

les explosions nucléaires contenues et l'industrie

La deuxième réunion du Groupe d'étude des explosions nucléaires contenues, appliquées à des fins industrielles, et de leurs aspects pratiques a été organisée par l'AIEA au début de l'année. Certaines des communications faites à cette réunion sont résumées ci-après.

Les travaux du premier groupe d'étude avaient fait l'objet d'un article paru dans le Bulletin en avril 1970 (Vol. 12, n° 2). Un deuxième article a été consacré à un mémoire préparé en URSS sur les possibilités d'application des explosions nucléaires pacifiques (ENP) à des fins particulières en Union soviétique.

A la deuxième réunion, qui a eu lieu au Siège de l'Agence, participaient 64 spécialistes envoyés par 24 Etats Membres et trois autres organisations internationales: l'Organisation mondiale de la santé, EURATOM et l'ONU. Le groupe d'experts proprement dit comprenait 8 personnes. Vingt mémoires techniques ont été présentés ainsi que six déclarations générales illustrant l'intérêt que suscitent dans les pays les explosions nucléaires pacifiques et les activités entreprises dans ce secteur; 4 films ont été projetés, deux étaient consacrés à des projets d'ENP pour la stimulation de gisements de gaz naturel (projets Rulison et Gasbuggy, Etats-Unis) et deux autres à l'utilisation d'explosions nucléaires souterraines pour éteindre des incendies de gaz ou pour créer des réservoirs d'eau (URSS). Tous ces films avaient été auparavant projetés à l'intention du personnel de l'Agence.



Avant...
L'engin nucléaire de 40 kilotonnes
utilisé pour
l'opération Rulison
est mis en place sous terre.
Photo:
Laboratoire scientifique de Los Alamos



... et après.
Au point zéro, peu de temps après l'explosion nucléaire
souterraine de l'opération Rulison.
Des observateurs sont réunis pour écouter le commentaire sur l'opération.
Un technicien (casque blanc) procède au contrôle
radiologique du sommet obturé de la cheminée: aucune fuite de rayonnements.
Photo: Laboratoire scientifique de Los Alamos

Le programme du groupe d'étude montre bien l'étendue des travaux actuellement en cours ou à l'étude: stimulation de gisements de gaz naturel et de pétrole, création de cavités pour le stockage du gaz naturel; emploi des ENP en URSS pour éteindre des incendies de gaz naturel et utilisation possible pour éteindre, d'une manière générale, toutes les «éruptions» de gaz naturel ou de pétrole; autres applications, notamment dégagement d'accès à des gisements minéraux souterrains; effets mécaniques et sismiques des ENP; évaluation de leurs effets radiologiques.

La stimulation du gaz

Les mémoires présentés par les participants des Etats-Unis décrivent en détail les deux expériences exécutées par le gouvernement américain en collaboration avec des sociétés industrielles. L'un des deux consultants du groupe, M. Milo D. Nordyke, du Lawrence Radiation Laboratory, (Livermore, Californie) a présenté sur les approvisionnements de gaz naturel aux Etats-Unis au cours des 10 à 20 prochaines années des données qui laissent craindre une grave pénurie si l'on ne prend pas à temps des mesures. Rulison et Gasbuggy ont donné des résultats prometteurs, mais il faudra résoudre encore un grand nombre de problèmes techniques si on veut diminuer suffisamment les coûts pour que cette méthode de stimulation du gaz devienne rentable. En particulier, il faudra faire plusieurs tirs sur un même emplacement simultanément ou successivement pour obtenir le résultat voulu. Dans ce dernier cas, chaque engin explosif devra être protégé suffisamment pour qu'il supporte les effets de l'onde de choc des explosions voisines antérieures.

«Toutefois, poursuit le mémoire de M. Nordyke, il reste encore beaucoup à faire dans ce secteur et le problème consiste principalement à appliquer la technologie récente aux explosifs que l'on met actuellement au point pour la stimulation des gisements de gaz. Du point de vue technique, c'est une tâche difficile mais les avantages économiques escomptés justifient cet effort.»

