gobaient aussi vite que les prairies dans un pique-nique de fruits de mer. Les maisons seraient éclairées, chauffées, rafraîchies, les usines tourneraient, les transports fonctionneraient, tout cela, grâce à l'atome.

Aucun de ces rêves brillants n'est devenu réalité. Pourtant, la plupart sont possibles. Mais ce n'est pas pour cette année ni peut-être même pour ce siècle.

L'ennui de ces promesses de prophètes, c'est qu'à les entendre, toutes ces choses étaient pour demain. Au contraire, le progrès a été lent ; on a commis des erreurs et on s'est lancé dans de fausses directions. Nous ne sommes même pas à l'entrée de la terre promise nucléaire.

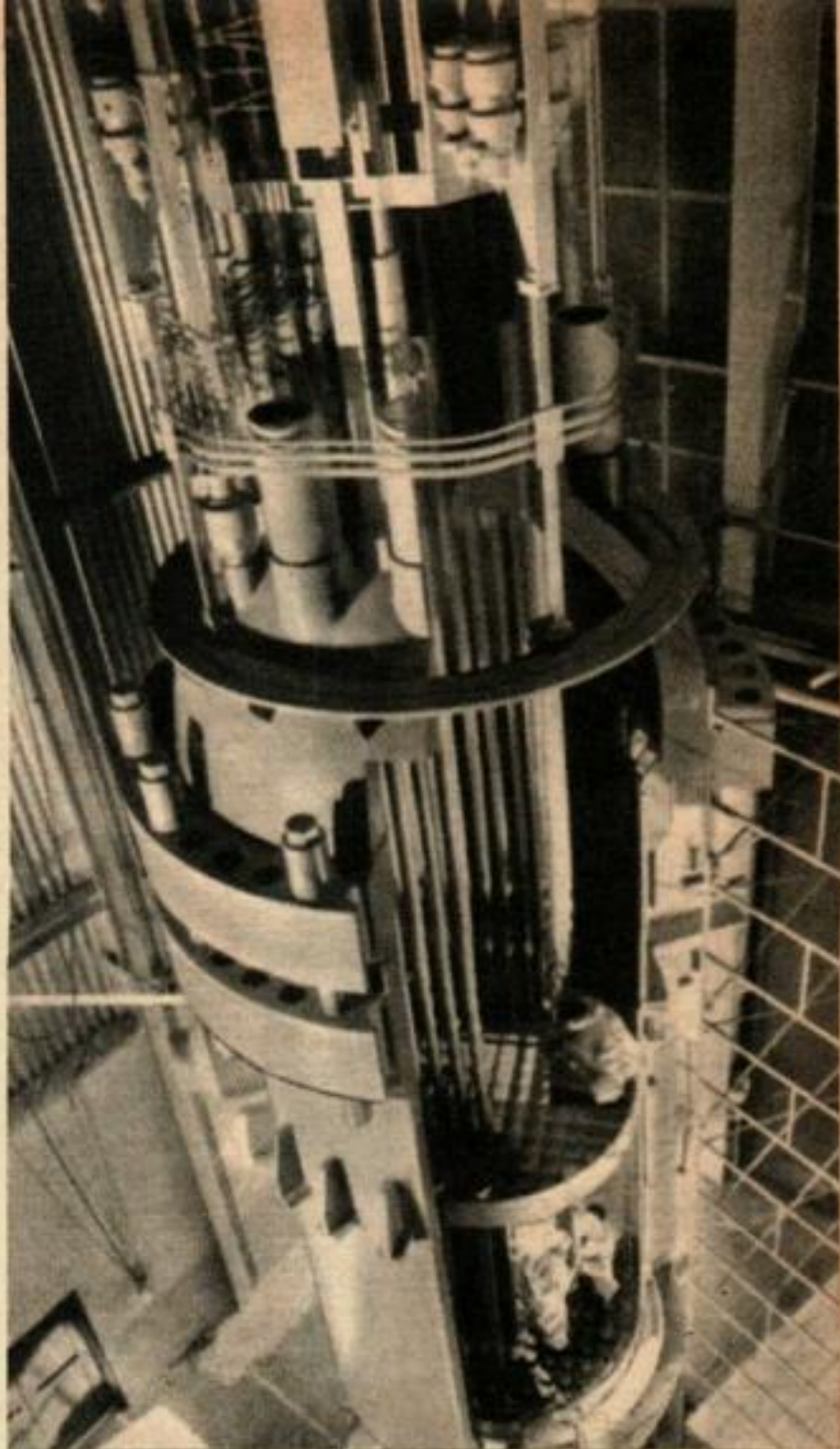
D'après la Commission d'Energie atomique américaine, un des obstacles provient de ce que nous avons construit un mauvais type de réacteur alors que nous aurions dû débiter par un principe différent. Jusqu'à présent, tous nos réacteurs sont des « brûleurs-convertisseurs ». Ils consomment du combustible.

