Histoire du nucléaire

Les découvertes fondamentales (Pr. J. Foos)

Pierre et Marie Curie aux origines de l'énergie nucléaire

La genèse de l'énergie nucléaire (1939-1945)

Le premier réacteur et la première bombe

La maturité de l'énergie nucléaire (1945-1975)

Le développement industriel et les premières filières

Heurts et malheurs de l'énergie nucléaire

Radioprotection, accidents, et prolifération…

Les perspectives du nucléaire au XXI° siècle

La maturité de l'énergie nucléaire (1939-1945)

Réorganisation en France : les grands défis

Reconstitution des équipes scientifiques : le CEA

La première pile ZOE au fort de Chatillon

Le choix des premières filières : eau lourde ou graphite ?

Les réacteurs expérimentaux et la centrale de Brenilis (Bretagne)

Principe de la filière UNGG

Le développement de la filière UNGG

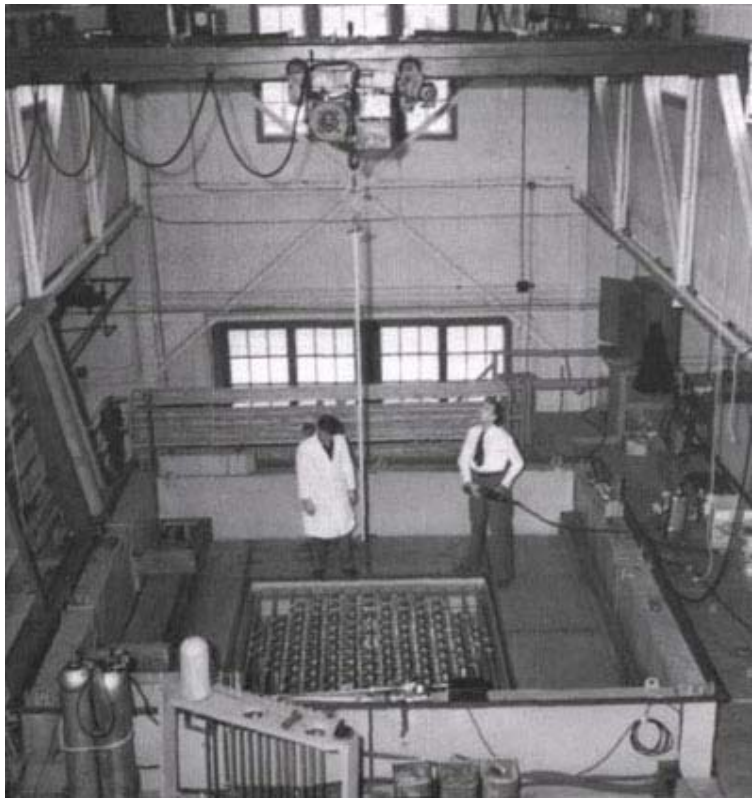
Les réacteurs plutonigènes G1, G2 et G3

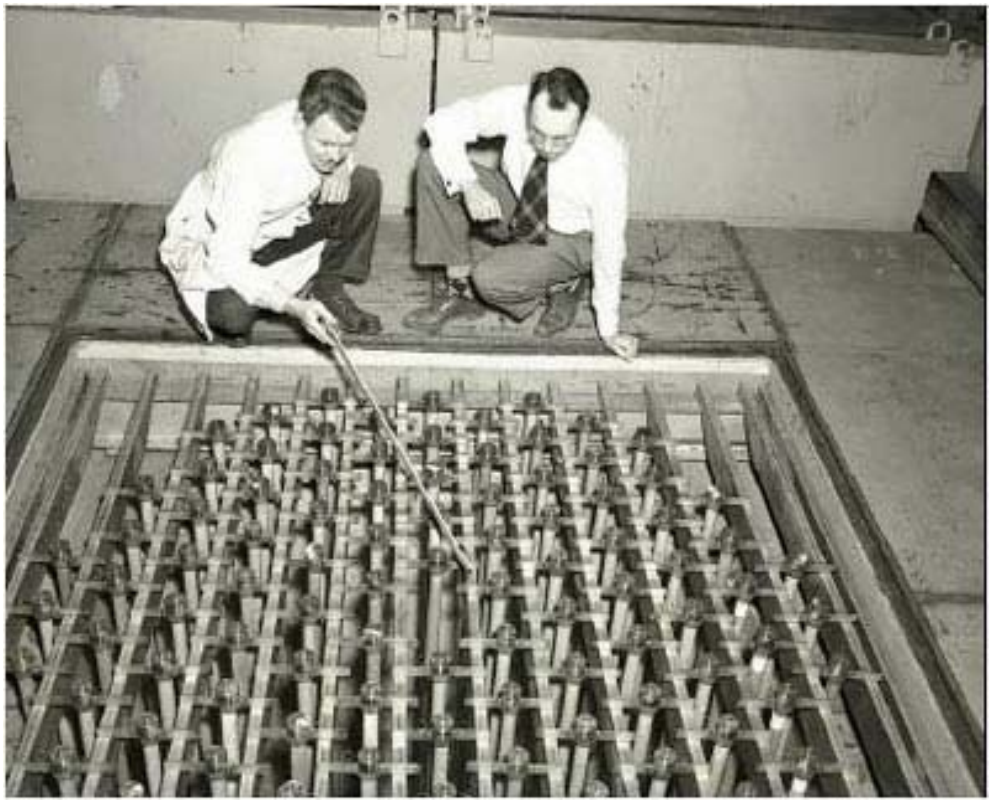
Uranium, Plutonium… rapides ou thermiques : les grands choix

La création du CEA (1945)

La pile ZEEP à Chalk River (septembre 1945)

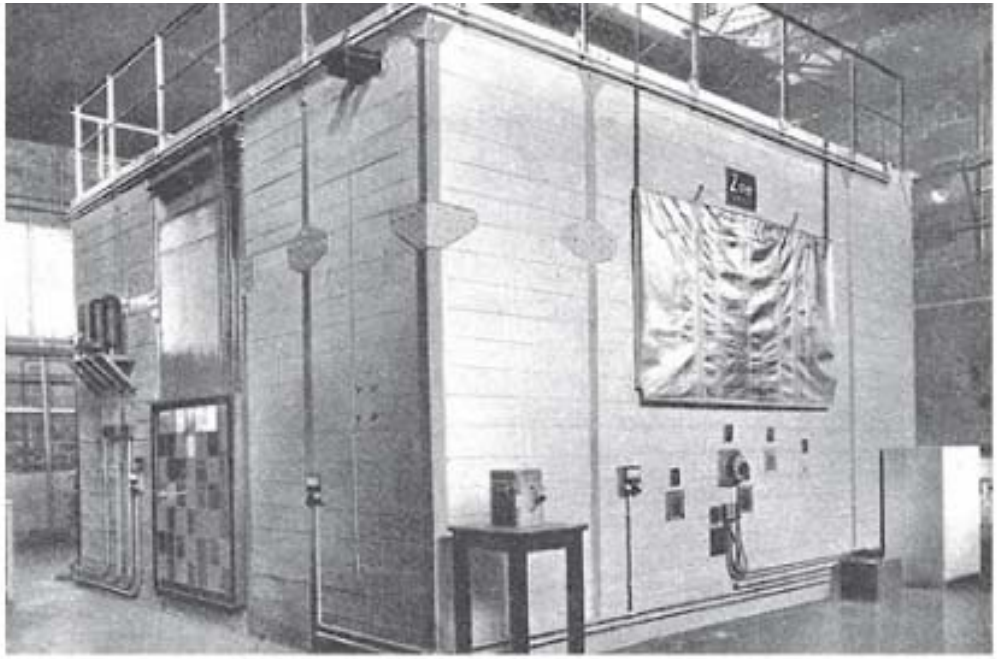
Premier réacteur hors des USA, pile à eau lourde

