

PERSPECTIVES QU'OFFRE L'UTILISATION DES EXPLOSIFS NUCLEAIRES A DES FINS PACIFIQUES

Si l'on arrivait à utiliser les explosifs nucléaires à des fins pacifiques, on en retirerait des avantages extraordinaires. Cela explique l'intérêt suscité dans le monde entier et les recherches entreprises par l'Agence dans le cadre des dispositions du Traité sur la non-prolifération. Dans le présent article, M. Bernard I. Spinrad, Directeur de la Division de l'énergie d'origine nucléaire et des réacteurs, récapitule les données actuelles sur la question.

Il est extrêmement rare de trouver un manuel d'enseignement supérieur qui traite d'un procédé très pratique, avant que cette technique ait reçu un commencement d'application; pourtant les explosions nucléaires pacifiques ont déjà fait l'objet d'un ouvrage intitulé "The Constructive Uses of Nuclear Explosives" (voir la bibliographie). Cette technique offre des possibilités si extraordinaires qu'elle a éveillé l'intérêt des hommes de science et des étudiants. En outre, elle a fait l'objet de discussions politiques et techniques dans le cadre du Traité sur l'interdiction des essais nucléaires et du Traité sur la non-prolifération, discussions qui ont contribué à stimuler l'intérêt du public.

L'idée que les explosions nucléaires pourraient être utilisées pour des travaux de génie civil n'est évidemment pas nouvelle. Cette possibilité avait été reconnue par ceux qui avaient assisté au premier essai d'explosion nucléaire à Alamogordo. Au cours de l'essai sous-marin effectué ultérieurement dans l'atoll de Bikini en 1946, l'envoi par le fond d'une flotte de navires démodés et inutilisés avait confirmé qu'une onde de choc extrêmement puissante pouvait se propager dans la matière condensée à la suite d'une explosion nucléaire. La première explosion nucléaire effectuée en Union soviétique a été signalée dans la presse du pays comme s'il s'agissait d'une expérience sur l'utilisation d'explosifs pour le génie civil. Enfin, le spectaculaire essai thermonucléaire d'Eniwetok a montré qu'une puissante explosion pouvait en fait détruire un atoll du Pacifique et même créer une cavité là où se trouvait une île.

A partir de 1956, les Etats-Unis en particulier ont commencé à étudier sérieusement la possibilité d'utiliser les explosions nucléaires à des fins pacifiques. La décision d'entreprendre un programme systématique s'explique en partie par deux des progrès accomplis: premièrement, la théorie des effets des explosions avait fait de grands progrès grâce à l'utilisation de grands ordinateurs qui permettaient de résoudre des modèles théoriques très complexes; deuxièmement, grâce aux progrès faits dans l'étude des



Ouverture d'un col en montagne, à l'aide d'explosifs nucléaires, pour le passage d'une ligne de chemin de fer et d'une route, sur la base d'une étude technique réalisée aux Etats-Unis.

(Photo: Lawrence Radiation Laboratory)

engins thermonucléaires, il était possible de concevoir des explosions beaucoup plus "propres" avec seulement une petite quantité de produits fissiles et par conséquent peu de produits de fission et de réduire ainsi le risque de contamination radiologique dû aux explosions nucléaires.

Si l'une des premières applications suggérées a été celle de la propulsion des navires spatiaux, ultérieurement tous les modes d'utilisation proposés impliquaient des explosions souterraines. Cela n'a rien de surprenant; la même observation s'applique aux explosifs classiques.

Le premier programme officiel sur les applications pacifiques a été annoncé par les Etats-Unis en 1957 sous le nom de "Plowshare" et le premier essai souterrain, RAINIER (qui en fait ne faisait pas partie de la série "Plowshare"), a été effectué cette même année. De 1958 à 1961, pendant l'arrêt des essais par accord tacite, le programme expérimental Plowshare a consisté à faire des expériences sur des explosifs chimiques très puissants, qui ont contribué à étendre considérablement nos connaissances sur les phénomènes liés aux explosions souterraines. L'expérience de la technique des explosifs acquise dans d'autres pays, en particulier en Union soviétique, a également permis de mieux comprendre ces phénomènes.