Le réacteur (ou la pile) par lequel nous aurions dû débiter aurait dû être un « auto-générateur » qui, en partant d'une matière non fissile, telle que le granit, produit plus

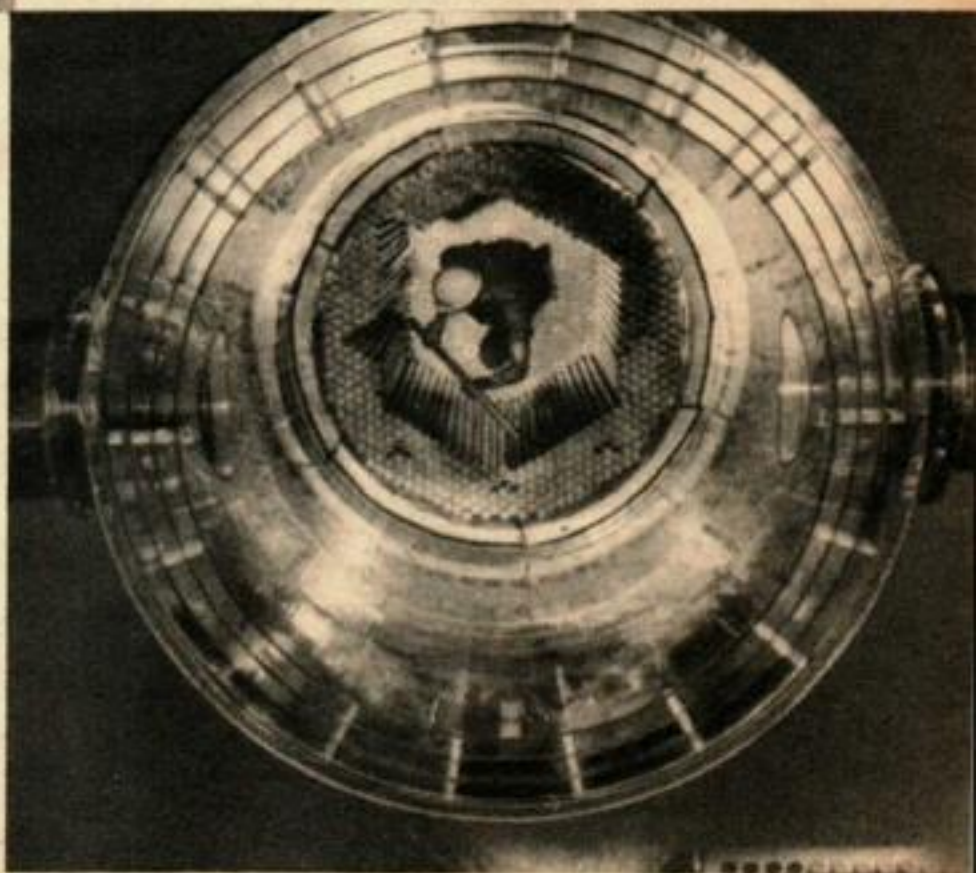


L'USINE ATOMIQUE construite par **CONSOLIDATED EDISON** à « Indian Point » N.Y., a une capacité estimée à 225 000 kilowatts. Elle déverse sa production dans le réseau électrique de New York. La société projette maintenant une usine d'un million de kW en pleine ville de New York.

LE CŒUR d'une station d'énergie nucléaire refroidie au gaz sera monté pièce par pièce à Peach Bottom (Pennsylvanie). Ici, les techniciens font une répétition du montage sur un modèle qui a la moitié de la grandeur normale, dans le laboratoire de la « General Dynamics » pour mettre au point la « séquence » de montage.



REACTEUR à l'eau sous pression de Shippingport, Pennsylvanie (maquette grandeur nature), qui fut la première usine à produire du courant pour les besoins civils.





Barre d'uranium et de thorium, entourée de graphite, élément actif d'un réacteur refroidi aux gaz, mis au point par « General Dynamics » l'un des 800 éléments de 4 m qui formeront la pile.