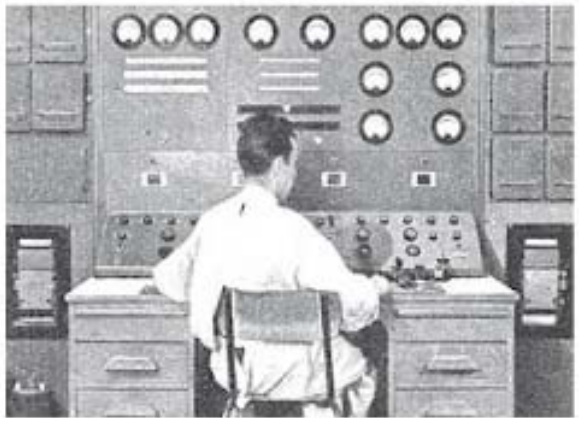




avec la contribution des français…

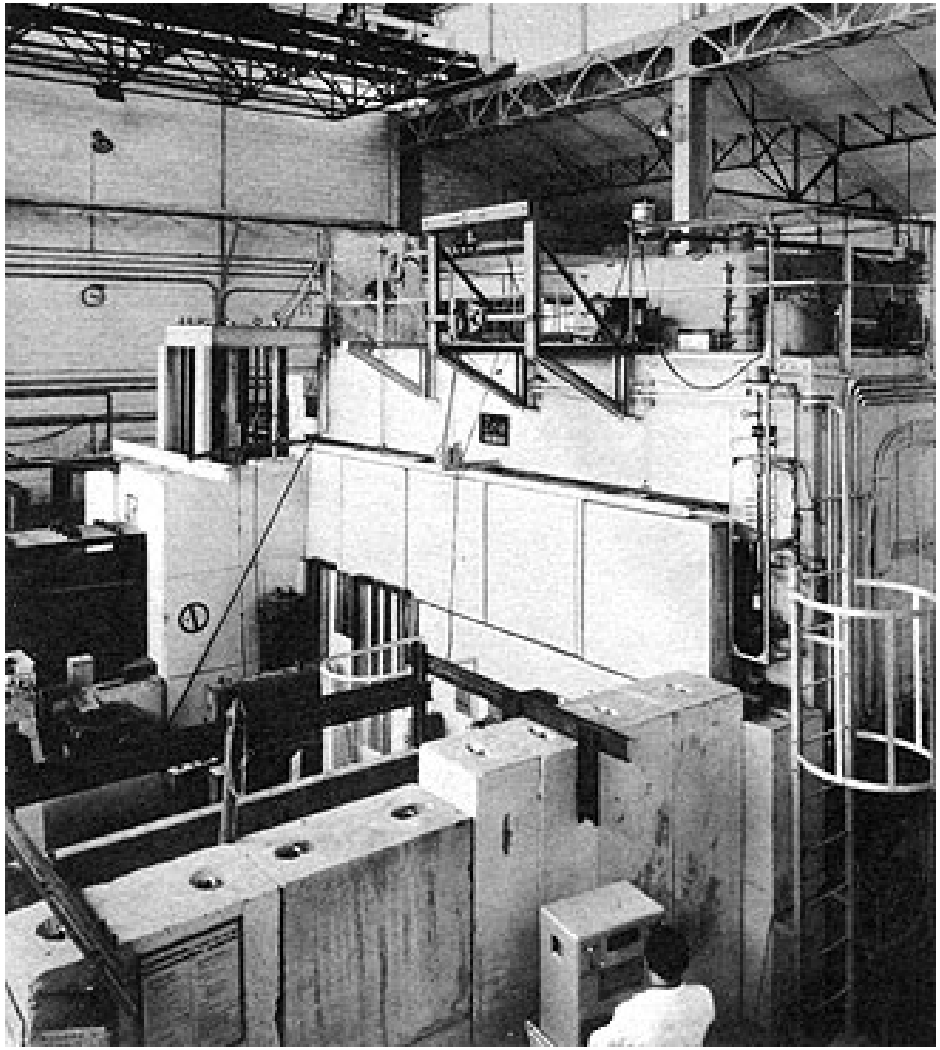
Construction de la pile ZOE : divergence 15/12/48



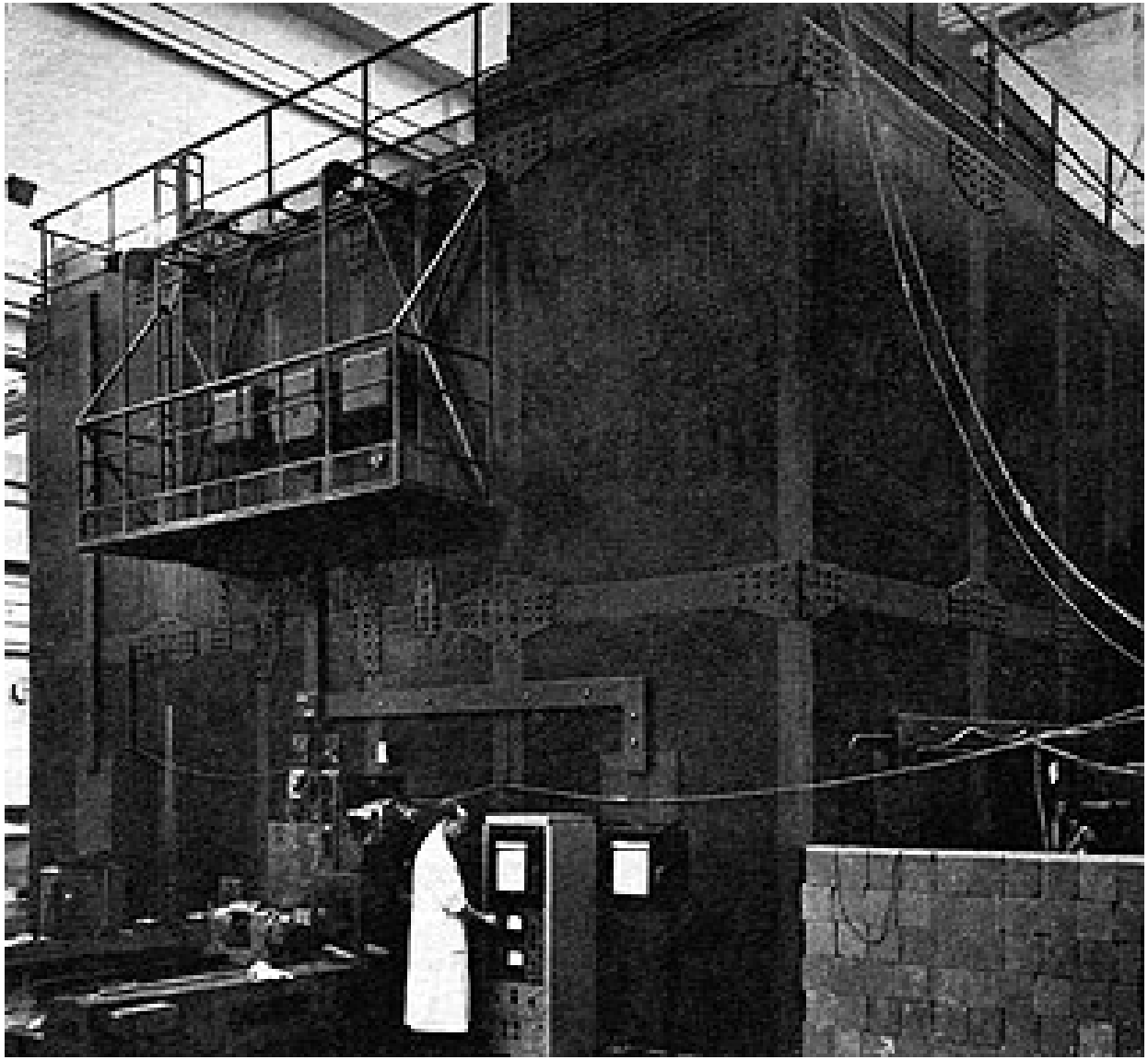


De haut en bas : vue d'ensemble de la première pile nucléaire d'Europe, ZOÉ, à Châtillon ; pupitre de commande de la pile (© *Science et Vie, l'âge atomique*, 12-1950).

