

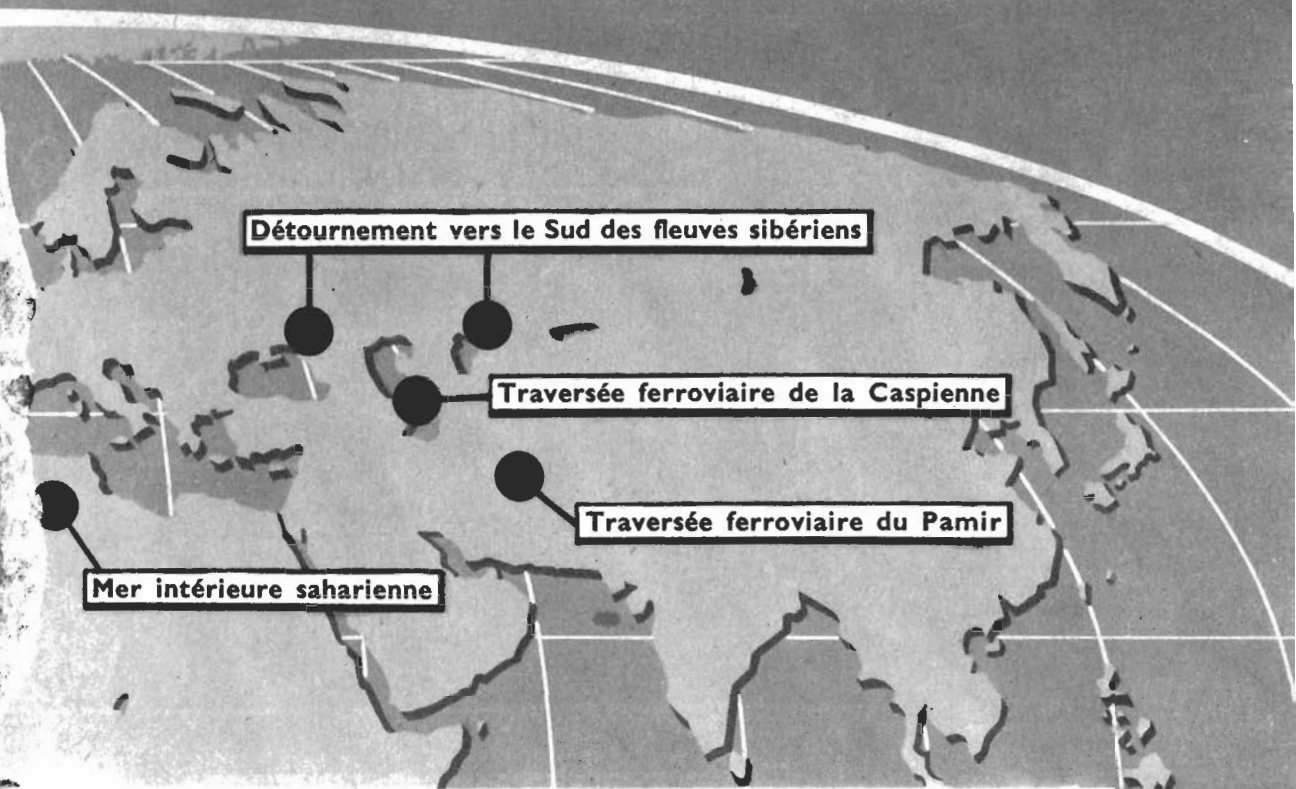
ALASKA: 4 explosions nu

LA mission d'études que l'Atomic Energy Commission vient d'envoyer sur les côtes de l'Alaska pour y choisir l'emplacement du premier port creusé à l'explosif nucléaire marque le début d'une ère de grands travaux auprès desquels Suez, Panama, ou la récupération des Pays-Bas sur la mer seront des jeux d'enfants.

Les suggestions pour l'emploi des explosions nucléaires aux travaux de génie civil ont été présentées un peu partout dès le lendemain d'Hiroshima. Enthousiasmé par les plans de « transformation de la nature », Staline avait retenu le projet Davydov de détournement des fleuves sibériens, l'Ob et l'Yénisséï, vers la mer d'Aral et la Caspienne. Ses successeurs en faisaient présenter deux autres au printemps dernier par Radio Moscou : l'établissement d'une liaison ferroviaire au travers de la Caspienne, à la latitude de Bakou, et d'une deuxième au travers du massif du Pamir, entre le Turkestan et l'Inde.

