

Oklo – Un réacteur nucléaire qui a fonctionné il y a 1 800 millions d'années

par Sigvard Eklund, Directeur général

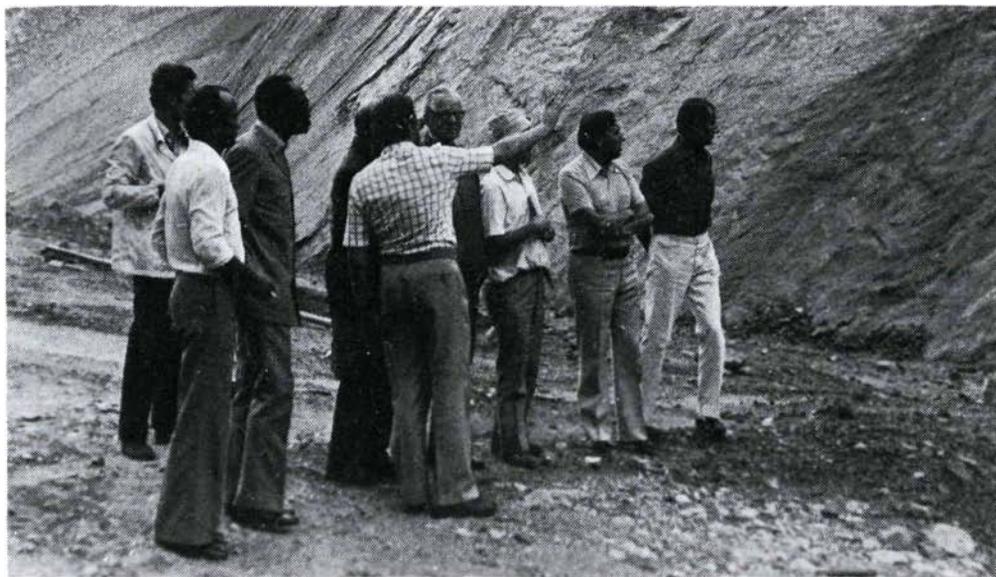
Une réunion scientifique sur le phénomène dit d'Oklo aura lieu au Gabon (Afrique équatoriale), du 23 au 27 juin 1975. Elle est organisée conjointement par l'Agence internationale de l'énergie atomique, les autorités gabonaises et le Commissariat français à l'énergie atomique (CEA). Il semble que le phénomène d'Oklo, qui tire son nom d'une mine d'uranium située au Gabon, ne soit guère connu en dehors de certains cercles de spécialistes; il paraît donc opportun d'apporter quelques précisions au sujet de cette découverte et des conclusions intéressantes qui ont été déduites de faits survenus pendant une brève période, d'une durée de 100 000 à 500 000 ans, du développement de la terre, il y a 1800 millions d'années.

L'uranium naturel contient 0,7202% d'uranium 235, lequel est l'isotope fissile présent dans le combustible nucléaire. C'est cette même proportion qui a été trouvée dans tout l'uranium découvert jusqu'en juin 1972, quelle que soit sa provenance, ainsi que dans l'uranium trouvé à l'état de traces sur la lune. A l'usine française de séparation des isotopes par diffusion gazeuse de Pierrelatte, on mesure toujours la concentration de l'uranium 235 dans l'uranium qui lui est livré, ceci essentiellement afin de s'assurer que l'uranium est bien d'origine naturelle et ne provient pas d'une installation dans laquelle une partie de l'uranium 235 a déjà été utilisée. Au cours d'une de ces analyses isotopiques, il s'est avéré que la teneur en uranium 235 était légèrement inférieure à ce qu'elle aurait dû être s'agissant d'uranium naturel: elle était de 0,7171% au lieu de 0,7202%.