Les premières piles au centre CEA de SACLAY



Pile EL1

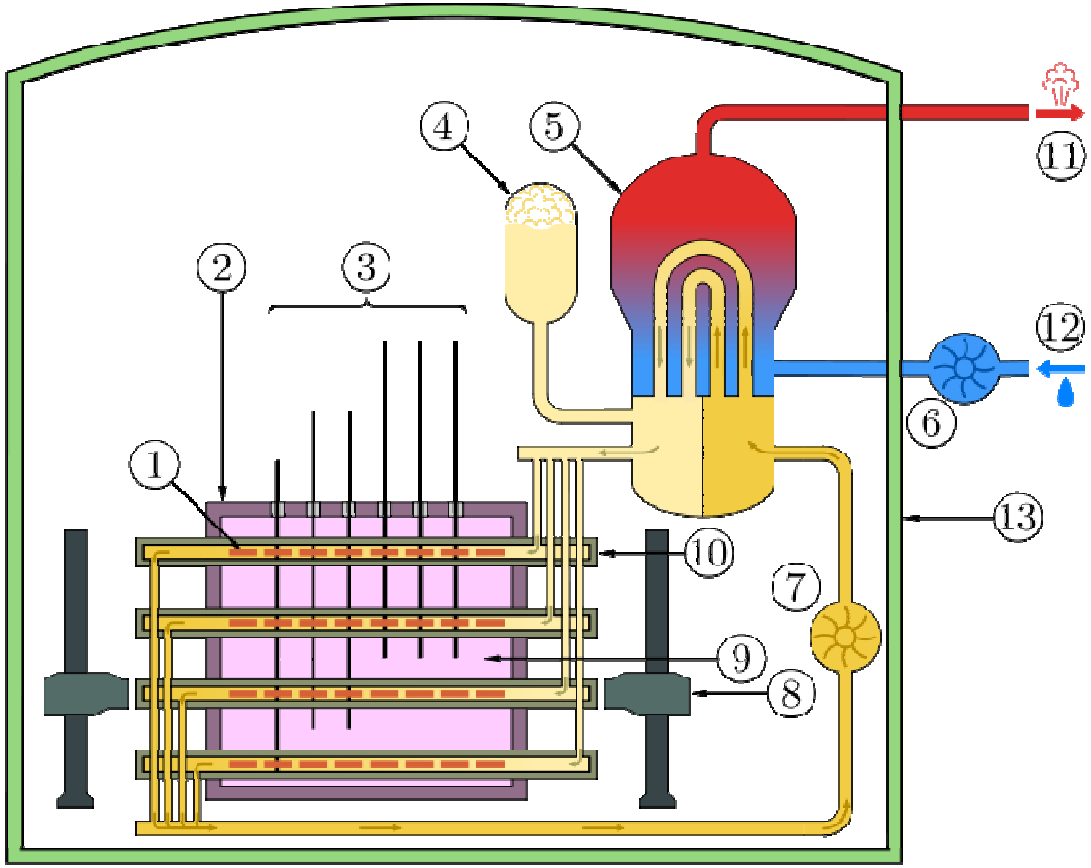


Pile EL2

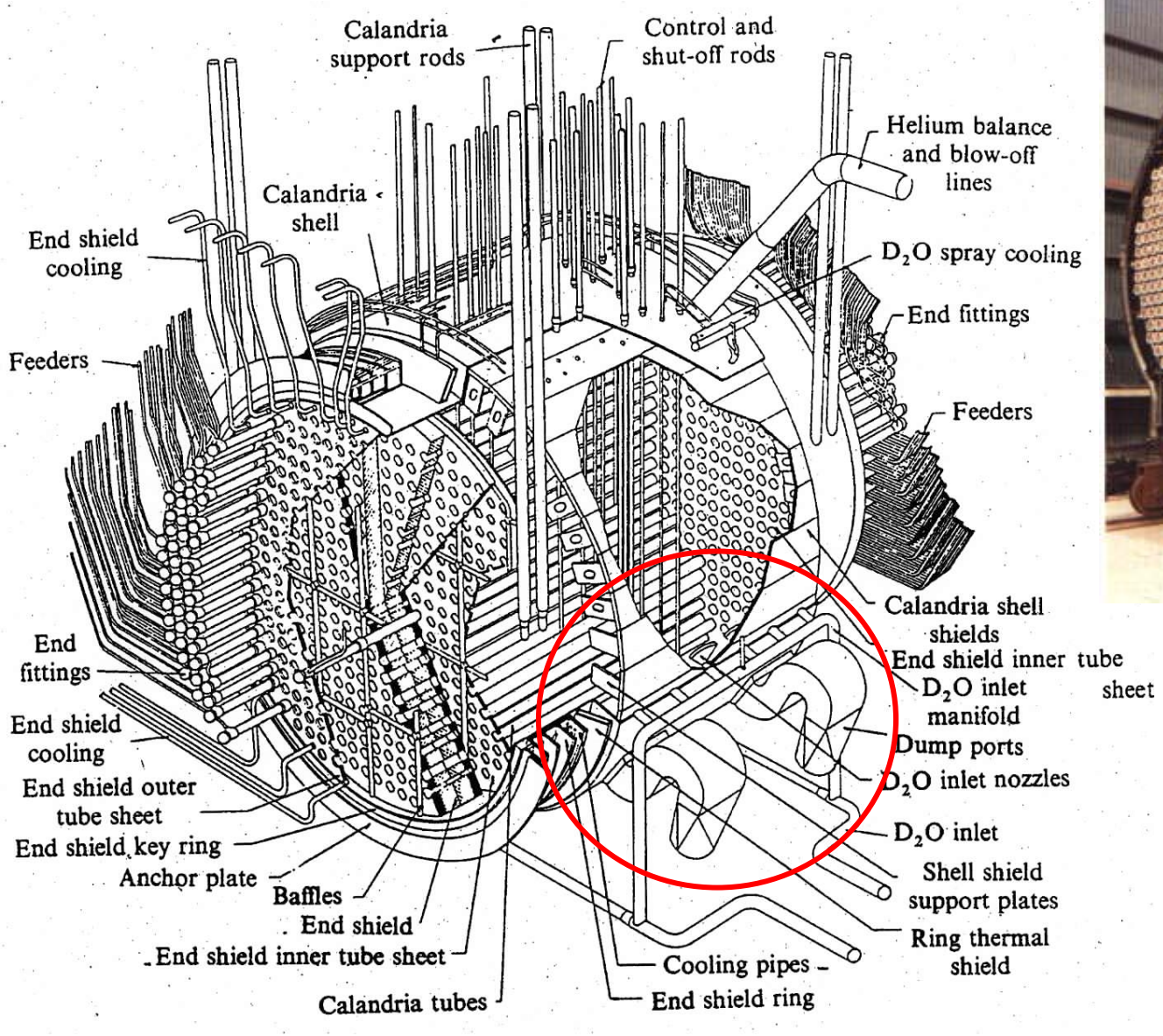
Premiers réacteurs de recherche sur les matériaux

Osiris et Orphée

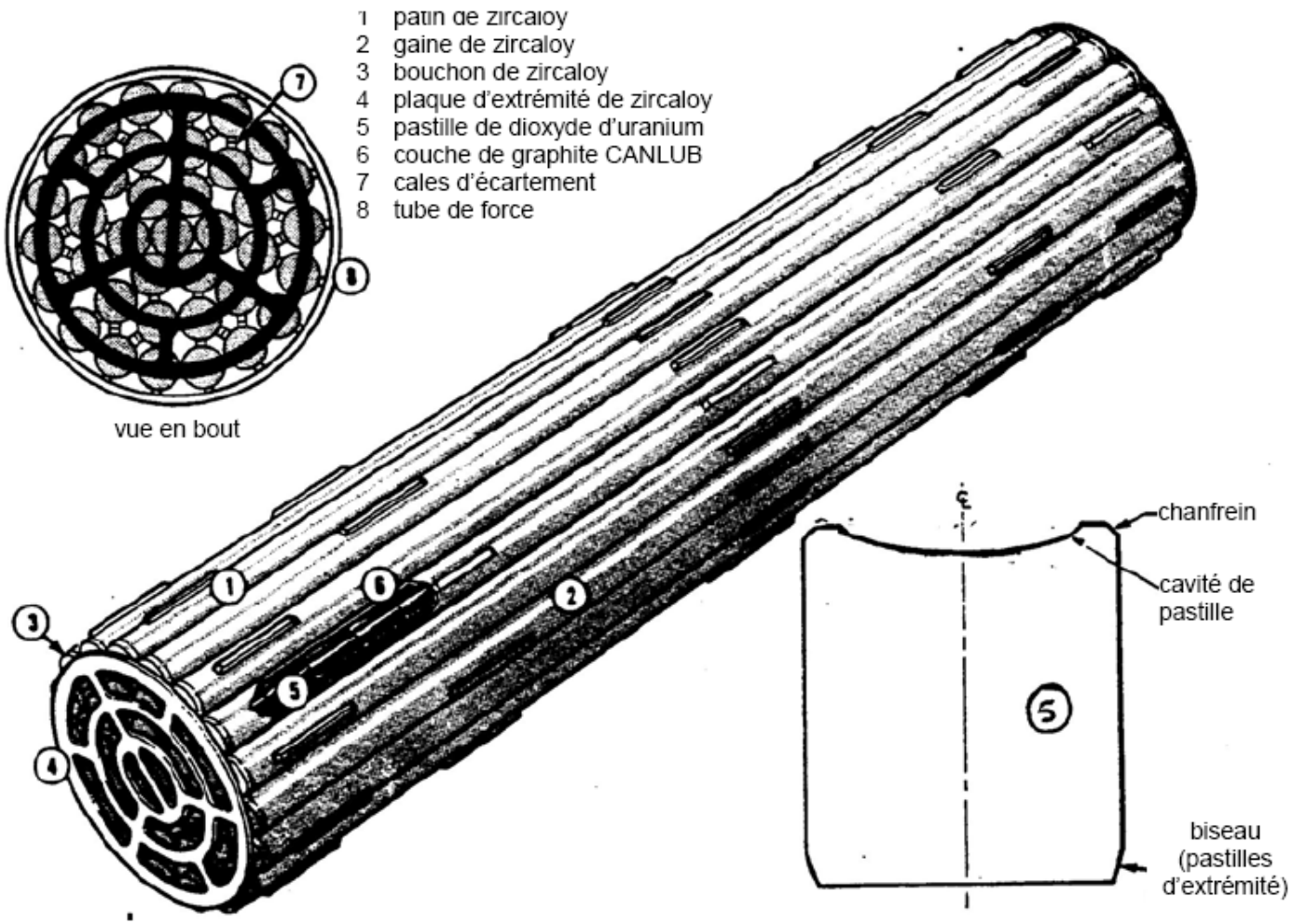
Fonctionnement général d'un réacteur à eau lourde



