PHÉNOMÈNES NUCLÉAIRES DANS LA NATURE

Consacrer un numéro de la Revue Générale Nucléaire à des processus naturels peut paraître, a priori, s'éloigner beaucoup des préoccupations qui sont celles de ses lecteurs.

Mais les sciences nucléaires ont donné à celles de la Terre et à l'astronomie des moyens d'étude et d'interprétation fins et puissants et la possibilité de calculer, avec la rigueur des méthodes physiques, de nombreux paramètres importants de l'histoire de l'univers : âge et durée des événements cosmiques et terrestres, paléotempératures.

Il est moins souvent relevé que l'observation de phénomènes naturels a été, et continue d'être, à l'origine de nombreuses connaissances nucléaires.

Il est donc intéressant de faire le point sur les rapports entre l'exploitation du noyau de l'atome et celle de la nature.

Les articles de ce numéro détaillent de façon plus approfondie l'apport des mesures sur les nuclides stables et radioactifs à la connaissance de nombreux chapitres des sciences de la Terre et de l'Espace : géologie, météorologie et climatologie, glaciologie, etc.

Je voudrais, dans cette introduction, résumer ce que, réciproquement, la connaissance des noyaux doit à l'étude physique et chimique des substances et des phénomènes naturels, et montrer aussi que de nombreux effets, mis d'abord en évidence au laboratoire, ont été retrouvés dans la nature, où ils se produisaient spontanément sans avoir été observés ou identifiés.

Il est d'abord bien connu que la notion de radioactivité est née des expériences de Becquerel sur le noircissement des plaques photographiques sous l'influence des rayonnements émis par les sels d'uranium, et que le mot fut utilisé pour la première fois dans un mémoire de Pierre et Marie Curie deux ans plus tard.

C'est l'interprétation du résultat des études sur ces radioactivités naturelles, faites essentiellement par

les chimistes sur les résidus de la pechblende de Joachimstal, qui conduisit Rutherford et Soddy à proposer la théorie des désintégrations radioactives et à postuler l'existence d'un noyau à l'intérieur de l'atome, beaucoup plus petit que celui-ci, et de propriétés pas, ou peu, affectées par l'environnement.

Mais sait-on encore assez que l'un des appareils les plus utilisés pour l'étude des rayonnements nucléaires ainsi mis en évidence avait primitivement été conçu pour l'étude de la formation des nuages ? Car c'est pour cela, en effet, que C.T.R. Wilson avait réalisé sa fameuse chambre à détente de vapeur d'eau sursaturante.

C'est en 1919 que Lindemann, plus connu plus tard sous le nom de Lord Cherwell, publia les premiers articles décrivant les propriétés permettant de distinguer les isotopes les uns des autres et dressa la liste des méthodes utilisables pour les séparer.

Il fallut plus de douze ans avant que la plupart des éléments aient été analysés et qu'ait été démontrée, à la suite des travaux de Aston, l'existence des isotopes stables

lourds de l'hydrogène et de l'oxygène. C'est alors que les premières séparations d'isotopes furent effectuées à grand peine par Urey.

Mais, comme le montre l'article de M. Duplessy et celui de Mme Merlivat et de M. Nief, l'évaporation de l'eau, la formation des précipitations de pluie ou de neige, la congélation entraînent des fractionnements isotopiques importants entre les différentes parties du globe.

La glace du pôle est près de moitié moins riche en isotopes lourds de l'oxygène et de l'hydrogène que l'eau des océans. On a pu observer aussi que l'eau condensée à partir de certains gaz naturels contenant de l'hydrogène sulfuré était une fois et demie plus riche en deutérium que l'eau ordinaire et que le mécanisme de cet enrichissement était le même que celui qui est utilisé pour produire l'eau lourde dans les grandes usines américaines et canadiennes.

L'intérêt de ces enrichissements comme appoint d'un éventuel travail de séparation est négligeable dans la pratique, mais l'utilisation du traçage naturel que permettent les concentrations variées des eaux de différentes origines est devenue courante en hydrologie et s'introduit dans le domaine de l'étude des substances naturelles.