Tout récemment, deux projets aussi grandioses, basés également sur l'emploi des explosions nucléaires, ont vu le jour en France.

M. Yves Michel de Pierredon, l'animateur d'ARTÉMIS (Association de Recherches Techniques pour l'Étude de la Mer Intérieure Saharienne) a repris les sug-



EXCLUSIVITÉ : La dernière théorie de C. Rougeron

clés pour faire un port

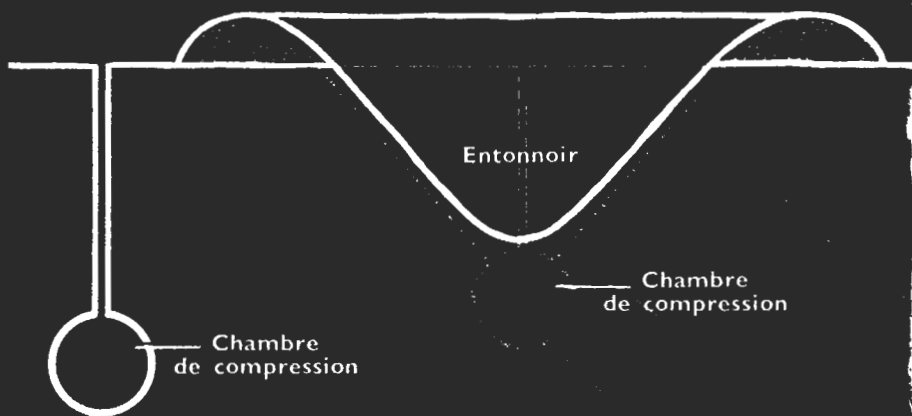
gestions présentées autrefois par le lieutenant-colonel Roudaire pour la liaison par canal du golfe de Gabès et des chotts du Sud-Constantinois, dont le niveau est au-dessous de celui de la mer. Accessible aux pétroliers de tout tonnage, le canal coûterait moins qu'un pipe-line.

Dans une série de conférences à France III, M. Noël Lebrech reprend une idée plus ancienne encore, celle de Riquet suggérant la liaison du golfe de Gascogne au golfe de Lion par un canal pour navires de haute mer. L'exécution par explosions nucléaires permettrait à la fois la suppression des écluses, une largeur et une profondeur autorisant l'accès des navires de tous tonnages, enfin le report du tracé très au sud de la Garonne dans une zone peu construite n'exigeant pas d'expropriations coûteuses.

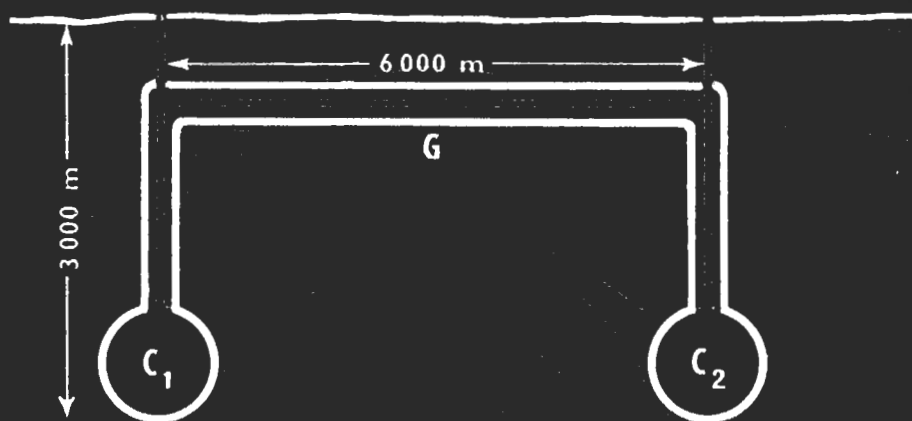
En transposant un projet de réchauffage des territoires arctiques par fermeture du détroit de Behring, exposé en septembre 1955 à Radio-Moscou par l'académicien A. Markine, nous avons nous-même suggéré dans un livre de 1956 (1) deux réchauffages hivernaux de même principe : celui de la Manche et de la mer du Nord par