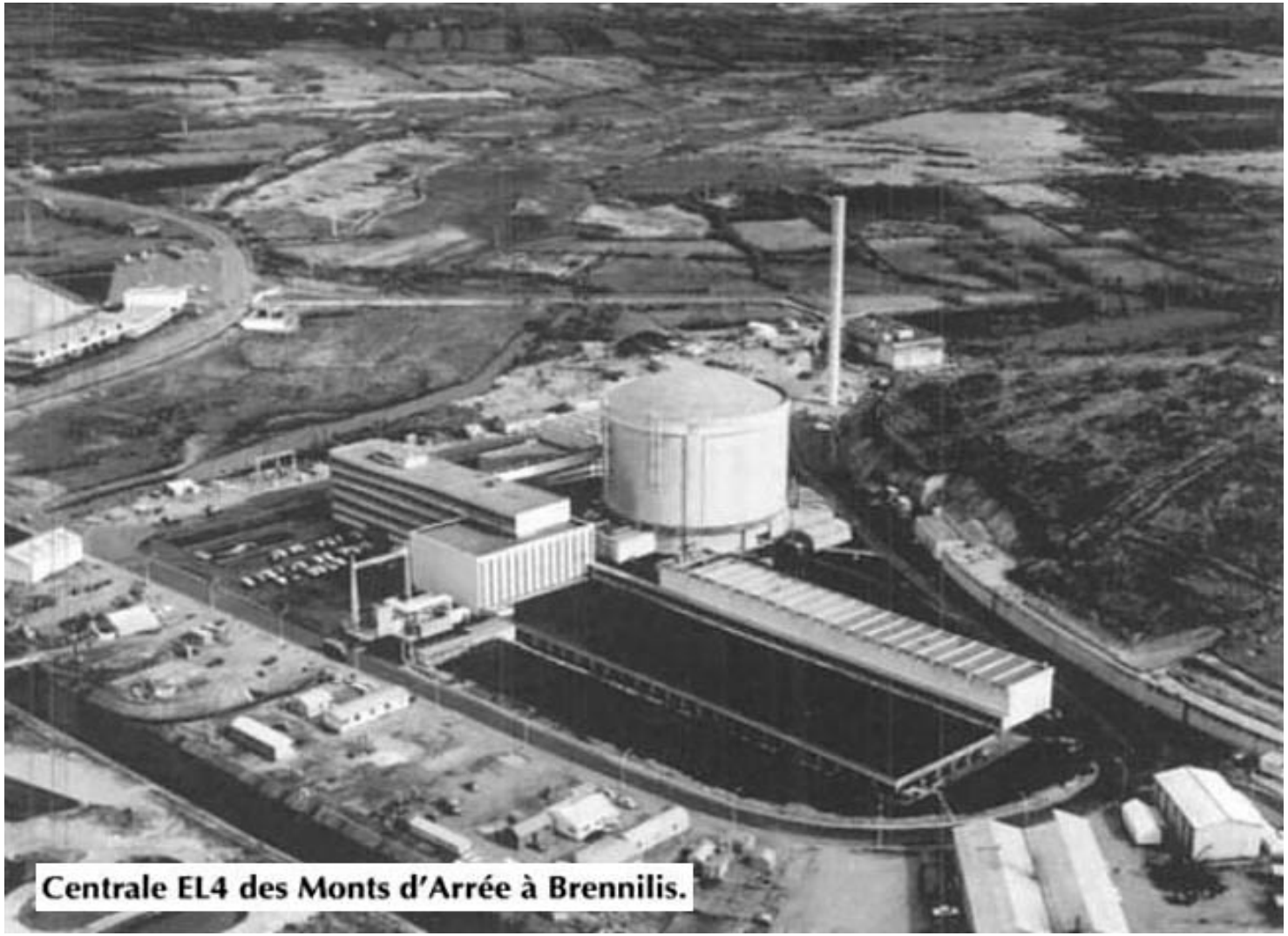
1. Éléments combustible
2. Cuve du réacteur
3. Éléments absorbants
4. Pressuriseur
5. Générateur de vapeur
6. Pompe alimentaire du GV
7. Pompe de circulation
8. Système de chargement
9. Modérateur (eau lourde)
10. Circulation caloporteur
11. Sortie échangeur
12. Retour du condenseur
13. Bâtiment réacteur


Calandria support rods
Control and shut-off rods
Helium balance and blow-off lines
Calandria shell
End shield cooling
D_2O spray cooling
End fittings
Feeders
Feeders
Calandria shell shields
End shield inner tube sheet
D_2O inlet manifold
Dump ports
D_2O inlet nozzles
D_2O inlet
Shell shield support plates
Ring thermal shield
End fittings
End shield cooling
End shield outer tube sheet
End shield key ring
Anchor plate
Baffles
End shield
End shield inner tube sheet
Calandria tubes
Cooling pipes
End shield ring

Éléments combustibles d'un réacteur à eau lourde



La première centrale électrogène à D_2O en France : Brennilis



Les débuts des filières au graphite : Marcoule G1, G2 et G3

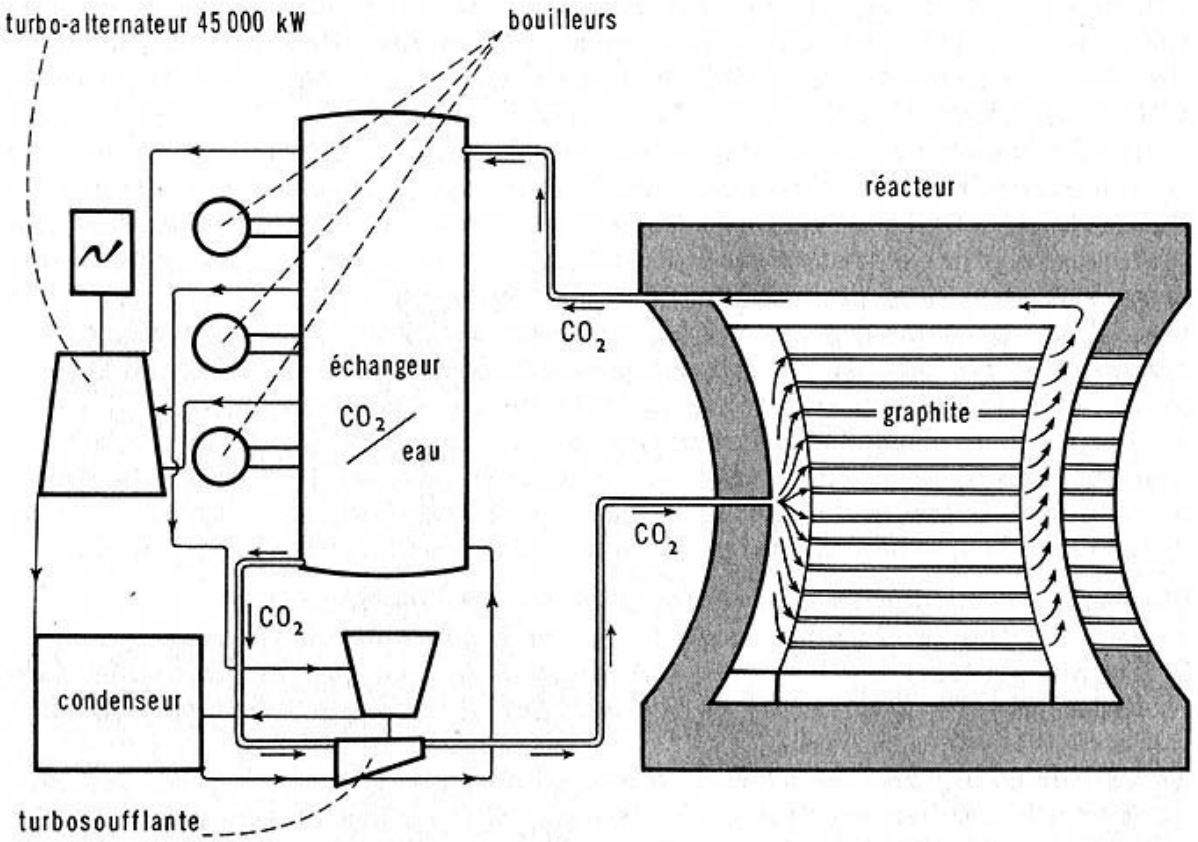


Schéma d'une centrale nucléaire équipée d'un réacteur du type « G2 ». Le combustible est une charge d'uranium naturel de 150 t environ ; le modérateur est constitué par un empilement de 1 200 t de barres de graphite ; le refroidissement est assuré par circulation de gaz carbonique.