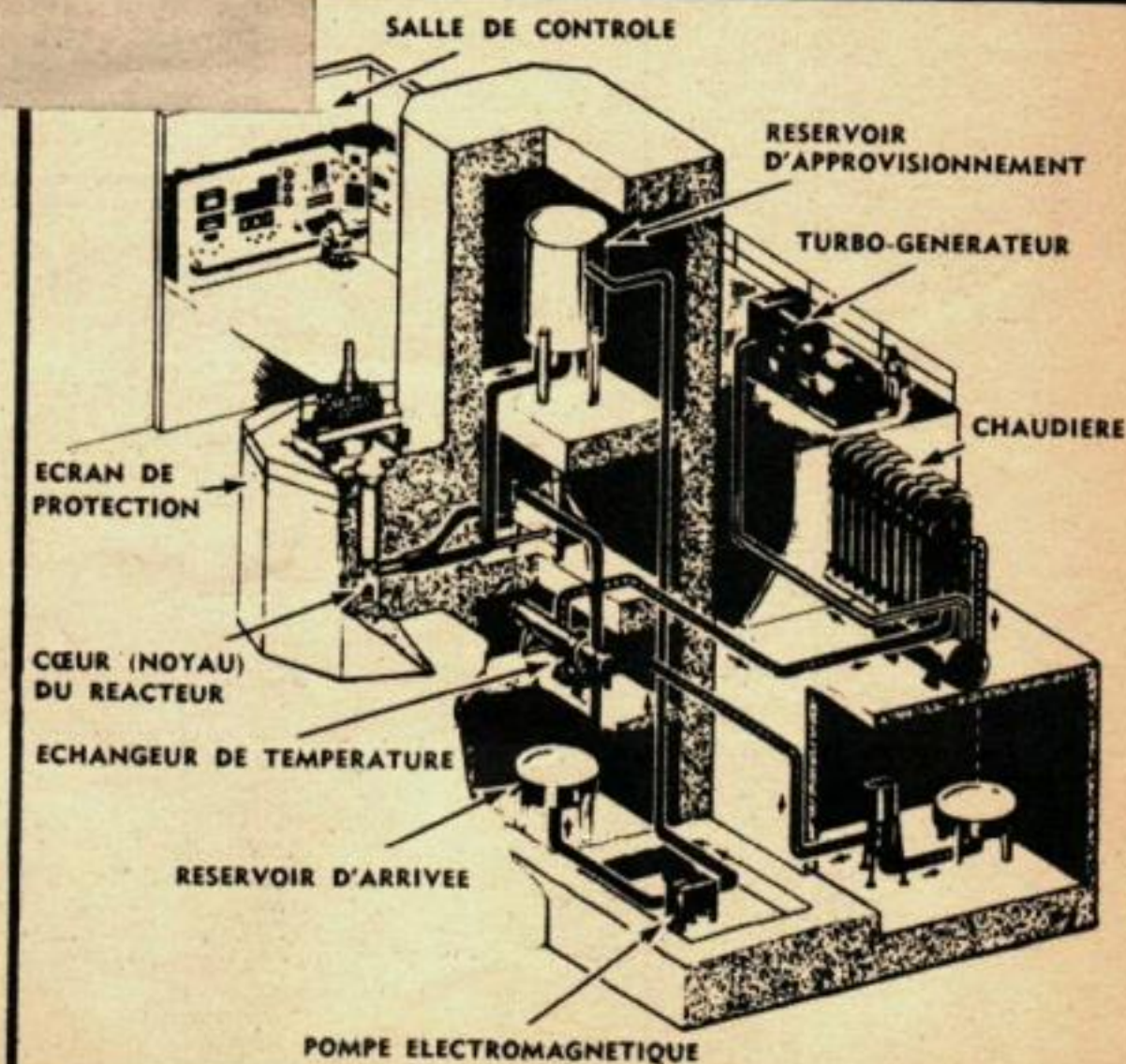
Les réacteurs « auto-générateurs » sont fondamentalement semblables aux « brûleurs » en fonctionnement, mais les auto-générateurs convertissent les déchets d'U-238 en plutonium fissile, perpétuant ainsi l'alimentation en combustible.

de combustible qu'il n'en consomme. Notre approvisionnement en matériaux fissiles pour nos piles actuelles durera à peu près autant que nos réserves de combustibles minéraux fossiles qui sont en voie de disparition.

A qui la faute ? En partie aux politiciens parce qu'ils voulaient l'énergie atomique immédiate et votaient des crédits pour la construction des réacteurs qui devaient être le plus vite « opérationnels ». Les savants se sont peut-être laissé faire un peu trop facilement. Cependant, l'erreur est peut-être moins onéreuse qu'on ne pourrait le croire. Les deux types de piles sont fondamentalement similaires. Une expérience précieuse a été acquise dans la mise au point des « brûleurs-convertisseurs » et nous ne partons plus de zéro pour construire des « auto-générateurs ». Des prototypes expérimentaux sont en fonctionnement depuis plusieurs années. Le premier à produire du courant électrique commercial est sur le point d'être terminé à côté de Detroit. Ce réacteur géant, l'usine énergétique « Enrico Fermi », sera mis en route pendant cette année.

Le côté « magique » du procédé auto-générateur est dû au fait que seule une forme rare d'uranium naturel peut servir de combustible nucléaire. Il y en a beaucoup, mais il ne contient que 0,7 % de matière fissile, l'uranium 235. Tout le reste consiste en uranium 238, non fissile.

Les réacteurs « auto-générateurs » brûlent l'U-235 pour produire de la chaleur exacte-



ment comme le font les brûleurs convertisseurs, mais ils ont le pouvoir de transformer l'U-238, sans valeur jusqu'ici, en plutonium 239, un isotope créé par l'homme et qui est fissile et peut servir de combustible atomique.

En général, le processus est simple. A l'intérieur du noyau d'un auto-générateur, deux neutrons et demi sont libérés quand un noyau d'U-235 est brisé. Un neutron heurte un autre noyau d'U-235 pour continuer la réaction en chaîne. Les autres sont absorbés par les noyaux d'U-238 qui, soumis à un bombardement continu, se changent peu à peu en plutonium. Quand la transformation est complète, le plutonium est retiré et transformé en combustible utilisable. Bien que tous les réacteurs soient capables d'accomplir cette conversion, l'avantage des auto-générateurs est qu'en un an, ils produisent trois ou quatre pour cent de combustible en sus de celui qu'ils ont employé. C'est comme si on mangeait son gâteau pour en retrouver ensuite plus qu'on n'en a consommé.