En 1961 et ultérieurement, les Etats-Unis ont à nouveau procédé à des expériences nucléaires souterraines, et notamment au premier essai nucléaire de la série "Plowshare", l'essai GNOME. Depuis lors, les renseignements se sont accumulés et ont été exploités, et il est possible d'envisager des applications industrielles internationales.

QUE SE PASSE-T-IL DANS LES PROFONDEURS ?

Pour mieux comprendre les applications éventuelles qui ont été proposées, il convient d'étudier ce qui se produit lors d'une explosion nucléaire souterraine.

Au cours de la phase de la mise à feu (qui ne dure que quelques millièmes de seconde), la quasi-totalité de l'énergie produite par l'explosion nucléaire est libérée. Il se forme une boule de feu à l'intérieur de laquelle la température est de plusieurs millions de degrés et la pression de plusieurs millions d'atmosphères. La roche environnante est vaporisée par absorption de l'énergie provenant de la chaleur radiante et des rayonnements, une couche de roches fondues se constituant à la périphérie. Ainsi, il peut se former une cavité de plusieurs mètres de diamètre.

En l'espace de quelques millièmes de seconde, l'onde de choc qui se propage dans la cavité vient en frapper la paroi. La cavité s'agrandit encore par déformation de la roche environnante et la couche liquide augmente en épaisseur par suite de la fusion due à l'absorption partielle de l'énergie mécanique. La plus grande partie de la pression se transforme en une onde de choc qui se propage à partir du foyer de l'explosion. Jusqu'à ce que son énergie se soit dissipée, cette onde de choc agit sur la roche environnante qu'elle fracture et brise. Ce phénomène, comme les autres phénomènes de choc décrits ci-après, ne diffère pas qualitativement des effets des détonations d'explosifs chimiques très puissants; les différences sont des différences d'échelle - énergie beaucoup plus grande du choc nucléaire et dimensions relativement petites de la cavité centrale.

En quelques secondes, la couche de roches fondues qui constitue la paroi de la cavité commence à s'écouler et s'agglomère au fond. Cette matière fondue contient la plus grande partie de la radioactivité dégagée par l'explosion nucléaire. Elle finira par se solidifier et par présenter l'aspect d'une

masse cratériforme fortement craquelée par suite des contraintes thermiques et des chocs mécaniques causés par la chute d'autres roches.

Dans une explosion confinée, la masse rocheuse fracturée au-dessus de la cavité n'est pas assez solide pour faire voûte. Une partie de la roche brisée tombe et remplit la cavité de roches désagrégées. Au cours de ce processus, d'autres roches continuent de tomber jusqu'à ce que cet amas de débris soit assez stable pour supporter la roche qui pèse sur lui, et que la roche moins fortement ébranlée constitue une voûte. Il s'est formé une "cheminée" remplie de roches brisées de faible densité. Lorsque l'explosion a lieu à une grande profondeur, aucun effet de surface ne peut être décelé. Il peut arriver toutefois que la formation d'une cheminée entraîne un affaissement de terrain au niveau du sol; si l'explosion est trop proche de la surface, il se peut que la cheminée atteigne celle-ci et que l'on constate des fissures dans le sol.

Lorsqu'il s'agit de provoquer la formation d'un cratère, l'explosion a lieu à une profondeur telle que l'onde de choc atteigne la surface et soit partiellement réfléchi et réfractée à l'interface sol/air. L'onde de retour atteint la cavité pendant qu'elle grandit encore, ce qui entraîne une augmentation de son volume surtout vers le haut et vers l'extérieur. Il en résulte la formation au-dessus du niveau du sol d'un important renflement constitué par de la terre et des roches. Finalement, ce renflement se brise sous l'effet combiné de plusieurs causes; diminution de la pression dans la cavité due à son expansion, dégagement du gaz de la cavité par les fissures dans le renflement, et gravité. Finalement, le renflement s'affaisse; toutefois, entre-temps une grande partie des débris a été rejetée vers la périphérie. Il s'est formé un cratère dont les bords sont formés de roches désagrégées et broyées et le sol de roches brisées amassées au-dessus du foyer de l'explosion. La masse fondue et resolidifiée existe toujours mais elle est enterrée sous le sol du cratère.