Production de Pu

Exemple de réacteurs plutonigènes : G2 et G3 à Marcoule

Développement de la dissuasion entre 1952 et 1957 :

trois usines à Marcoule, dédiées à la production de Plutonium

La première pile G1 a été rapidement remplacée par deux unités électrogènes G2 (21.07.1958) et G3 (08.06.1959).

- **uranium naturel** (120 tonnes),
- **modérateur** en **graphite** (1200 tonnes),
- **CO_2** comme **caloporteur,** avec une pression supérieure à celle de la vapeur d'eau pour des raisons de sûreté

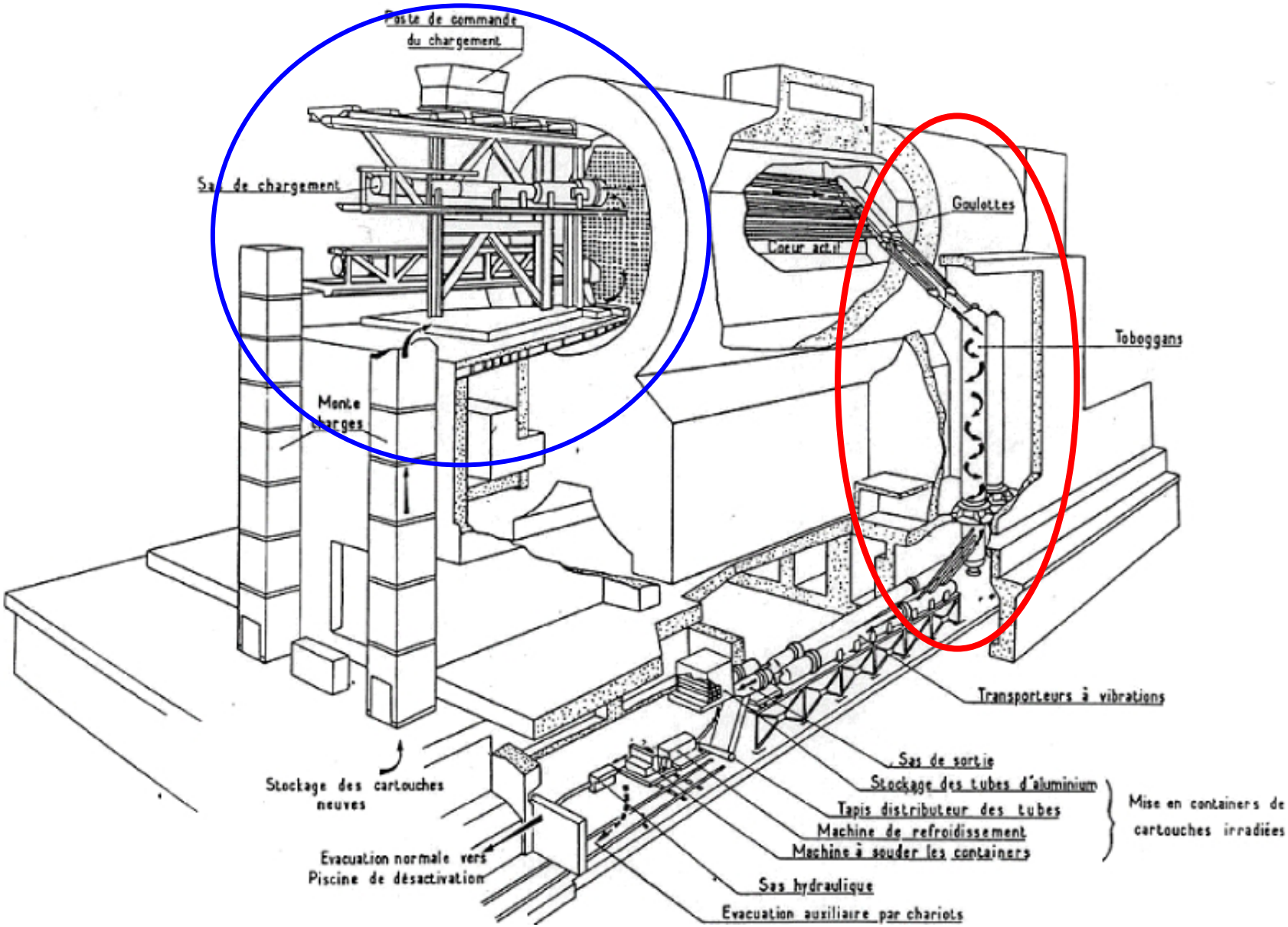
Cœurs		
Combustible	Uranium naturel	120 tonnes
crayon	longueur	300 mm
	diamètre	31 mm / 26 intérieur
Gaine	Mg - Al à 0,7% de Zr	
Modérateur	Graphite	1200 tonnes
Caloporteur	CO2	
Refroidissement	ailettes	
Taille des unités		
matériau	béton précontraint	20 000 m3
diamètre	14 m	
Longueur	33,6 m	
acier de la cuve		3 000 tonnes

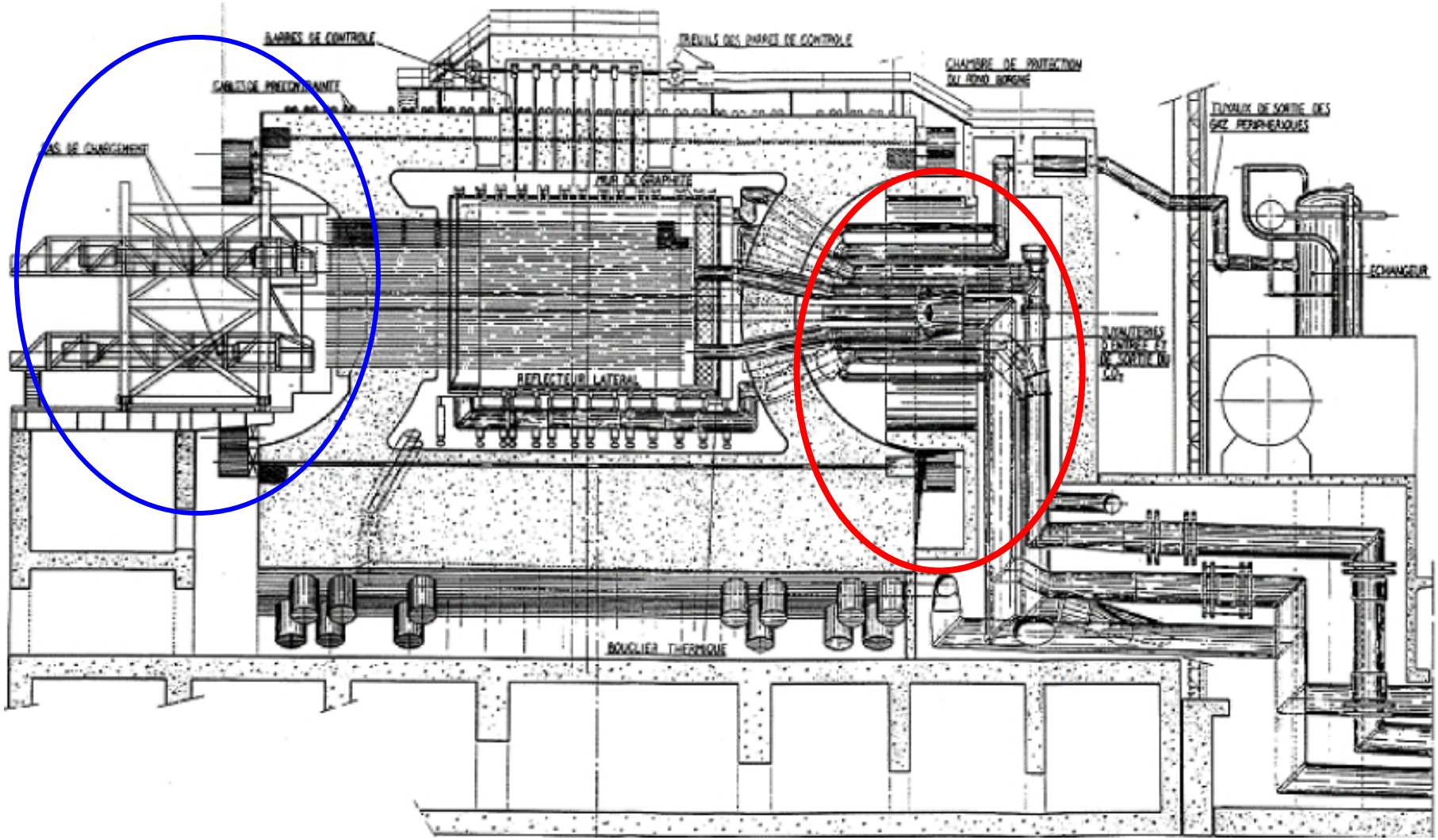
Caractéristiques générales des cœurs G2 et G3