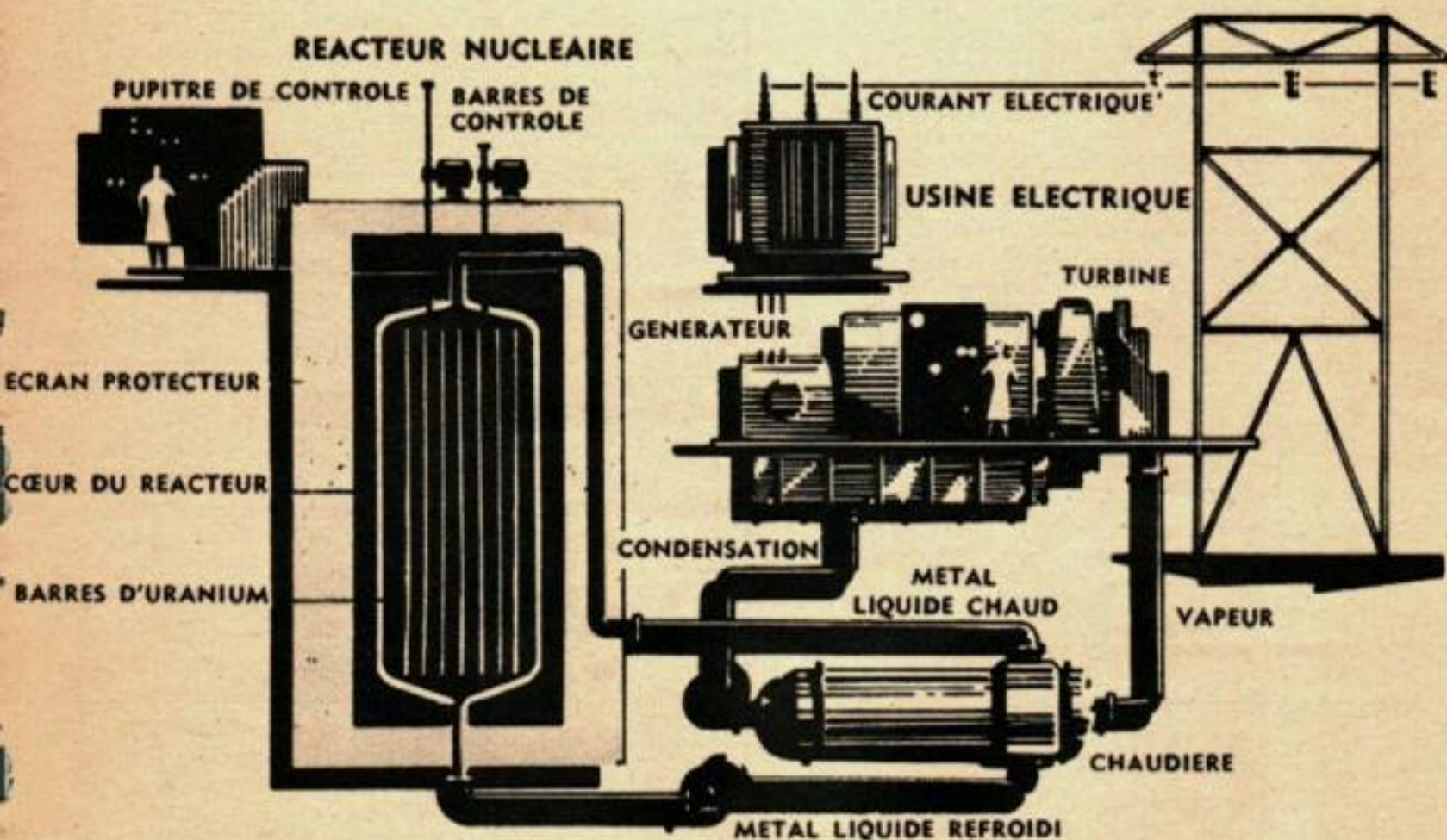
Dans toutes les usines d'énergie atomique, le « noyau » remplace le four des fonderies ordinaires. La rupture des atomes dans le « noyau » fournit la chaleur. De l'eau ou un métal en fusion circule autour du combustible atomique brûlant et transporte la chaleur jusqu'à un échangeur ou chaudière. La vapeur de la chaudière actionne des turbines, lesquelles font tourner des générateurs qui produisent de l'électricité.

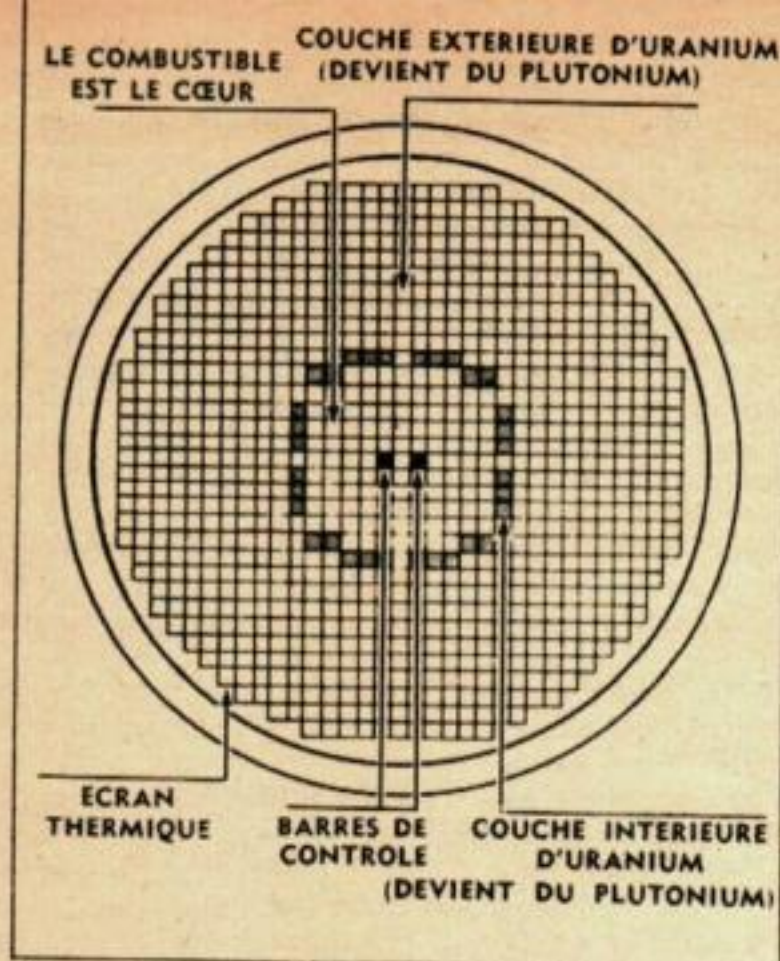
La plupart des « brûleurs-convertisseurs » emploient de l'eau ordinaire pour les modérer et les refroidir et pour transporter la chaleur jusqu'au système producteur de vapeur.