Ce que peut donner l'explosion souterraine

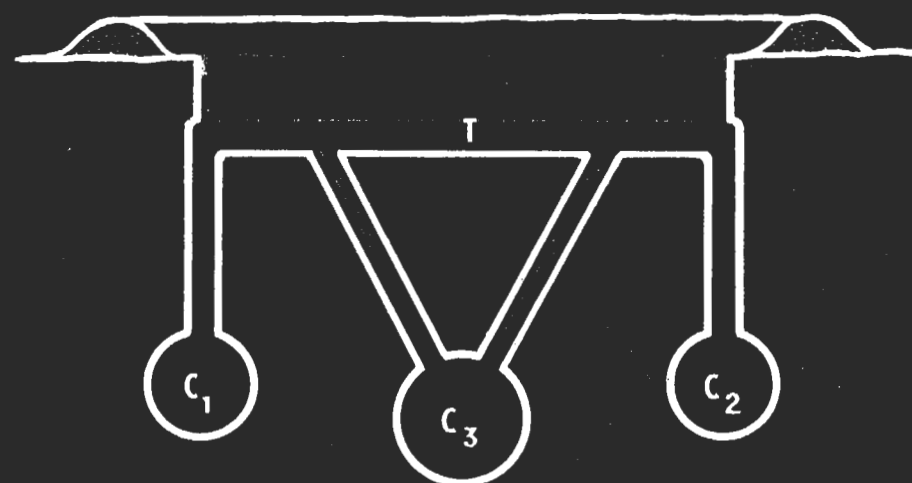
CHAMBRES DE COMPRESSION ET ENTONNOIRS. — A grande profondeur, l'explosion donne une chambre de compression sans effets extérieurs; tel serait le cas, en « sol moyen » de la formule américaine, pour une explosion de 20 kilotonnes au-dessous de 540 m. A profondeur moindre, la chambre est comblée par les matériaux de l'entonnoir qui la surmonte; avec une profondeur de 215 m (même explosion), l'entonnoir aurait 580 m de large; pour 1 mégatonne l'entonnoir aurait 1500m.



CREUSEMENT D'UN TUNNEL PAR ÉROSION. — Un avant-tunnel a été creusé par les méthodes classiques sous forme d'une galerie G de faible section. Une première explosion, de quelques mégatonnes, à une profondeur de quelques milliers de mètres ouvre une chambre C1 de quelques millions de mètres cubes. Après son refroidissement, une deuxième explosion ouvre la chambre C2; la roche vaporisée élargit la galerie aux dimensions d'un tunnel, et va se condenser en C1 avec la roche entraînée.



OUVERTURE D'UNE TRANCHÉE. — L'opération débutera par le creusement d'un tunnel à la profondeur choisie pour la tranchée, à l'aide d'explosions dans les chambres C1 et C2. Une explosion plus puissante, en C3, ouvrira ensuite la tranchée par établissement d'une pression élevée dans le tunnel T. La tranchée sera ouverte plus régulièrement si la pression ainsi établie est uniforme, ce qui suppose plusieurs puits obliques entre la chambre C3 et le tunnel T.



barrage du Pas-de-Calais; celui du Canada et du nord-est des États-Unis par barrage des détroits aboutissant en baie de Baffin.

Aucun de ces travaux, inconcevables autrement ne présente plus de difficultés que la construction du port en Alaska par lequel va débiter l'Atomic Energy Commission.

Deux possibilités : le « trou », la « bulle »

Pour l'exécution de ces projets, la technique de l'explosion nucléaire ne met à la disposition du constructeur que deux moyens primitifs : l'entonnoir et la chambre de compression.

A une profondeur en rapport avec la puissance de la charge, l'explosion ouvre un cratère en forme d'entonnoir, entouré par les matériaux projetés qui en constituent les lèvres. Ainsi que le révèlent les coupes du terrain bouleversé, les gaz de l'explosion développent d'abord dans le sol, sous l'effet de leur pression, une chambre de compression à peu près sphérique : ils projettent ensuite un cône de matériaux dont une partie est rejetée à l'extérieur et dont l'autre retombe dans le cratère pour combler la chambre et donner la forme finale d'un entonnoir presque conique. Si la profondeur dépasse une certaine limite eu égard à la puissance de la charge, la chambre de compression subsiste seule. Le « camouflet », utilisé depuis des siècles en guerre de mines pour détruire les travaux souterrains de l'adversaire, comme le « chambrage » (c'est-à-dire la formation, par l'explosion préliminaire d'une petite charge, de la chambre où sera logée la charge définitive), reposent sur ce principe de l'explosion souterraine sans effets de surface.