L'ordre de grandeur de tous ces fractionnements est tel que les isotopes stables auraient pu être découverts bien avant les isotopes radioactifs, et même avant la radioactivité, si la nature n'avait pris soin, suivant une remarque de Urey, de dissimuler leur existence. En effet, les variétés lourdes des éléments légers n'ont qu'une abondance très faible, c'est pourquoi même des variations relatives importantes de concentration ne conduisent qu'à

des modifications souvent non significatives des propriétés macroscopiques connues avec le plus de précision, comme les masses volumiques ou les poids atomiques.

C'est pour expliquer le mécanisme de la production d'énergie dans le soleil que plusieurs savants furent amenés dès 1929 à faire l'hypothèse qu'il était le siège des réactions thermonucléaires de fusion et que Bethe en 1938 proposa les premiers cycles de réactions nucléaires.

Mais la découverte, en laboratoire, de la fission ouvrit d'autres voies à l'utilisation de l'énergie contenue dans le noyau. En quelques années, après qu'aient été dégagées les notions de noyaux fissiles et fertiles, de masse critique, de modérateur, de réaction en chaîne, après qu'aient été séparés et purifiés soigneusement les matériaux nécessaires : uranium, carbone, eau lourde, isotope 235, l'utilisation de la fission était chose faite.

Ce développement rapide fut, fait exceptionnel, réalisé de façon pratique sous la direction même des savants qui avaient mis les idées et les phénomènes de base en évidence. Il apparaît donc comme une réalisation entièrement due à l'ingéniosité et au travail de l'homme qui, de ce point de vue, était fier du succès.

En effet, les expériences avaient été guidées par les notions théoriques les plus abstraites, d'abord par la célèbre égalité d'Einstein $E = mc^2$; les piles et les bombes avaient nécessité des calculs ardu de réaction en chaîne, des déterminations nombreuses et précises de sections efficaces des composants, et n'avaient été construites, avec les spécifications voulues, qu'au prix des plus grands efforts.

Aussi, la surprise a été grande, il y a quatre ans, de trouver dans la carrière d'Oklo, au Gabon, les traces de ce qu'il faut bien appeler un réacteur naturel nucléaire vieux de deux milliards d'années. Il s'agit d'un dépôt d'uranium où pendant environ un million d'années se sont entretenues des réactions de fission en chaîne suivant un mécanisme

auquel ressemble beaucoup le fonctionnement des réacteurs construits par l'homme.

M. Naudet a décrit ce « réacteur » dans le premier numéro de cette revue. **M. Hagemann**, qui dirige les études qui se font dans mon laboratoire sur le fonctionnement de ce réacteur, montre, dans ce numéro, comment les empreintes laissées par les phénomènes nucléaires permettent de déterminer la date, la durée, l'intensité des réactions.

M. Fréjacques a pu, de son côté, proposer de déduire de ces mesures des enseignements pour la stabilité du stockage à long terme des produits de fission.

On ne peut pas soutenir, malgré le mécanisme de libération de l'énergie solaire, que les recherches sur la fusion contrôlée puissent s'en inspirer.

Mais on multiplierait les exemples de processus connus en laboratoire ou prévus par la théorie physique et retrouvés après par observation des astres ou des météorites. Des astronomes n'ont-ils pas, depuis des années, décrit et observé les explosions « nucléaires » des supernovæ, des étoiles de neutrons, des trous noirs, et n'ont-ils pas mesuré les durées d'exposition des matériels aux rayonnements cosmiques et galactiques par des méthodes très semblables à celles des mesures de burn-up des combustibles nucléaires ?

Faut-il forcer la comparaison et soutenir que les découvertes nucléaires auraient pu, après tout, résulter naturellement de l'interprétation des données des sciences d'observation ? On ne refait pas l'histoire, surtout celle de la recherche, car ce qui y est important, comme l'a dit François Jacob, c'est l'imprévisible ; mais ces exemples prouvent encore, s'il était nécessaire, combien des disciplines parmi les plus éloignées en apparence peuvent être solidaires et même s'épauler dans leur progrès.

E. ROTH

*Chef du Département
de Recherche et Analyse
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.*