Dans de tels réacteurs, refroidis à l'eau, les noyaux d'hydrogène ralentissent les neutrons qui, d'une vitesse initiale d'environ cinquante millions de kilomètres à l'heure, sont ramenés à 8 000 km/h environ. Cette dernière vitesse permet aux neutrons de pénétrer dans les noyaux d'U-235 et de les diviser. Dans les réacteurs « auto-générateurs », les neutrons viennent heurter les noyaux d'U-235 à leur pleine vitesse initiale. Le nombre de noyaux brisés est moindre, mais ceux qui sont atteints émettent des neutrons de très haute énergie, capables d'atteindre les noyaux d'U-238 et de les transformer en plutonium. Ce type de réacteur est désigné par l'expression : « auto-générateurs rapides ».

Ces « générateurs rapides » utilisent le sodium en fusion comme refroidisseur et transporteur de chaleur. Le sodium ne modifie pas la vitesse des neutrons, mais son emploi exige des pompes spéciales, une tuyauterie et des échangeurs de température construits en matériaux résistant à la corrosion. C'est là un des plus sérieux obstacles à l'emploi des « auto-générateurs rapides ».

L'un des « auto-générateurs » les plus curieux est le réacteur « thermique » ou H.R.E. (Réacteur homogène expérimental — « Homogeneous Reactor Experiment »). Le combustible est constitué par un composé d'U-235





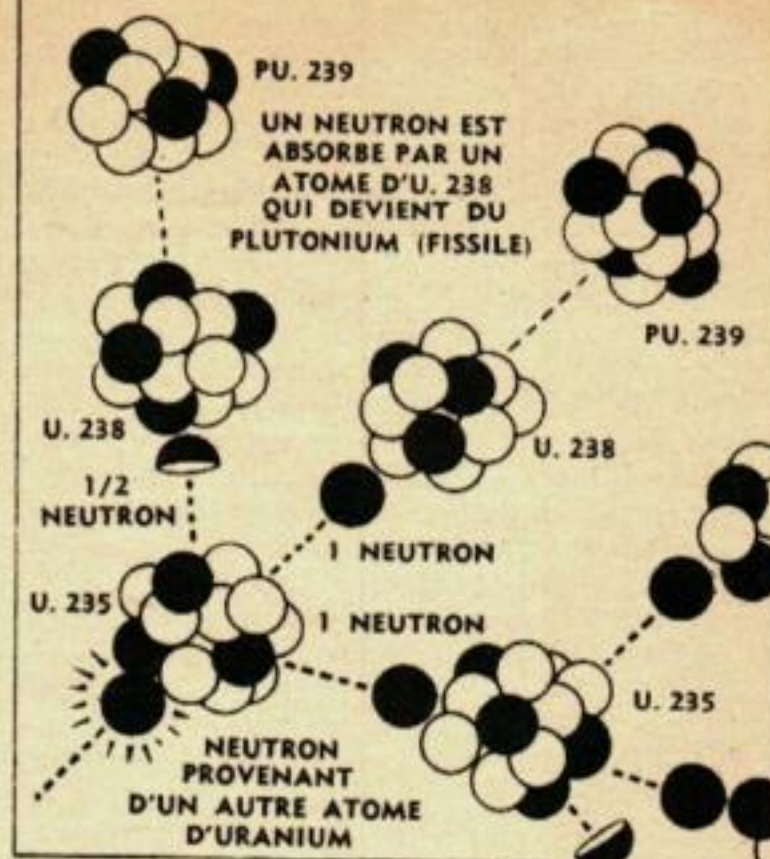
Le nouveau combustible est créé dans le noyau du réacteur « auto-générateur » par bombardement de la couche extérieure et intérieure d'U-238. Le plutonium fissile qui en résulte est traité pour fournir un nouveau combustible.

dissous dans de l'eau. Récemment, un savant russe apprit avec étonnement au cours d'une visite, que ce réacteur ne nécessitait pas l'emploi de tiges de contrôle. Quand la réaction devient trop rapide, le noyau du réacteur chauffe et une partie du liquide entre en ébullition. L'eau modératrice ayant disparu, la réaction se ralentit le réacteur refroidit et l'eau se condense dans le four ou « noyau ». La réaction reprend sa vitesse et le cycle se répète, contrôlant automatiquement le foyer atomique.

Une autre « espèce » de « générateur thermique » use du combustible solide. Les deux types de piles fabriquent du combustible fissile à partir du thorium, jusqu'ici sans utilité, et qu'on trouve dans le granite ordinaire.

A partir de l'année prochaine, ce sera probablement la moitié des réacteurs construits avec l'aide du gouvernement fédéral américain qui sera du genre « auto-générateur ». Mais le fait que ce type de producteur d'énergie est celui de l'avenir, ne veut pas dire que la production par brûleurs sera abandonnée. Le gouvernement continuera à aider la construction de brûleurs-convertisseurs perfectionnés pour accroître la capacité de l'industrie productrice d'énergie atomique et pour l'aider à expérimenter les questions de fonctionnement.