On a déjà dit que la plus grande partie de la radioactivité dégagée était retenue dans la roche fondue. Le reste est presque entièrement fixé sur la surface des roches brisées et fracturées qui constituent de bons filtres naturels pour les matières particulaires et de bons absorbants naturels pour les vapeurs. Toutefois, dans le cas de la formation d'un cratère, une certaine quantité de radioactivité s'échappe dans l'atmosphère. Les spécialistes évaluent la quantité de produits de fission à une très petite fraction de la quantité potentielle: dans une explosion de 25 kilotonnes, qui est en grande partie thermonucléaire, la quantité de produits de fission dégagés n'est pas supérieure à celle qui correspond à une explosion par fission de 20 tonnes, soit environ 8 grammes. L'activation neutronique est réduite au minimum par un écran absorbeur de neutrons qui entoure l'explosif. Du tritium se dégage à la suite de l'explosion thermonucléaire.

COMPARAISONS AVEC LE TNT

Comme on l'a vu, à dimensions égales, la puissance des explosifs nucléaires est supérieure de plusieurs ordres de grandeur à celle des explosifs chimiques les plus puissants. Un engin nucléaire de 25 kilotonnes (équivalent à 25 000 tonnes

de TNT) peut être mis en place dans un puits cylindrique d'un diamètre inférieur à 1 mètre; même un engin d'une mégatonne (équivalent à 1 million de tonnes de TNT) ne prendrait pas beaucoup plus de place. En revanche, une sphère solide contenant 25 000 tonnes de TNT aurait un diamètre de 30 mètres. Même si l'on pouvait rassembler autant de TNT en un même point, sa mise en place entraînerait des frais énormes.

Les explosifs nucléaires sont aussi relativement bon marché. La Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis a calculé qu'il faudrait faire payer 350 000 dollars pour un engin de 10 kilotonnes et 600 000 dollars pour une charge de deux mégatonnes. Le coût de quantités équivalentes de TNT est respectivement de 4 millions et de 800 millions de dollars. Ainsi, même pour des explosions de faible puissance, les économies qui pourraient être réalisées sont considérables; quant aux explosions de grande puissance, il est simplement impossible du point de vue économique de les effectuer à l'aide d'explosifs chimiques.

APPLICATIONS

Il a été suggéré d'utiliser des explosions nucléaires pour la propulsion des engins spatiaux, pour des expériences scientifiques, pour la production d'isotopes et pour la production d'énergie. Le présent article est limité aux sujets rentrant dans les domaines généraux des industries extractives et du génie civil, savoir la création de cavités profondes pour le stockage, l'extraction de minéraux et la réalisation de grands travaux de génie civil.

La création de cavités profondes pour le stockage est une possibilité. Le volume des vides dans la cheminée et la masse de roches brisées autour du foyer de l'explosion nucléaire sont considérables. Il a été estimé qu'une explosion de 100 kilotonnes créerait un réservoir d'une capacité supérieure à 350 000 m³. A condition que l'explosion soit effectuée à la profondeur voulue et que les formations atteintes soient entourées de roches imperméables, un tel réservoir pourrait être utilisé pour stocker des fluides, notamment de l'eau, des hydrocarbures et du gaz naturel. Les problèmes que pose cette application concernent le degré de contamination radioactive du fluide stocké, la résistance de la roche environnante sous la pression supplémentaire du fluide stocké, la vérification et la détermination de la capacité du réservoir en fonction de la force de l'explosif et de considérations géologiques et, évidemment, le prix de revient.