Récupération plus facile des minéraux

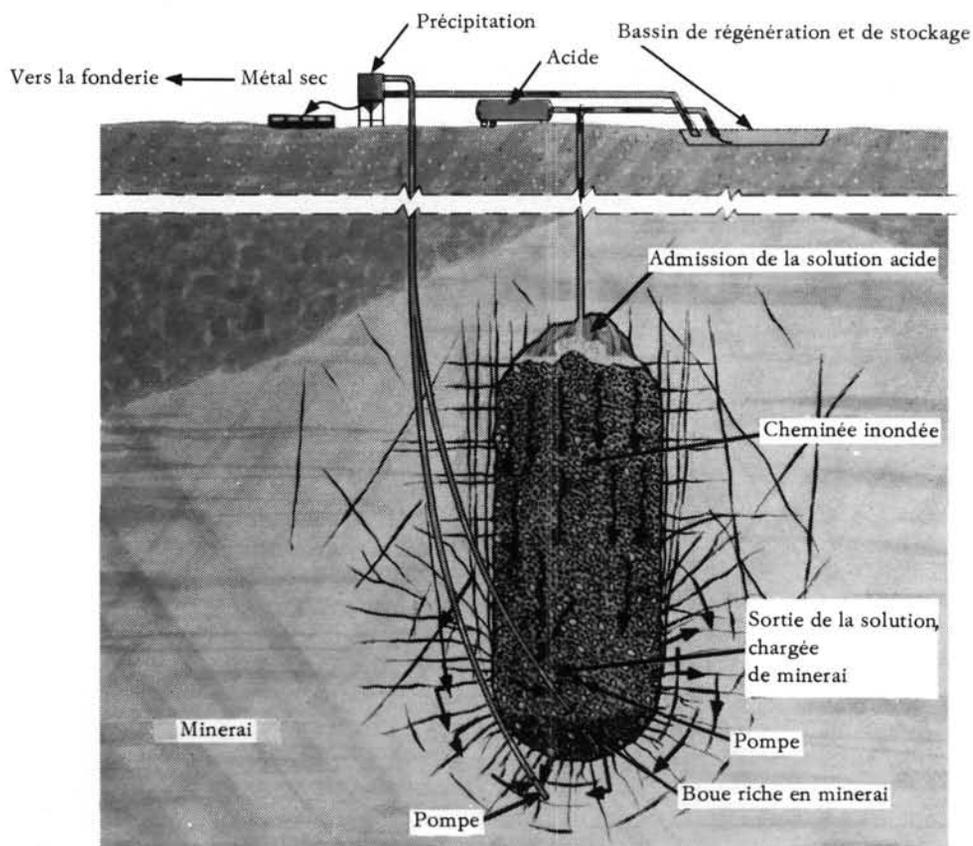
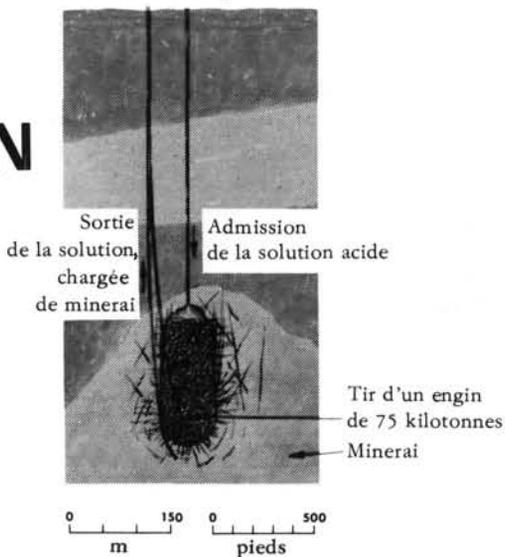
Une bonne partie des travaux consacrés à la stimulation des gisements de gaz a été décrite en détail ailleurs. Mais la communication de M. Nordyke a porté ensuite sur d'autres applications possibles des ENP et notamment l'exploitation de gisements de minéraux.

«Dans le monde entier, lit-on, il existe un grand nombre de gisements de minerais de cuivre à faible teneur, qui contiennent de grandes quantités de ce métal distribuées d'une manière tellement diffuse qu'il ne serait pas rentable d'enlever le cuivre, ni par le procédé classique du foudroyage en masse du minerai, ni par la découverte des mortsterrains et l'exploitation à ciel ouvert. Pour des gisements d'oxyde de cuivre situés à une assez grande profondeur, on peut utiliser une ENP pour créer dans la couche de minerai une cheminée, par laquelle on introduit une solution acide. En s'écoulant par gravité à travers le minerai fracturé, l'acide entraîne le cuivre aussi bien des surfaces que des zones de fractures avec lesquelles il entre en contact.

DISSOLUTION DES MINÉRAIS IN SITU

problème discuté par M. Nordyke

Usine de récupération du minerai



«Le liquide chargé de cuivre est récupéré à l'extrémité inférieure de la cheminée et ramené à la surface par pompage. Dans des installations classiques de séparation on enlève le cuivre et on renvoie l'acide au sommet de la cheminée pour un nouveau cycle. On a le choix entre deux méthodes de récupération: l'une (indiquée sur la figure), consiste à creuser des trous de mine à la surface et de les dévier en biseau dans la région inférieure de la cheminée. On installe des pompes à la partie inférieure pour ramener la solution à la surface. On peut aussi creuser un puits et un tunnel au-dessous de la cheminée, et pratiquer des galeries de ramassage qui rayonnent autour du tunnel.»