Une très belle réussite a été celle d'un réacteur fonctionnant à l'eau sous pression, le « Yankee Atomic », qui donne maintenant le ton pour la technique de la plupart des « brûleurs-convertisseurs » commerciaux. Dans ce type de réacteur, pressurisé, le noyau et le système refroidisseur-modérateur sont inclus dans une cuve aux parois très épaisses



Dans les « auto-générateurs », les noyaux d'U-235, en éclatant, projettent des neutrons sur les atomes neutres d'U-238, les transformant en plutonium radioactif. D'autres neutrons continuent la réaction en chaîne.

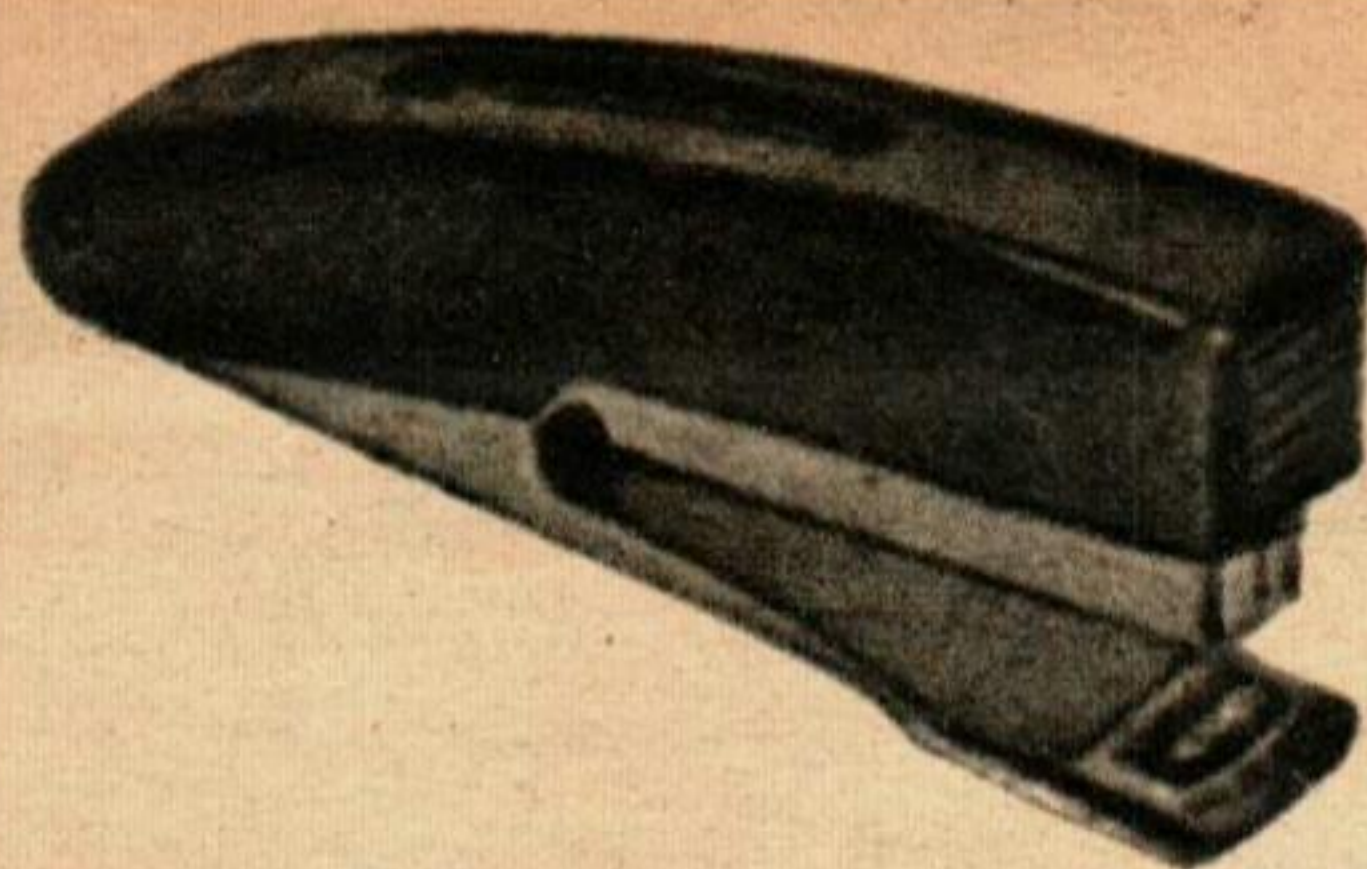
et mise sous pression qui ne permet pas à l'eau de s'évaporer. Le liquide, extrêmement chaud, gagne un échangeur de température à travers d'épais tuyaux. Une fois là, il lui est permis de jaillir en vapeur, dans une brutale expansion d'énergie.

Les réacteurs pressurisés produisent une vapeur dont le rendement est supérieur à celle que donnent les « noyaux » à eau bouillante qui sont les plus faciles et les moins coûteux à construire. Mais aucun des deux systèmes ne procure des températures assez élevées pour obtenir un fonctionnement rationnel des turbines. Résultat : l'emploi de moyens de chauffage supplémentaires, qui fonctionnent souvent à l'essence.