L'extraction des ressources minérales a fait l'objet des recherches les plus poussées. Le programme GASBUGGY a déjà été exécuté et la mise en oeuvre du programme RULISON est prévue pour septembre prochain; il s'agit d'expériences destinées à stimuler la production de gaz naturel. Leur principe est d'accroître la perméabilité de la formation rocheuse contenant le gaz grâce à la fracturation de la roche provoquée dans un grand rayon par une explosion à grande profondeur. Les résultats de "GASBUGGY" ont déjà été partiellement publiés: le débit du gaz a été activé comme prévu et le degré de contamination est faible sauf pour celui du tritium, lequel est cependant inférieur aux prévisions. L'exploitation des résultats les plus



Intérieur d'un cratère creusé dans le Nevada (Etats-Unis) au cours de l'opération "Sedan" visant à réunir une documentation sur l'emploi des explosifs nucléaires pour des travaux de terrassement. Un engin thermonucléaire de 100 kilotonnes (équivalent à 100 000 tonnes de TNT) a permis d'obtenir un cratère de 352 mètres de largeur et 97 mètres de profondeur, présentant des rebords de 6 à 30 mètres de haut. Sept mois après l'explosion, la radioactivité avait suffisamment décru pour ne plus exiger de vêtements de protection. (Photo: Lawrence Radiation Laboratory)

importants de l'expérience prendra quelque temps; il faut déterminer si la production de gaz restera élevée assez longtemps et si la radioactivité tombera, ainsi qu'il est prévu, à un niveau acceptable.

Une application connexe serait la récupération du pétrole contenu dans les schistes. Là encore, on cherche à rendre perméable une masse considérable de schistes bitumineux de manière à pouvoir opérer une "distillation"

sur place. Il faut établir un programme expérimental pour déterminer le degré de perméabilité résultant de l'explosion et constituer un laboratoire de campagne pour procéder à des essais sur la "distillation" et l'extraction du pétrole. Cette application est encore du domaine de la spéculation, mais sa rentabilité serait extraordinaire: en effet, plus de 99% des ressources pétrolières du monde se trouveraient dans les schistes bitumineux.

Une application similaire consisterait à préparer les gîtes de minerai en vue de leur lixiviation, ce qui constituerait une manière d'exploiter les gisements profonds de métaux, tels que le cuivre et l'uranium, beaucoup plus séduisante que l'extraction en profondeur. Il a été proposé de procéder à une expérience dans un gîte de cuivre. Si l'on parvient à atteindre le degré de perméabilité souhaité, cette application offrirait d'assez bonnes perspectives du fait que le traitement chimique habituel du minerai faciliterait l'élimination des nombreux contaminants radioactifs susceptibles d'être présents.

Valent également qu'on s'y arrête les possibilités d'applications plus classiques dans les industries extractives. Les explosions nucléaires devraient, du fait qu'elles permettent de se passer d'explosifs chimiques très puissants, réduire le coût de l'exploitation par excavateurs de corps minéralisés durs se trouvant assez près de la surface. La possibilité d'extraire ainsi des minerais, au moins de la cheminée, a été vérifiée en 1962. Un puits de mine a été creusé jusqu'à 30 mètres du point de déflagration d'une explosion de 5 kT et 2 700 tonnes de roche ont pu être extraites sans risque d'irradiation.

La réalisation de grands ouvrages de génie civil implique toute une gamme de travaux allant d'opérations relativement simples de terrassement et d'exploitation de carrières jusqu'à d'importantes modifications géographiques telles que le creusement de ports, l'ouverture de canaux et le détournement de cours d'eau. Pour les opérations les plus simples il est évidemment possible de fracturer dans des conditions assez économiques une masse considérable de roche qui peut ainsi être plus facilement enlevée, comme cela est quelquefois nécessaire pour percer des voies ferrées et des routes dans les régions montagneuses. Pour la réalisation d'ouvrages et particulièrement pour la construction de barrages dans des régions écartées, les explosions nucléaires peuvent également être utilisées en vue de l'extraction de pierres et de la fabrication de béton. On peut facilement concevoir un cas dans lequel on aurait recours à une explosion à la fois pour déplacer une quantité considérable de matériaux vers le point où un cours d'eau doit être barré et pour obtenir la matière première nécessaire pour la fabrication du béton.