Si les scientifiques de Pierrelatte n'avaient pas été aussi scrupuleux, l'intérêt de ce résultat aurait pu leur échapper. Or, ils ont effectué une série de contrôles et découvert qu'il ne s'agissait pas d'une erreur de mesure mais qu'ils avaient là de l'uranium dont la composition différait de celle de l'uranium "normal", les divers échantillons présentant en outre d'autres différences entre eux. Il fut bientôt établi que l'uranium provenait du Gabon, ou plus exactement de la mine d'Oklo, située à proximité de Franceville, au sud-est du Gabon.

La formation géologique dans laquelle se trouvent les gisements uranifères exploités à Oklo a reçu le nom de Francevillien. Il s'agit d'une série sédimentaire formée dans le bassin du Précambrien moyen qui occupe au Gabon une superficie d'environ 35 000 km². Elle repose sur un socle cristallin et des filons uranifères ont été découverts le long de la ligne de contact. L'uranium présent dans ces filons est peut-être issu du lessivage du soubassement. Par datation, on a déterminé un âge de 1740 ± 20 millions d'années. Le gisement d'Oklo est exploité par une société gabonaise, "La Compagnie des Mines d'Uranium de Franceville (COMUF)", avec la participation de capitaux français.

Déjà au début du mois d'août 1972, on avait émis l'idée que l'appauvrissement en uranium 235 avait été causé par une réaction en chaîne survenue il y a très longtemps et, en septembre 1972, cette théorie a été officiellement présentée en même temps que les résultats préliminaires des recherches, à la fois en France devant l'Académie des sciences et à l'AIEA devant la Conférence générale.



Au pied d'une paroi de la mine d'Oklo, le Directeur général (quatrième à partir de la droite) contemple le site du phénomène dit d'Oklo, sur lequel il s'est rendu pour préparer la conférence de juin dont ce phénomène est le thème.

Il résulte des recherches géologiques et minéralogiques approfondies qui ont été faites depuis lors qu'au total environ 500 tonnes d'uranium ont une teneur anormalement faible en uranium 235, la concentration moyenne étant de 0,62%. A une concentration élevée d'uranium dans un petit filon correspond une réduction considérable de la teneur en uranium 235; si le filon n'est pas très petit, l'appauvrissement est moins important. Un échantillon avait une teneur en uranium 235 qui n'atteignait que 0,296%.

A l'aide de diverses méthodes, on est parvenu à la conclusion que l'uranium d'Oklo avait environ 1800 millions d'années. La période de l'uranium 235 étant environ sept fois plus courte que celle de l'uranium 238 – soit 700 millions d'années – il s'ensuit que la teneur en uranium 235, il y a quelque 2 milliards d'années, était, par rapport à maintenant, beaucoup plus élevée que ne l'était la teneur en uranium 238: elle était supérieure à 3% au lieu de 0,7% comme on l'avait toujours constaté jusqu'à présent (sauf en ce qui concerne l'uranium d'Oklo). Une forte concentration locale d'uranium, un "enrichissement" à plus de 3%, l'absence de matériaux fortement absorbeurs de neutrons et la présence d'eau jouant le rôle de modérateur – ces quatre conditions étant remplies il y a 1800 millions d'années, il s'est produit dans certaines parties de la mine des réactions en chaîne, au cours desquelles une énergie totale d'environ 10 000 MW-ans a probablement été produite sur une période de quelques centaines de milliers d'années.

Les recherches approfondies dont le phénomène d'Oklo a fait l'objet constituent un exemple intéressant de l'application que les méthodes de la physique nucléaire reçoivent actuellement en géologie et géochronologie. Pour la détermination de l'âge, on utilise, entre autres, la méthode uranium-plomb qui repose sur le fait que la décroissance radioactive de l'uranium 238 et de l'uranium 235 donne lieu à la production de deux isotopes du plomb. La réaction en chaîne dans l'uranium donne naissance à des produits de fission qui sont extrêmement radioactifs dans un réacteur moderne mais qui, à Oklo, ont perdu

leur activité au cours de millions d'années pour devenir des produits non radioactifs stables, que l'on peut identifier par spectrométrie de masse à partir de leur composition isotopique.