Cette méthode, souligne M. Nordyke, s'appliquerait surtout dans des gisements de minerai oxydé ou secondaire; la grande majorité des gisements de cuivre des Etats-Unis contiennent du minerai primaire ou de la chalcoppyrite. On pourrait exploiter de tels gisements contenant des sulfures ou d'autres minéraux comme la molybdénite, à condition qu'ils soient situés au-dessous de la nappe phréatique dans des conditions qui permettent l'oxydation des sulfures.

Les principaux risques que comporte, selon M. Nordyke, l'emploi des explosifs nucléaires pour la lixiviation in situ proviennent de la radioactivité de la solution; cependant ces risques concernent seulement l'installation de séparation ou de traitement, et on pourra y remédier par les mêmes mesures de prévention que pour beaucoup d'autres risques industriels.

«Non seulement, poursuit le mémoire, cette application est très séduisante du point de vue économique, mais elle a de grands avantages pour l'environnement. Avec les méthodes d'exploitation classiques, il faut extraire le minerai pour le ramener à la surface ou creuser un énorme puits à ciel ouvert; une vaste installation est nécessaire pour le traiter et les résidus constituent de gigantesques terrils. La méthode nucléaire supprime les travaux d'extraction dangereux, les carrières à ciel ouvert et les terrils inesthétiques et la pollution de l'air par l'anhydride sulfureux produit par la calcination des sulfures.

Exploitation de la chaleur du noyau terrestre

Dans certaines parties du monde, on exploite déjà sur une échelle limitée l'énergie géothermique que l'on capte sous forme de vapeur au moyen de forages judicieux ou en domestiquant des geysers naturels. On peut citer comme exemple Wairakei dans l'île du Nord, en Nouvelle-Zélande. Mais, comme le souligne la communication de M. Nordyke, l'exploitation industrielle de ces sources d'énergie «est actuellement limitée aux régions où un système naturel de fractures permet de recueillir la chaleur d'un grand volume de roches et où l'eau occurrente est assez abondante pour servir de caloporteur».

Une application des ENP pourrait être de créer une cheminée liée à un système de roches fracturées, pour augmenter la perméabilité de la roche chaude souterraine et permettre ainsi d'exploiter l'énergie géothermique. La méthode classique oblige à faire de nombreux forages dans l'espoir de rencontrer des fractures contenant de l'eau chaude ou de la vapeur; son emploi se limite à des situations géologiques très particulières et on ne peut récupérer qu'une faible proportion de l'énergie. En théorie tout au

moins, une explosion nucléaire souterraine permettrait de récupérer la chaleur contenue dans des réservoirs géothermiques secs et d'exploiter dans de meilleures conditions les réservoirs fracturés contenant de l'eau chaude.

Dans le cas du réservoir géothermique sec, on pourrait introduire de l'eau dans le système cheminée-roches fracturées au moyen de puits d'injection ou de cheminées adjacentes; la vapeur surchauffée serait extraite et servirait à produire de l'énergie électrique. Dans le cas de la roche chaude fracturée contenant de l'eau, la cheminée et la zone fracturée remplaceraient avantageusement le trou de forage, et on procéderait comme pour la stimulation d'un réservoir d'hydrocarbures ou de gaz à faible perméabilité avec un explosif nucléaire.

Toujours d'après le mémoire de M. Nordyke, le principal risque que comporte cette application des ENP provient de l'ébranlement du sol produit par l'onde de choc, car toute la radioactivité produite par les explosions nucléaires restera dans le sous-sol ou dans un système clos. A cause de la dimension des explosions et de la nature des usines électriques de grande puissance, il faudrait peut-être disposer d'une source de vapeur suffisante pendant 30 à 50 ans, avant de construire les usines génératrices.

Evacuation des déchets radioactifs

«A mesure que le nombre et la dimension des réacteurs de puissance nucléaire augmenteront dans les 20 ou 30 prochaines années, poursuit le mémoire, la quantité des déchets radioactifs provenant du traitement du combustible irradié atteindra des proportions importantes. L'évacuation de ces déchets est coûteuse. A cause de leur composition chimique et du fait qu'ils peuvent produire de la chaleur, ils peuvent devenir très dangereux si on ne prend pas de précautions suffisantes.

«Dans certaines conditions, l'évacuation de déchets liquides de haute activité dans des cheminées ou des cavités produites par des explosions nucléaires dans des formations imperméables offre un certain nombre d'avantages. Dans des roches imperméables, comme les roches ignées ou métamorphiques, dans les schistes ou dans les grès imperméables, les migrations de déchets radioactifs peuvent être considérablement réduites ou même éventuellement éliminées. Ces sites sont beaucoup plus courants que les terrains perméables utilisés pour l'injection. En outre on peut procéder à des essais de pression pour vérifier l'intégrité de la cheminée ou de la cavité avant d'introduire le déchet.