La construction de grands canaux par les méthodes classiques peut être très coûteuse. Ainsi les Etats-Unis voudraient percer un nouveau canal au niveau de la mer à travers l'isthme de Panama. Ils ont étudié plusieurs tracés et évalué le coût des travaux par les moyens classiques; ce coût est dans tous les cas de l'ordre de plusieurs milliards de dollars. Entre-temps, la technologie des explosions nucléaires a été perfectionnée et on peut envisager de creuser des tranchées en faisant exploser des charges alignées.

Ainsi, l'expérience BUGGY-I, a consisté à faire exploser simultanément cinq charges nucléaires de 1 kilotonne chacune, placées à 40 mètres sous terre et à des distances appropriées. Il en est résulté une tranchée de 20 mètres de profondeur, sur 75 mètres de large et 260 mètres de long dans de la roche dure, qui correspondait, pour l'essentiel, aux prévisions.

Sous réserve du résultat d'expériences qui n'en sont encore qu'au stade de l'étude, cette technique pourrait donc éventuellement être utilisée pour la construction de canaux dans des conditions beaucoup plus économiques.

Si cette technique nucléaire d'ouverture de canaux était utilisable, elle serait peut-être intéressante en d'autres points du globe, notamment dans la Presqu'île de Malacca et en plusieurs endroits de la côte de l'Afrique de Nord où des dépressions du Sahara pourraient être transformées en baies de la Méditerranée. (Un aspect intéressant de cette dernière proposition est qu'il serait peut-être possible d'utiliser les canaux amenant l'eau de la Méditerranée pour produire de l'énergie; l'eau de la Mer méditerranée serait admise par un barrage et après transformation de son énergie mécanique elle s'évaporerait ce qui permettrait le fonctionnement quasi indéfini du système). Dans toutes les parties du monde des projets utiles de détournement de cours d'eau pourraient bénéficier, pour leur exécution, des techniques nucléaires de construction de barrages et d'ouverture de tranchées.

Une dernière possibilité est la création de ports. Les explosions nucléaires du type cratère peuvent, si elles sont suffisamment puissantes, créer des dépressions énormes à la surface du sol ou sur la côte. C'est ainsi que l'expérience SEDAN, exécutée en 1962, consistait en une forte explosion nucléaire (100 kT) à 190 mètres de profondeur. Elle avait pour objet d'essayer et d'évaluer une explosion qui avait été calculée de façon à creuser le plus grand cratère possible. Le cratère obtenu, légèrement plus grand que prévu, avait 100 mètres de profondeur et 350 mètres de diamètre. La radioactivité n'a pas posé de graves problèmes, la plus grande partie ayant été retenue dans la zone de la cavité centrale, à 90 mètres environ sous le fonds du cratère. La quantité de terre et de roche déplacée s'est élevée à environ sept millions et demi de mètres cubes.

Des explosions de cette intensité permettraient de créer "instantanément" des ports là où le fond rocheux de la mer n'atteint pas des profondeurs suffisantes pour permettre l'aménagement de docks. Des projets de cette nature ont été sérieusement envisagés pour l'Alaska et l'Australie; ils ont été provisoirement abandonnés mais il est vraisemblable que l'étude de projets de ce type sera à nouveau reprise pour de nombreux emplacements dans le monde entier.

ETAT DE LA QUESTION

Nos connaissances sur les explosions, particulièrement sur les explosions nucléaires se sont beaucoup étendues ces dernières années, mais il n'en demeure pas moins que l'évaluation d'un projet déterminé continue

de poser de nombreux problèmes. Les effets de souffle varient suivant les roches et les résultats attendus sont faussés par les erreurs que l'on peut commettre lorsqu'on détermine les propriétés physiques de la roche, ainsi que par l'hétérogénéité des masses rocheuses. Les lois établies pour la gradation des effets de souffle ont été vérifiées d'une manière générale, mais les effets secondaires ne sont pas très bien connus. Enfin, au moins dans les pays non dotés d'armes nucléaires on ne sait pas assez bien dans quelle mesure il est possible de prévoir quelle sera la puissance explosive des engins utilisés.