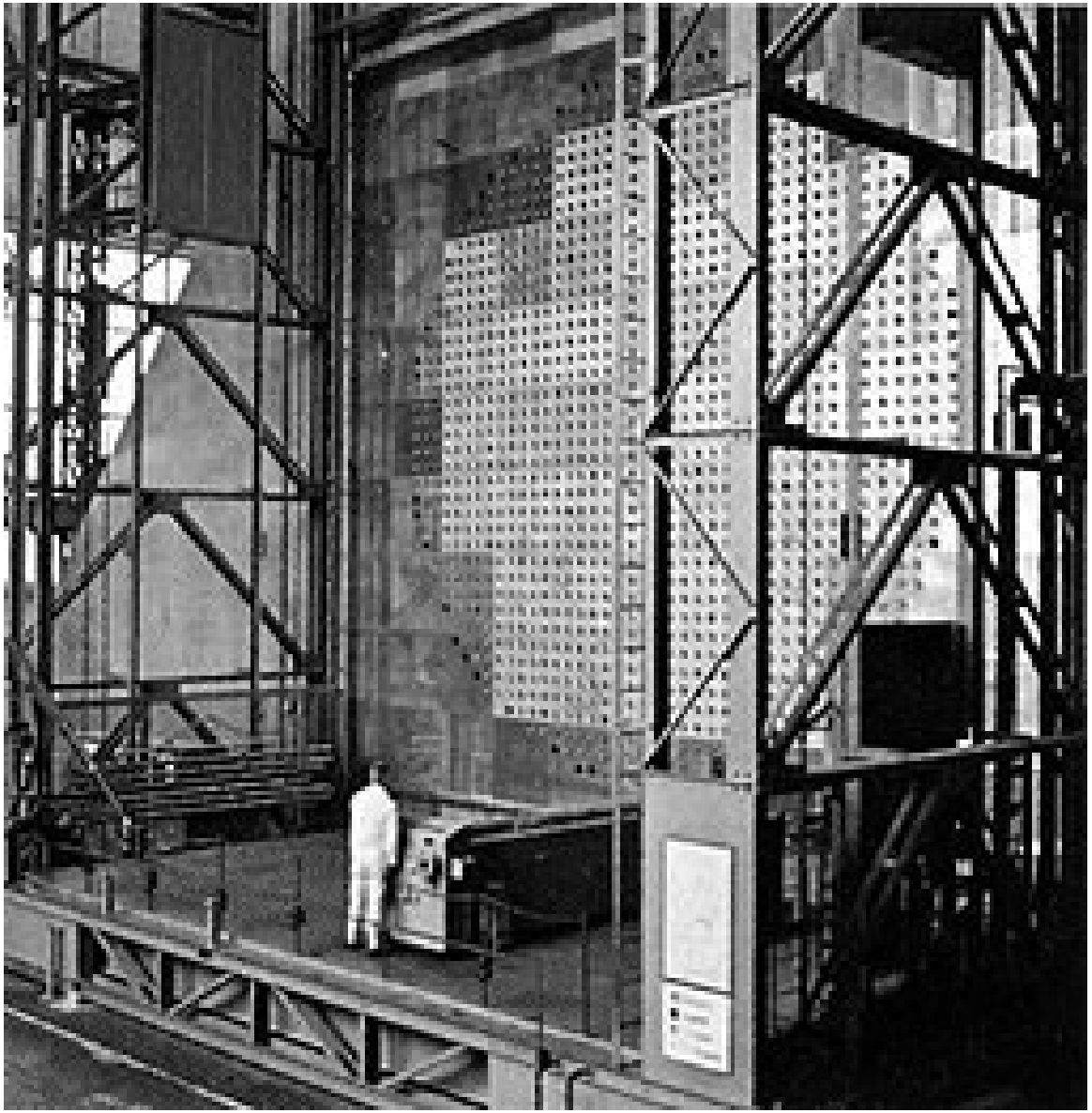
Chargement et déchargement en marche

- passage de la cartouche de pression atmosphérique à 15 kg/cm2
- température ambiante à 400 ou 550°C
- 1200 fourreaux de crayons
- retour des crayons par gravité sur un toboggan
- aplatissement du flux sur plus de la moitié du crayon

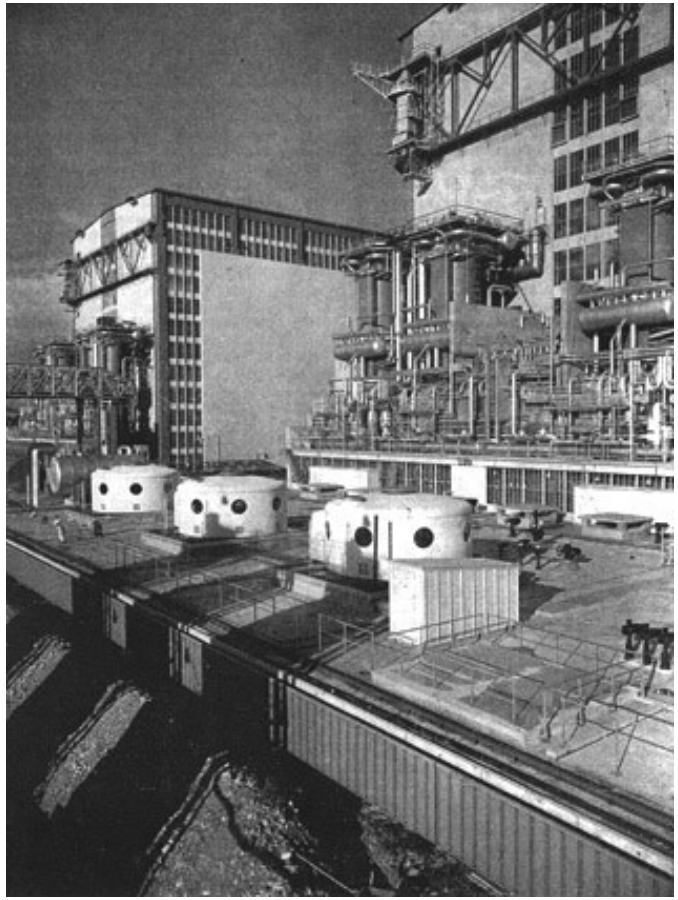
d'où un gain de réactivité permettant de monter de 150 à 200 MWth


Poste de commande du chargement
Sas de chargement
Goulottes
Coeur actif
Toboggans
Monte charges
Transporteurs à vibrations
Sas de sortie
Stockage des tubes d'aluminium
Tapis distributeur des tubes
Machine de refroidissement
Machine à souder les containers
Mise en containers de cartouches irradiées
Stockage des cartouches neuves
Evacuation normale vers Piscine de désactivation
Sas hydraulique
Evacuation auxiliaire par chariots