«La conception actuellement à l'étude prévoit de verser les déchets liquides de haute activité directement dans une cheminée nucléaire et de laisser l'eau s'échapper par ébullition jusqu'à ce qu'il ne reste plus que des matières solides. La vapeur d'eau et les gaz rares sont traités et filtrés à la surface, puis évacués dans l'atmosphère. Une fois terminé le processus d'évaporation, on ferme hermétiquement les trous de forage. La plupart des déchets de réacteurs peuvent dégager assez d'énergie pour que la température continue à augmenter, provoquant la fusion de la roche dans la cheminée ou dans la partie immédiatement voisine de la cavité. Finalement, à cause de la dilution dans les roches fondues et des pertes par conduction thermique, la roche fondue se solidifiera, empêchant désormais toute migration des déchets radioactifs.

Ce procédé, s'il réussit, sera beaucoup plus rapide, meilleur marché et d'une plus grande sécurité inhérente que les autres méthodes d'évacuation déjà étudiées. Le mémoire souligne qu'un tel procédé ne peut pas être utilisé partout et ne conviendra pas à tous les types de déchets radioactifs. En outre on devra en analyser plus à fond tous les aspects.

«Néanmoins, les avantages considérables de cette méthode pour les déchets de haute activité dans certains cas et le fait qu'elle permettrait une évacuation vraiment définitive justifient des études plus poussées.»

Dans presque toutes les applications étudiées, conclut le mémoire, «les ENP peuvent fournir une grande contribution à la technologie industrielle, tout en diminuant l'emprise de l'industrie sur l'environnement».

Le groupe d'étude a néanmoins tenu à souligner que les études sur les applications de ce genre n'en sont encore qu'au stade préliminaire.

Travaux en URSS

Trois mémoires, consacrés à l'étude des explosions nucléaires pacifiques en URSS, ont été distribués aux Etats Membres de l'Agence l'an dernier: l'un était consacré à la contamination radioactive du milieu à la suite d'une ENP et aux méthodes utilisées pour la prévoir; le deuxième portait sur les effets mécaniques des ENP et le troisième sur les applications possibles des ENP dans l'économie de l'Union soviétique. De larges extraits de ce troisième mémoire ont été donnés dans le volume 12, n° 2 du Bulletin (avril 1970), peu après la première réunion du groupe d'étude sur les ENP.

Lors de la deuxième réunion, le professeur O. L. Kedrovski, du Comité d'Etat de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique, qui avait été engagé par l'Agence en qualité de consultant, a décrit l'utilisation d'une explosion nucléaire souterraine pour éteindre un incendie dans un puits d'exploitation de gaz naturel. Cette application était illustrée par un film qui a été projeté à l'intention des membres du groupe. Les méthodes utilisées habituellement pour éteindre de tels incendies s'étant montrées inopérantes, on a décidé de procéder à une explosion nucléaire souterraine au voisinage du puits considéré. Ce tir exerce sur la roche une pression suffisante pour écraser les parois du puits et l'obturer, tout en fracturant et en déplaçant la roche voisine, si bien que le puits ne puisse plus fonctionner. Le puits qui sert de cheminée à l'incendie est hermétiquement fermé; le gaz ou les hydrocarbures ne peuvent plus parvenir à la surface par cet orifice.

Le professeur Kedrovsky a souligné que l'on doit choisir avec beaucoup de soin «l'horizon» géologique où aura lieu l'explosion, que le puits où elle se produit doit être complètement isolé, que les puits voisins doivent être hermétiquement fermés, que l'on doit contrôler la radioactivité dans les puits et dans les nappes phréatiques, etc.

Le groupe d'étude a estimé que les analyses utilisées pour l'étude des deux projets décrits par le professeur Kedrovski et le fait que les résultats semblent être conformes aux prévisions, permettent de conclure que cette application industrielle peut être considérée comme valable pour combattre de semblables catastrophes dans l'avenir. Il a souligné qu'en ce qui concerne la stimulation des gaz, il fallait établir un bilan économique complet. Les pertes économiques, les dégâts subis par le milieu, les risques que fait courir le puits incendié doivent être comparés au coût et au risque résultant de l'explosion nucléaire.

Base pour les travaux futurs

Il y a lieu de souligner à nouveau qu'avec les exceptions signalées dans le présent article, les applications pacifiques des explosions nucléaires contenues en sont toujours, du point de vue technique, dans leur phase initiale. Beaucoup de problèmes techniques, économiques, juridiques et administratifs restent à résoudre. Néanmoins, le groupe d'étude, comme celui qui l'avait précédé, a mis en évidence les possibilités des ENP pour l'avenir.

Les mémoires présentés à la réunion du groupe d'étude, ainsi que les conclusions des discussions seront probablement publiés par l'Agence d'ici quelques mois.