Les aspects essentiels des phénomènes radioactifs sont également mieux connus du point de vue qualitatif que du point de vue quantitatif. On sait que la plus grande partie de la radioactivité est retenue dans la couche de roche en fusion qui se forme autour de la boule de feu et que les roches fracturées présentant de minces fissures ont une assez grande capacité d'absorption de produits radioactifs. En revanche, on ne sait pas exactement quelle fraction de la radioactivité sera libérée lors d'une explosion donnée, particulièrement si elle a lieu près de la surface du sol. On ne sait pas non plus exactement en quelles quantités la radioactivité absorbée par la roche fracturée sera libérée. Pour ce qui est de la radioactivité libérée au moment de l'explosion, on espère que les puissances nucléaires pourront soumettre à l'examen d'experts les données quantitatives obtenues à la suite des essais qui ont déjà eu lieu. Les études scientifiques qui ont été faites dans le cadre de l'opération "Gas Buggy" devraient fournir de nombreux renseignements sur la radioactivité qui se dégage lentement à la suite d'une explosion souterraine, mais il faudrait procéder à de nouvelles expériences sur d'autres roches et dans d'autres conditions, car il est à la fois antiscientifique et dangereux de ne se fonder que sur les valeurs provenant d'une seule expérience ou mêmes de quelques expériences. Enfin, il faudra examiner les données relatives au dégagement continu, sur de longues périodes, des matières radioactives retenues dans le sous-sol des ports et des canaux ainsi creusés. On pense que la libération de radioactivité dans ces conditions n'aura pas de conséquences graves, mais il conviendra néanmoins d'examiner tous les facteurs possibles, aussi bien chimiques/hydrologiques que biologiques/écologiques.

Il est impératif que les explosions nucléaires à des fins pacifiques soient accompagnées de recherches dans différents domaines: sismologie, géologie, écologie et hydrologie. Ces études sont nécessaires pour prévoir les effets des explosions, et il importe de développer les connaissances dans ces disciplines connexes si l'on veut éviter les surprises désagréables.

Pour conclure, dans l'état actuel des connaissances, il nous est possible d'évaluer qualitativement les coûts et les avantages de certaines applications des explosions nucléaires pacifiques tels l'ouverture de canaux et de ports, le percement de tunnels et la formation de réservoirs souterrains. L'évaluation quantitative de la technique et des effets secondaires de ces applications exige un complément d'étude. Certains projets souhaitables peuvent être exécutés, même compte tenu du risque maximum qu'ils impliquent. En revanche, il y a toute une catégorie de projets auxquels il faut absolument renoncer étant donné les renseignements actuellement disponibles.

Les explosions nucléaires ayant pour objet la récupération de minéraux comportent un élément d'incertitude supplémentaire en ce sens que l'explosion elle-même n'est qu'une opération préliminaire. Dans le cas de l'extraction de pétrole et de gaz naturel, il faut encore déterminer dans quelle mesure elle est stimulée par les explosions et pour combien de temps et il faut encore élucider les problèmes de contamination du produit. Dans le cas de schistes bitumineux, il reste encore à montrer que l'application du procédé de récupération du pétrole est possible et l'on pourrait citer bien d'autres exemples.

QUAND CES APPLICATIONS SERONT-ELLES REALISABLES?

Il est généralement admis qu'il faut encore procéder à de nombreuses expériences avant que les pays possédant des explosifs nucléaires puissent les utiliser pour exécuter des travaux, ces expériences ne constituant elles-mêmes que d'utiles projets pilotes. Par ailleurs, il faut intensifier considérablement l'échange et la publication des renseignements pertinents afin que tous les utilisateurs éventuels des explosions nucléaires pacifiques soient en mesure d'en évaluer les avantages. L'Agence internationale de l'énergie atomique prend un intérêt particulier à cet échange de renseignements dans lequel elle voit un moyen de favoriser le développement de l'utilisation de l'énergie atomique, à des fins pacifiques, conformément à son Statut. On estime que ce n'est pas avant cinq ans au minimum que l'on disposera de tous les renseignements nécessaires pour pouvoir entreprendre la réalisation des projets les plus simples, et qu'un petit nombre d'entre eux seulement aura été mené à bien avant 1980. Mais ensuite, il est probable, que les explosions nucléaires deviendront rapidement d'application courante mais jamais automatique - dans le génie civil et les industries extractives.