BARRES DE CONTROLE
TREUILS DES BARRES DE CONTROLE
CHAMBRE DE PROTECTION DU FOND BORGNE
TUYAUX DE SORTIE DES GAZ PERIPHERIQUES
PAS DE CHARGEMENT
MUR DE GRAPHITE
ECHANGEUR
REFLECTEUR LATERAL
BOUCLIER THERMIQUE



le mur de G1



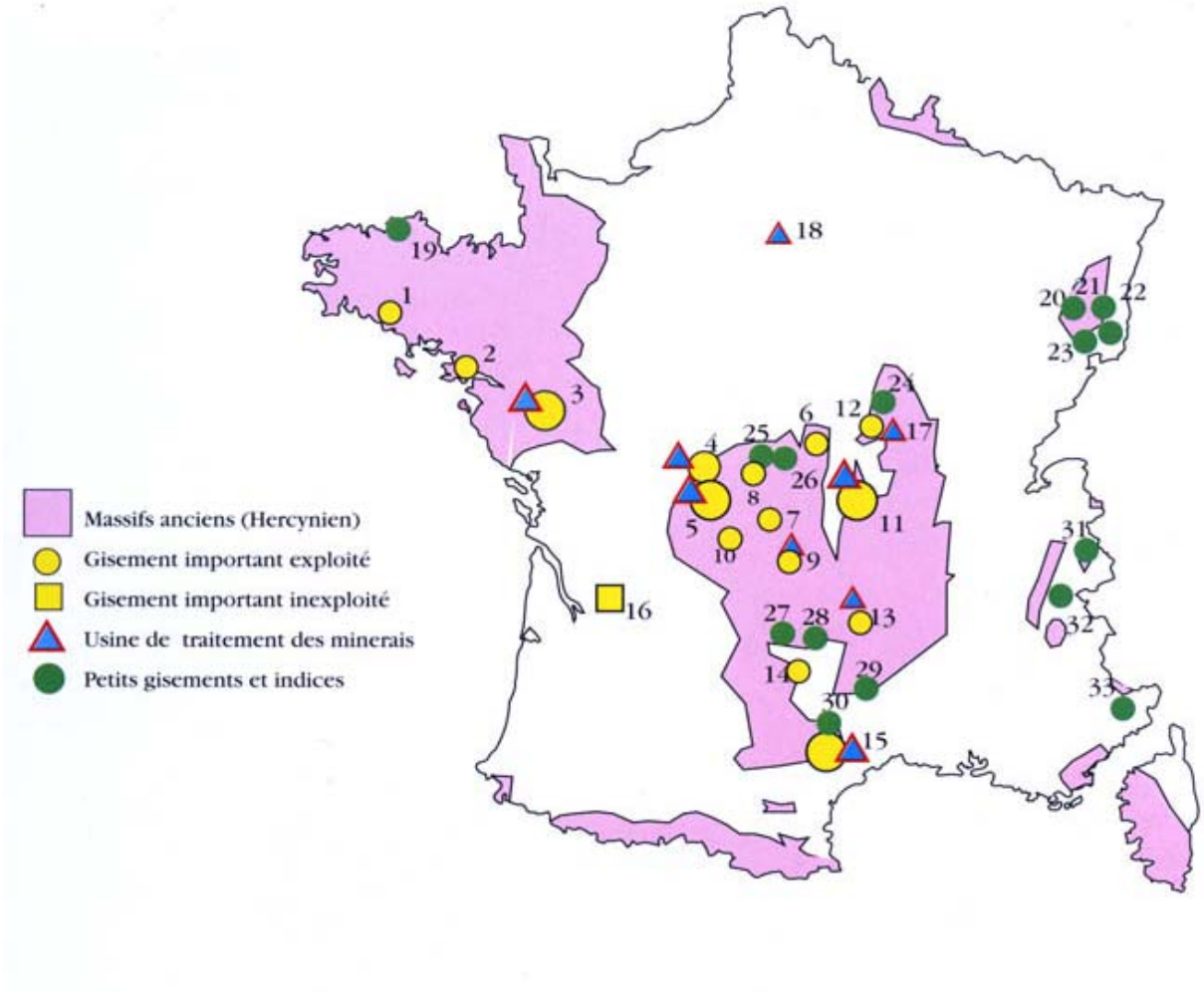
Les centrales G2 et G3, et l'inauguration de G3

La filière "française" UNGG et son développement

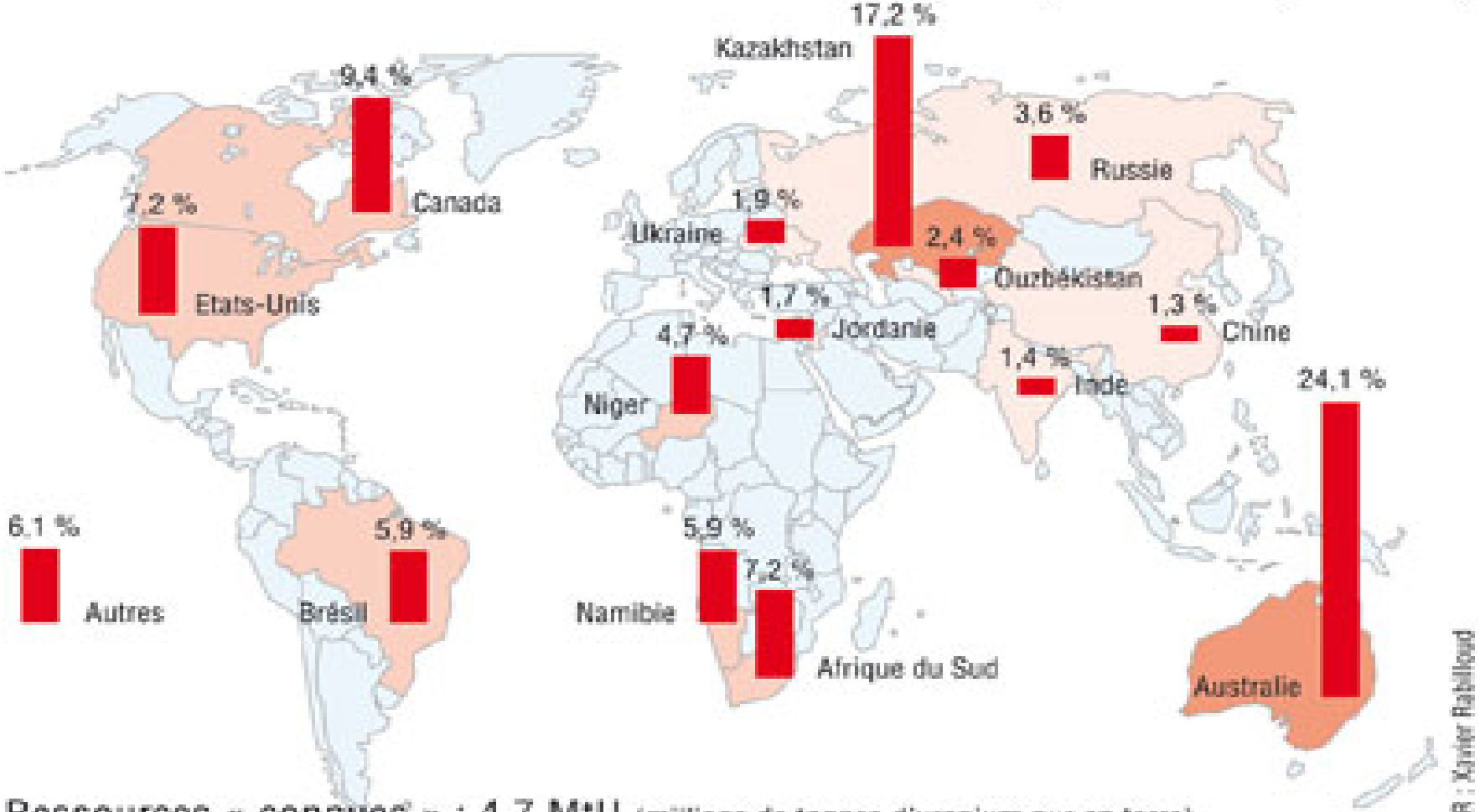
Centrales du type UNGG construites en France

Unité	P électrique (MW)	Couplage réseau
Marcoule G-1	2	1956-1968
Marcoule G-2	38	1959-1980
Marcoule G-3	38	1960-1984
Chinon A-1	70	1963-1973
Chinon A-2	210	1965-1985
Chinon A-3	480	1966-1990
St Laurent A-1	480	1969.-1990
St Laurent A-2	420	1971-1992
Bugey-1	540	1972-1994