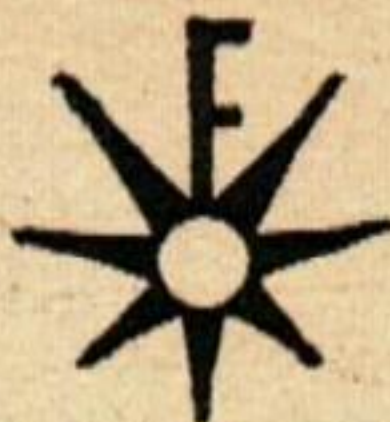
Cependant, des types nouveaux de réacteurs « brûleurs-convertisseurs » sont en route, plus efficaces et plus économiques. L'un, refroidi et modéré à l'eau lourde, travaille avec de l'uranium « naturel » bien moins coûteux que l'uranium enrichi.

De nouveaux réacteurs, à « spectre changeant », commencent par fonctionner à l'eau lourde pour, ensuite, changer et utiliser l'eau ordinaire. Ce type de réacteur produit plus de chaleur, brûle le produit radioactif avec un meilleur rendement et n'a besoin que d'un moins grand nombre de barres de contrôle que la plupart des autres modèles. Il est considéré par la Commission de l'Energie atomique comme un des « brûleurs les plus intéressants pour l'avenir ». Des réacteurs nouveaux et singuliers, au « sodium-graphite », emploient le sodium en fusion comme transporteur de chaleur et des ré-

(Suite page 122)



AGRÉÉ QUALITÉ FRANCE



**POUR LA POCHE, LE BUREAU
LA MAISON**
AGRAFEZ - CLOUEZ

avec

PRESTAGRAF 84

En vente toute papeterie

PRODUCTION J. HERBIN — PARIS

Energie atomique

(Suite de la page 46.)

chauffeurs nucléaires qui peuvent fournir de très hautes températures et une vapeur de haute puissance. Une autre solution, unique dans son genre, est fournie par le réacteur à gaz qui emploie un mélange d'hélium, d'hydrogène et d'oxyde de carbone comme refroidisseur et pour transporter la chaleur jusqu'au générateur de courant. Ces gaz, non

corrosifs, peuvent produire de la vapeur à 600° pour la génération du courant électrique, plus économiquement qu'une usine utilisant les combustibles fossiles.

Où en sommes-nous donc en ce qui concerne l'énergie atomique ? Nous avons enfin pris le départ. Il y a actuellement 518 réacteurs dans le monde, et leur nombre va croissant. Bien que la plupart d'entre eux ne s'en rendent pas compte, les habitants de New York, Pittsburg, Chicago, de la Nouvelle-Angleterre, du Michigan et du Nébraska éclairent leurs maisons en partie grâce à la puissance atomique. A la fin de 1962, le premier réacteur construit pour les usages civils, à Shippingport (Pennsylvanie), avait produit près d'un milliard et demi de kilowatts-heure. La Yankee Atomic Electric Co. de Rowe (Massachusetts) et la Dresden Nuclear Power Station, à Morris (Illinois) ont fourni, ensemble, plus de quatre milliards de kilowatts-heure. L'usine de la Consolidated Edison, à Indian Point, déverse actuellement du courant dans le réseau de New York, à la cadence de 280 000 kWh, bien qu'elle soit soumise à de coûteuses coupures aux fins d'essais qui lui sont imposés par sa licence de la Commission de l'Energie atomique.

Le perfectionnement des méthodes de production abaisse le prix du kilowatt-heure à une telle allure que des producteurs privés de plus en plus nombreux se préparent à entrer dans la course atomique. Le projet



NOVEMAIL

LES PEINTURES MODERNES

Documentation gratuite NOVEMAIL, B. P. 3 - BONNEUIL (Seine)

le plus ambitieux est peut-être celui de la Consolidated Edison, qui envisage de bâtir une usine atomique en plein New York, d'une capacité d'un million de kilowatts-heure. Date d'ouverture : 1970.

Un des obstacles qui arrêtent le développement de l'énergie atomique est de nature économique. Aux Etats-Unis, l'unité de compte en matière de production d'électricité est le « mill » (0,005 F) par kilowatt. Les usines traditionnelles, par exemple, peuvent produire du courant à un coût moyen de 7 mills (0,035 F) le kilowatt. Le réacteur de Shippingport — le plus ancien des réacteurs « commerciaux » — produisait du courant au prix de revient moyen de 50 mills (0,25 F). Cela se passait en 1958.

Depuis lors, le coût du courant produit par l'énergie atomique a considérablement diminué. La nouvelle usine d'un million de kilowatts-heure, qui vient d'être projetée pour New York, produira l'énergie électrique — d'après la Consolidated Edison — au même prix que les usines à combustible fossile.

Deux nouvelles usines, fournissant ensemble 780 000 kW sont en projet pour les réseaux de Californie. Un groupe de fournisseurs de services publics de New York s'est formé en vue de la construction d'une usine atomique d'une capacité de 300 à 500 000 kW. Un groupe similaire, de Nouvelle-Angleterre s'oriente vers la réalisation d'un réacteur d'un demi-million de kilowatts.

Dans le New Jersey, et dans beaucoup d'autres régions, des plans de réacteurs atomiques sont en cours de réalisation. Ainsi les tentacules de l'énergie atomique s'étendent lentement sur le pays mais le processus est lent et coûteux.

De tous les réacteurs actuellement en existence ou en cours de construction, 286 sont situés aux Etats-Unis. Jusqu'ici, six d'entre eux seulement produisent de l'électricité pour les soins civils et trois autres doivent être mis en service cette année. Les autres sont destinés à la recherche expérimentale, à l'entraînement ou à l'équipement des navires et sous-marins.