BIBLIOGRAPHIE DES EXPLOSIONS NUCLEAIRES PACIFIQUES

"The Constructive Uses of Nuclear Explosives", par E. Teller, W. K. Talley, G. H. Higgins et G. W. Johnson, McGraw-Hill, New York (1968). Manuel de 315 pages pour un cours destiné à des étudiants de dernière année et à des diplômés en sciences et techniques. Il contient une documentation considérable sur la phénoménologie et les applications des explosions nucléaires.

"Nuclear News", vol. 11, No 3, pp. 23 à 44 (mars 1968): Exposé succinct bien conçu, d'un niveau technique analogue à celui des informations pour spécialistes, sur les idées maîtresses des conceptions américaines en matière d'explosions nucléaires pacifiques.

"Formation of an Excavation by a 1009 Ton Throw-Out Blast", par A. N. Deshkov, Report UCRL-Trans-10138, University of California, Livermore (Californie). Traduit du russe: Transp. Stroit., 10: No 11, pp. 10 à 12 (1960). Ce rapport est intéressant en ce sens qu'il illustre l'utilisation pour des travaux du génie civil de puissants explosifs classiques en quantités suffisantes pour obtenir des résultats analogues à ceux des explosions nucléaires. Cette technologie est très développée en Union soviétique.

"Engineering with Nuclear Explosives"; Proceedings of the Third Plowshare Symposium, 21-23 avril 1964; Report TID-7695. Clearing House for Federal Scientific and Technical Information, National Bureau of Standards U. S. Department of Commerce, Springfield (Virginie). Quelque 380 pages de texte reproduisant 30 rapports scientifiques succincts sur presque tous les aspects des explosions nucléaires pacifiques. Les questions sont traitées de façon très diverse; il s'agit tantôt de discussions scientifiques détaillées, tantôt de la présentation de prévisions ou de résultats.

"Peaceful Uses of Nuclear Explosives - An Evaluation, for Australian Purposes, of Proposed Civil Engineering and Mining Applications", par A. R. W. Wilson, E. B. Pender et E. K. Carter. Report AAEC (SP)/R1, Australian Atomic Energy Commission, Sydney (1964). Rapport général de plus de 200 pages, récapitulant les applications des explosions nucléaires et indiquant simultanément la documentation qui à cette date aurait déjà pu être mise à la disposition d'un pays intéressé.

"Commercial Plowshare Services" Hearings before the Subcommittee on Legislation of the Joint Committee on Atomic Energy, Congress of the United States Ninetieth Congress (19 juillet 1968). U.S. Government Printing Office, Washington. Ce document de plus de 400 pages se compose principalement de mémoires techniques sur la possibilité de réaliser des explosions nucléaires expérimentales à diverses fins. Il comprend en outre des mémoires techniques sur la prévision en matière d'explosions, une documentation générale et des dépositions faites devant le Congrès.



Parmi les personnalités ayant récemment visité l'Agence figuraient (de gauche à droite): Lord Chalfont, Sous-Secrétaire d'Etat du Royaume-Uni avec attributions spéciales pour les affaires étrangères, qui a fait à l'Agence une visite de courtoisie; M. Gerhard Stoltenberg, Ministre de la recherche scientifique de la République fédérale d'Allemagne; M. Lennart Petri, Ambassadeur de Suède en Autriche et nouveau représentant permanent de son pays auprès de l'Agence; M. Dhimitër Tona, Ambassadeur d'Albanie en Autriche et nouveau représentant permanent de son pays auprès de l'Agence et M. Gabriel d'Arboussier, Ambassadeur du Sénégal en Autriche et nouveau représentant permanent de son pays auprès de l'Agence. Ces trois dernières personnalités sont venues pour présenter leurs lettres de créance.