Les mines d'Uranium en France et dans le monde

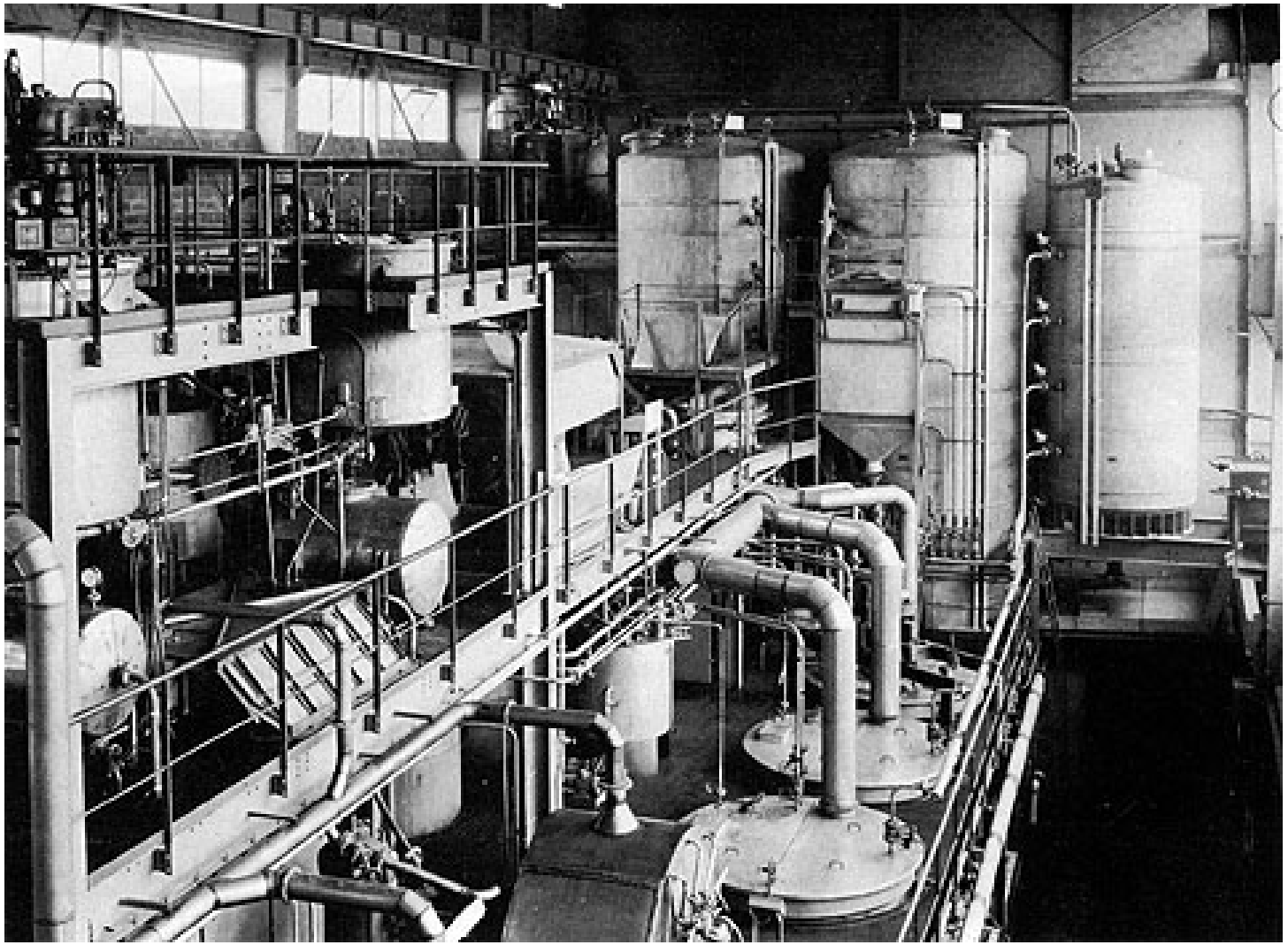


Répartition mondiale des ressources « connues » en uranium selon la classification officielle de l'AEN / AIEA (Livre Rouge 2006)

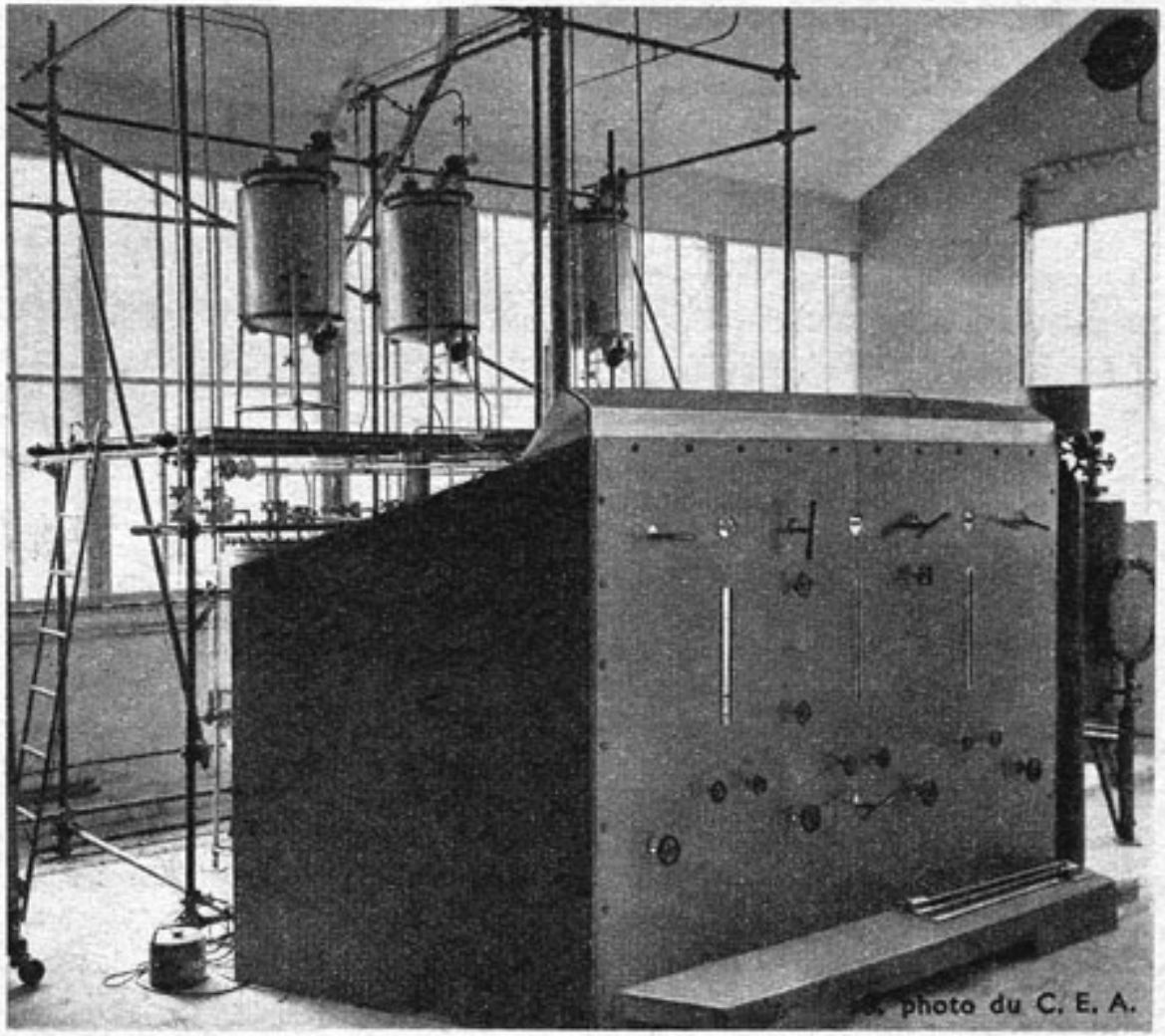


Ressources « connues » : 4,7 MtU (millions de tonnes d'uranium pur en terre)

L'usine du Bouchet : fabrication du combustible



Extraction du Plutonium de ZOE

APPAREIL D'EXTRACTION DU PLUTONIUM (FRANCE)

C'est ici que fut extrait de l'uranium de la pile de Chatillon le premier microgramme de plutonium. Le tube d'aluminium contenant les pastilles d'oxyde d'uranium est mis dans une gouttière en acier inoxydable et plongé dans la soude qui dissout la chemise d'aluminium. Les pastilles d'oxyde d'uranium restent dans la gouttière. Elles sont prises avec des pinces et plongées dans des cuves à droite de la figure et dissoutes dans l'acide nitrique. Le liquide est refoulé vers l'appareillage central où se trouvent les solvants. Le nitrate d'uranium est extrait en premier lieu, puis le plutonium est isolé des produits de fission. Le tableau de commande au premier plan comprend des télécommandes de vannes qui règlent le débit du solvant et des diverses solutions aqueuses.