Ces mesures ont permis de déduire qu'il y a très peu de produits de fission du plutonium. La période du plutonium étant de 24 000 ans, cela montre que la réaction en chaîne a dû se produire très lentement, de telle sorte que le plutonium qui s'est formé dans le réacteur d'Oklo au cours de la réaction s'est désintégré avant de pouvoir participer au processus de fission. En outre, considérant le transport de chaleur à partir des foyers de réaction, on arrive à la conclusion que la réaction a dû se poursuivre pendant au moins 100 000 ans.

Autre question fondamentale: comment un équilibre stable a-t-il pu être maintenu pendant aussi longtemps aux foyers de réaction? On peut aisément imaginer que dans certaines circonstances, un état de criticité s'est réalisé dans une zone déterminée mais il est beaucoup plus difficile de se faire une idée des mécanismes de contrôle de la réaction qui sont intervenus non pas momentanément mais pendant les centaines de milliers d'années pendant lesquelles la réaction s'est poursuivie.

L'hypothèse qui semble être le mieux confirmée par les résultats des investigations est la suivante: la réactivité a été contrôlée à la fois par la présence de matériaux absorbant les neutrons qui ont été progressivement épuisés (la même méthode est employée dans les réacteurs actuels) et par des variations de la quantité d'eau dans le minerai d'uranium selon l'énergie produite par la réaction.

On a eu la chance, lorsque le phénomène d'Oklo a été découvert et alors qu'environ la moitié de l'uranium avait déjà été extrait, de pouvoir encore identifier les foyers des réactions en chaîne. Si la découverte avait été faite 40 ans plus tôt, avant celle de la fission de l'uranium en 1938, il est probable qu'on l'aurait considérée simplement comme une curiosité scientifique. Mais entre-temps la physique et la chimie de la fission de l'uranium ont fait des progrès considérables, ce qui a permis de procéder à l'analyse des produits de fission existants. Il convient d'admirer les spécialistes français de diverses disciplines, appartenant ou non au CEA, qui ont, avec les autorités gabonaises, effectué des travaux de recherche extraordinairement complets en un laps de temps aussi court, arrivant ainsi à une première interprétation du texte d'une page intéressante de l'histoire du monde.

L'exploitation du gisement va être poursuivie — la production d'uranium est d'environ 500 tonnes par an. Il faut vivement espérer qu'en dépit des inconvénients que présentera pour l'exploitation normale de la mine la conservation des ces réacteurs fossiles, on préservera au moins les parties essentielles des zones dans lesquelles se trouvaient les réacteurs. C'est en raison de difficultés administratives et financières surgies après la guerre que l'on a considéré qu'il n'était pas possible de conserver en tant que monument historique le réacteur qui avait été mis en fonctionnement à Chicago en 1942 avec l'uranium naturel dans un modérateur de graphite. Son prédécesseur naturel, le réacteur fossile d'Oklo, ne devrait pas subir le même sort.

Il n'y a pas plus d'une centaine de millions d'années que le continent africain et le continent sud-américain ont été séparés. Il sera intéressant de voir si une découverte correspondante sera faite dans des mines d'uranium du Brésil. L'auteur de ces lignes a eu l'occasion de visiter la mine d'Oklo il y a quelques mois. Il est impressionnant de se trouver à l'endroit où la Nature elle-même a déclenché un processus que l'homo sapiens n'a réussi à reproduire que 1800 millions d'années plus tard.

A une époque où le développement industriel de l'énergie d'origine nucléaire cause des inquiétudes, il n'est peut-être pas sans intérêt de préciser que le processus qui s'est déclenché à Oklo ne risque pas de se reproduire dans aucune autre mine; en effet, la teneur en uranium 235 a beaucoup diminué au cours des millions d'années qui se sont écoulées depuis lors.