Mais ni l'entonnoir conique, ni la chambre sphérique ne conviennent à la plupart des travaux. Les galeries souterraines ou les levées rectilignes se prêteraient à un aménagement beaucoup plus facile soit en génie civil (canaux, barrages, ports), soit en urbanisme souterrain (garages, magasins, voies en tunnel...).

Tunnels forés aux gaz brûlants

Dans le cas des tunnels de grande section, la solution doit être cherchée, croyons-nous, dans l'explosion profonde et la roche qu'elle volatilise pour ouvrir par érosion, aux dimen-

sions finales demandées, les ouvrages souterrains que l'on aura simplement ébauchés sous forme d'une galerie de mine de faible section.

Que l'érosion d'une roche par un jet de gaz chaud puisse y ouvrir une galerie, c'est ce qui a été vérifié expérimentalement, en plusieurs pays, ces dernières années, à des températures et des pressions très inférieures à celles qu'on peut attendre d'une explosion nucléaire. L'outillage comportait un turbo-réacteur genre aviation progressant dans la galerie qu'il ouvrait en projetant sur la roche son échappement à haute température, relevée au besoin par post-combustion. La roche est réduite en poussière sous l'effet du chauffage brutal; les résidus sont rejetés vers l'origine de la galerie avec les gaz d'échappement. Un outillage plus simple encore, avec température relevée par emploi d'oxygène, sert actuellement à forer les puits pour mise en place des charges explosives dans les gisements d'un des plus durs minerais de fer, la « taconite » du Lac Supérieur.

