

C'est probablement le souci de préserver l'environnement qui déterminera pour une bonne part le rôle futur de l'irradiation ionisante dans le monde industriel. Il ne faut, pour traiter les revêtements par un faisceau d'électrons, que 7% de l'énergie qui serait nécessaire en utilisant un procédé thermique. Il faut beaucoup moins d'énergie pour stériliser les aliments par un faisceau d'électrons ou de rayons gamma que pour les traiter par la chaleur. La rivalité s'accroissant pour la recherche de combustibles propres, le coût de l'énergie pourrait devenir l'élément le plus important du prix de revient. Il faudra analyser en détail l'ensemble des dépenses d'énergie pour déterminer si notre société, mettant l'accent sur une gestion rationnelle de l'énergie, aura avantage à substituer largement les procédés fondés sur les faisceaux d'électrons aux procédés thermiques. C'est sur cette question que je terminerai mon exposé.

L'avenir semble brillant et prometteur. La situation actuelle n'est pas particulièrement mauvaise, mais nous sommes à un moment décisif.

Le phénomène d'Oklo

par Roger Naudet*

Thème d'un colloque international de l'AIEA qui aura lieu du 23 au 27 juin 1975

Au cours de l'été 1972, des chercheurs du Commissariat français à l'énergie atomique ont fait une découverte étonnante: des réactions de fission en chaîne avaient pris naissance spontanément dans un passé très reculé au sein d'un gisement d'uranium du Gabon: certaines portions de ce gisement avaient fonctionné pendant des centaines de milliers d'années comme nos modernes réacteurs nucléaires. Les investigations qui ont suivi ont montré que les foyers de réaction étaient restés dans un état de conservation remarquable, ce qui permet de les étudier en détail.

L'AIEA a estimé que le phénomène d'Oklo pouvait fournir un excellent thème de coopération internationale en matière de recherche fondamentale et a accepté la proposition du Gouvernement gabonais et du Commissariat français à l'énergie atomique d'organiser conjointement un colloque scientifique sur ce sujet. Celui-ci aura lieu du 23 au 27 Juin 1975 à Libreville.

On sait que des deux principaux isotopes de l'uranium, qui sont naturellement radioactifs, le 235 a une période de décroissance plus courte que le 238 (la demi-vie est de 0.71 au lieu de 4,51 milliards d'années). Il en résulte que la teneur de l'uranium en noyaux fissionnels décroît constamment au cours du temps; aux âges géologiques très anciens elle était beaucoup plus élevée qu'aujourd'hui (3.65% il y a deux milliards d'années au lieu de 0.72% maintenant).

* M. Roger Naudet dirige l'exécution du projet "Franceville". Il appartient au Département de physique des réacteurs et de mathématiques appliquées, au C.E.N. de Saclay.



La carrière d'Oklo. Au premier plan: zone des réacteurs; travaux d'échantillonnage sur l'affleurement.

UN REACTEUR NUCLEAIRE "FOSSILISE"

L'idée a donc été émise, il y a assez longtemps déjà, que des réactions de fission en chaîne avaient pu prendre naissance spontanément au sein des gisements d'uranium dans un passé très lointain: il suffisait qu'un certain nombre de conditions fussent réalisées: fortes concentrations d'uranium, absence d'éléments trop absorbants pour les neutrons, présence d'eau. Cet ensemble de circonstances ne paraissait pas impossible, et plus on remontait dans le temps, plus le fait apparaissait plausible.

Toutefois cette idée n'était pas prise trop au sérieux, pour la raison suivante: en admettant que de tels phénomènes se soient produits, et qu'au moins dans certains cas des mécanismes appropriés aient permis aux réactions de se poursuivre au point de modifier sensiblement la composition isotopique de l'uranium, quelle chance avait-on d'en retrouver la trace?

Depuis des époques aussi lointaines — puisqu'il fallait compter en milliard d'années — la surface de la terre a été constamment bouleversée; or l'uranium est un élément qui se déplace facilement sous l'effet des circulations d'eau, et la plupart des gisements ont été remaniés au cours du temps. Il fallait donc tout un concours de circonstances pour retrouver "fossilisé" en quelque sorte un réacteur nucléaire de cet âge ancien de la terre. Or c'est précisément la découverte qui a été faite dans le gisement d'uranium d'Oklo.

GENESE DE LA DECOUVERTE

L'histoire de cette découverte mérite d'être rappelée: le point de départ a été l'observation d'une très légère anomalie isotopique dans un échantillon d'uranium naturel, au cours d'une analyse de routine effectuée au laboratoire de Pierrelatte. On voulut en avoir le coeur net et l'on effectua toute une série de contrôles puis, ceux-ci ayant fait apparaître d'autres échantillons anormaux, on procéda à une campagne d'analyses systématiques afin de retrouver l'origine de ce qu'on supposait être une contamination artificielle. On découvrit qu'en réalité il y avait eu fourniture de minerai d'uranium à teneur en noyaux fissiles inférieure à la normale, et les recherches montrèrent que ce minerai provenait de l'extrémité nord du gisement d'Oklo. Bien plus, on constata que les tonnages de minerai appauvri déjà entré dans le circuit industriel étaient très importants.

Les investigations permirent alors de retrouver de l'uranium anormal dans les débris d'un sondage ancien provenant de la zone incriminée, et on put donc l'étudier très soigneusement. La découverte de produits de fission au sein du minerai démontra sans ambiguïté l'origine de l'anomalie.

On prit alors la décision de suspendre l'exploitation dans cette partie du gisement afin de la réserver aux recherches scientifiques. L'exploration du site permit par la suite de mettre à jour, dans la partie non exploitée du gisement, de très larges portions des foyers de réaction, encore intacts. Elles ont été étudiées en détail au moyen de sondages, et l'on a pu faire de nombreux prélèvements d'échantillons.

DU MINERAI A TRES HAUTE TENEUR

Les foyers de réaction sont constitués par plusieurs amas compacts de minerai à très haute teneur. Au total, plus de 500 tonnes d'uranium ont participé aux réactions (peut-être même davantage, car de nouveaux amas viennent d'être découverts). La quantité d'énergie dégagée a atteint près de cent milliards de kWh. L'intégrale du flux neutronique a dépassé en certains points $1,5 \cdot 10^{21}$ n/cm², et l'on a trouvé des échantillons où la teneur en isotope 235 s'abaisse jusqu'à 0.29% (alors qu'elle est de 0.72% dans l'uranium normal). Pour que des taux aussi élevés aient été atteints, il a fallu qu'interviennent des mécanismes de contrôle des réactions nucléaires extrêmement bien adaptés; ces mécanismes ne sont pas encore pleinement élucidés.

Plus remarquable encore est l'état de conservation de ces "réacteurs nucléaires fossiles". En effet il est apparu que l'uranium avait gardé sa configuration de l'époque des réactions de manière tellement fidèle que les distributions de taux de réaction à travers les terrains peuvent être interprétées en termes de physique neutronique. Cela implique un concours de circonstances tout à fait exceptionnel. On peut dès lors espérer reconstituer avec quelque détail le déroulement des phénomènes.

En fait, c'est tout un épisode d'histoire géologique qui peut être étudié grâce aux innombrables "traceurs" provenant des réactions nucléaires, histoire qui va de la mise en place de très fortes concentrations d'uranium il y a environ un milliard huit cents millions d'années jusqu'aux altérations récentes. Son étude, outre l'intérêt intrinsèque qu'elle présente, est susceptible de fournir de nombreux renseignements d'importance pratique.