Malgré ce grand pas en avant, il se passera bien des années avant que la production à base de combustibles fossiles ne souffre de la concurrence atomique. D'après les chiffres « actuels » de la Commission de l'Energie Atomique les atomes produiront, en 1970, environ trois millions de kilowatts, une miette des 186 000 000 de kW, production totale des Etats-Unis en 1960.

Les dernières évaluations de la Commission de l'Energie atomique indiquent qu'en l'an 2000, plus de la moitié du courant employé aux U.S.A. sera issue de l'énergie atomique. Dans un siècle, ce sera sans doute la totalité.

Il faudra sans doute plusieurs générations pour que le Groënland verdisse, mais l'ère atomique commence décidément à prendre forme.

VOUS

**recevrez
tout
ce qu'il faut**



pour construire vous-même tous ces appareils en suivant les cours de Radio et de Télévision d'EURELEC.

Pour le Cours de Radio : 52 groupes de leçons théoriques et pratiques accompagnés de 11 importantes séries de matériel contenant plus de 600 pièces détachées qui vous permettront de construire 3 appareils de mesure et un superbe récepteur à modulation d'amplitude et de fréquence.

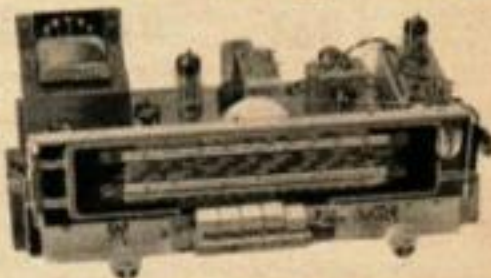
Pour les Cours de Télévision : 52 groupes de leçons théoriques et pratiques, 14 séries de matériel. Vous construirez avec les 1000 pièces détachées du cours TV, un Oscilloscope professionnel et un Téléviseur ultra-moderne.

**et tout
restera votre propriété**

Vous réaliserez, sans aucune difficulté, tous les montages pratiques grâce à l'assistance technique permanente d'EURELEC.

Notre enseignement personnalisé vous permet d'étudier avec facilité, au rythme qui vous convient le mieux. De plus notre formule révolutionnaire d'inscription sans engagement, est pour vous une véritable "assurance-satisfaction".

" Et songez qu'en vous inscrivant aux Cours d'EURELEC, la plus importante organisation européenne pour l'enseignement de l'électronique par correspondance, vous ferez vraiment le meilleur placement de toute votre vie.



NOUVEAU ! Encore un cours EURELEC consacré à l'étude des **TRANSISTORS**, il vous apprendra **TOUT** sur ces nouvelles techniques et vous permettra d'être à l'avant-garde du progrès.

EURELEC

INSTITUT EUROPÉEN D'ÉLECTRONIQUE

Toute correspondance à : EURELEC - DIJON (Côte-d'Or)
(cette adresse suffit)

HALL D'INFORMATION : 31, RUE D'ASTORG - PARIS 8^e
Pour la Benelux exclusivement : Eurelec-Benelux
11, rue des Deux Eglises - BRUXELLES 4

BON

(à découper ou à recopier)

Veuillez m'adresser gratuitement
votre brochure illustrée TV MP 81

Nom

Profession

Adresse

(ci-joint 2 timbres pour frais d'envoi)

INSTITUT SUPÉRIEUR D'ÉTUDES COMMERCIALES

CARRIÈRES du SECRÉTARIAT
et de la COMPTABILITÉ
GESTION des ENTREPRISES

Stages pratiques - C.A.P.

Placement assuré par l'Institut

Envoi gratuit : notice M P

Tous renseignements

COURS NADAUD TOUTES CLASSES

(secondaire et supérieure)

1, place Jussieu, **PARIS (5^e)** POR. 13-38

EXTERNAT - DEMI - PENSION

INTERNAT

de plein air en forêt de Sénart

Cours d'année scolaire et de vacances

COURS PAR CORRESPONDANCE

Grâce à une chambre à tourbillons, ce moteur brûle ce que vous voulez

(Suite de la page 50)

qui ne sont que sur les bancs des laboratoires, ce moteur de l'avenir travaille aujourd'hui. Du haut en bas, c'est un vrai diesel, et demain il transportera peut-être vos marchandises.

Sous sa forme actuelle, le « LDS-427 » est un peu gros pour une voiture de tourisme, mais le diesel n'est pas tout à fait une innovation pour les voitures particulières. Vous avez par exemple la « Mercedes 190-D ». Continental s'occupe déjà du transport des voyageurs, fournit des moteurs à Checker, mais ne dit rien de l'adaptation du procédé à votre voiture. Cependant, si un beau jour vous avez une auto qui brûle n'importe quelle espèce d'extrait de dinosaure, sans doute elle descendra du « LDS-427 » Continental.

IMBATTABLE LE "SABAKI"

49 F

SUPERTRANSISTOR de poche PO-GO, cadre incorporé, haut-parleur.

JAPONAIS U.300, 200 mW

Câblage circuit imprimé.

VEROBOARD. Montage

simple et de conception

nouvelle

COMPLET en pièces détachées, avec schéma et plan de câblage. Prix : F 49,00 (Port 4,00).

Expédition : Mandat ou chèque bancaire à la commande.

C.C.P. 5643-45

TECHNIQUE 19, passage Gustave-Leprieux.
SERVICE PARIS (11^e)