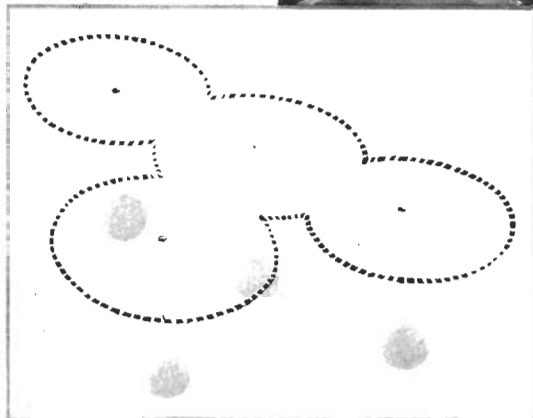
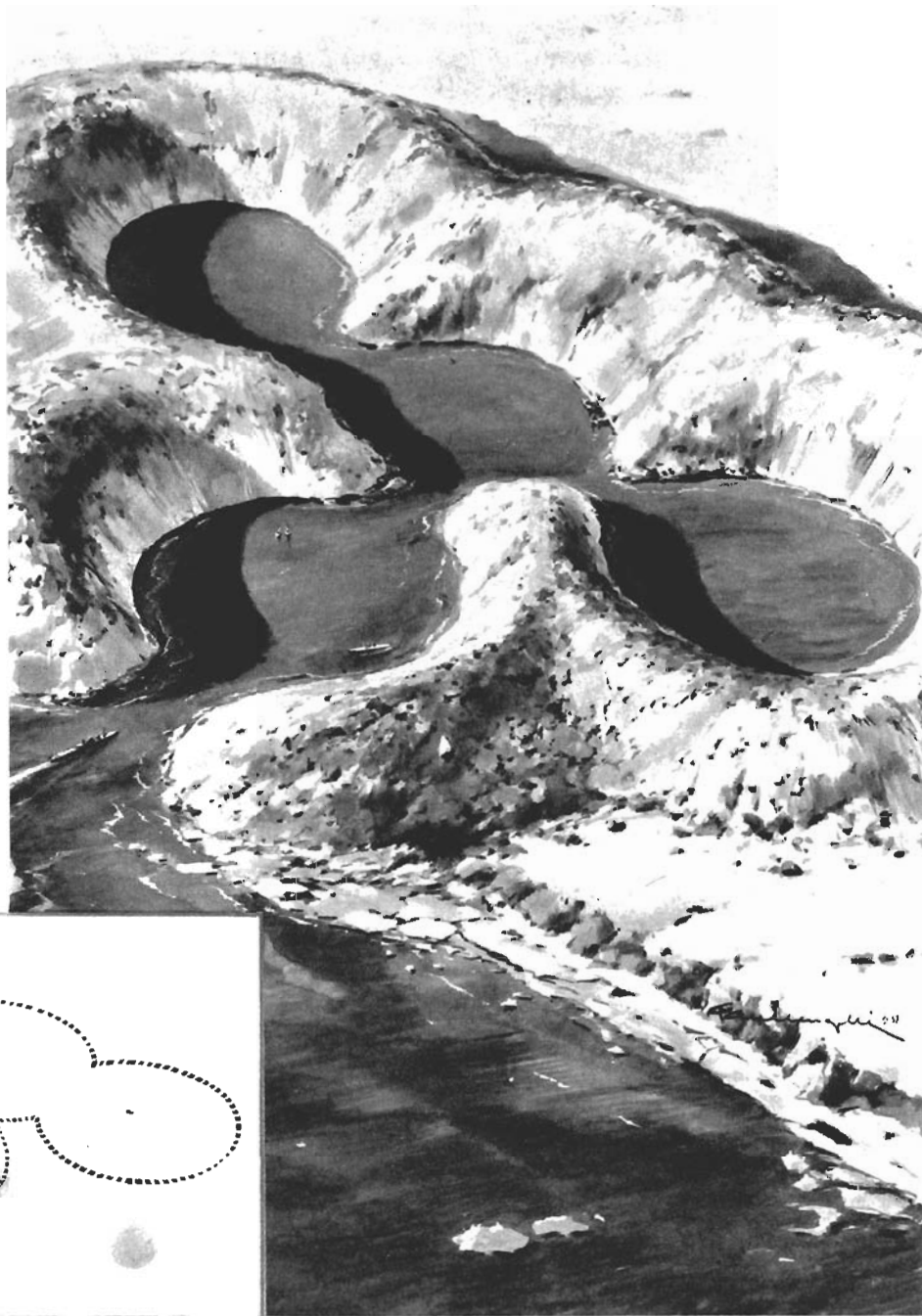
La puissance d'érosion des roches volatilisées par les explosions nucléaires s'évalue aux cratères ouverts par les explosions aériennes basses, tel celui de 30 000 000 m³ qu'on trouva à la place de l'îlot d'Élugelab après une explosion de 5 mégatonnes. La figure de la page 80 indique la conduite de l'opération pour le forage de tunnels de plusieurs kilomètres au moyen de deux explosions profondes.

Le gaz « travaillant » pourra être soit la roche vaporisée, soit du gaz carbonique résidu d'une explosion dans une roche calcaire, soit de la vapeur d'eau presque pure si l'on injecte après explosion de l'eau en quantité suffisante pour condenser la roche vaporisée. L'énergie consommée par l'érosion se retrouvera en presque totalité dans les matériaux solides, liquides ou gazeux que le jet de gaz entraîne dans la chambre aval. Elle pourra y être récupérée sous forme de vapeur alimentant une centrale. En ce sens le travail souterrain aura été gratuit, comme celui d'un outil de perçage dont on récupérerait la chaleur des copeaux.

L'érosion des galeries de grande longueur leur donnera une forme tronconique accentuée : la forme cylindrique approchée pourra être réalisée par un écoulement en sens inverse.

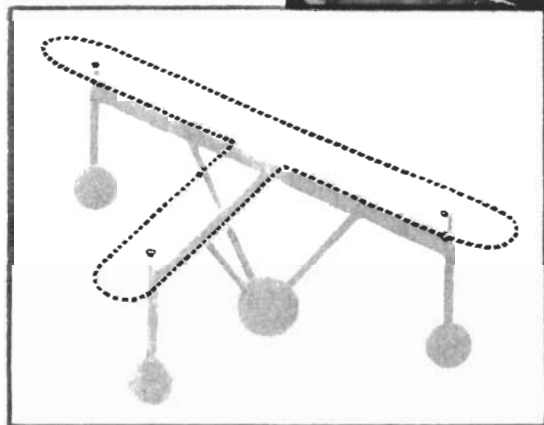
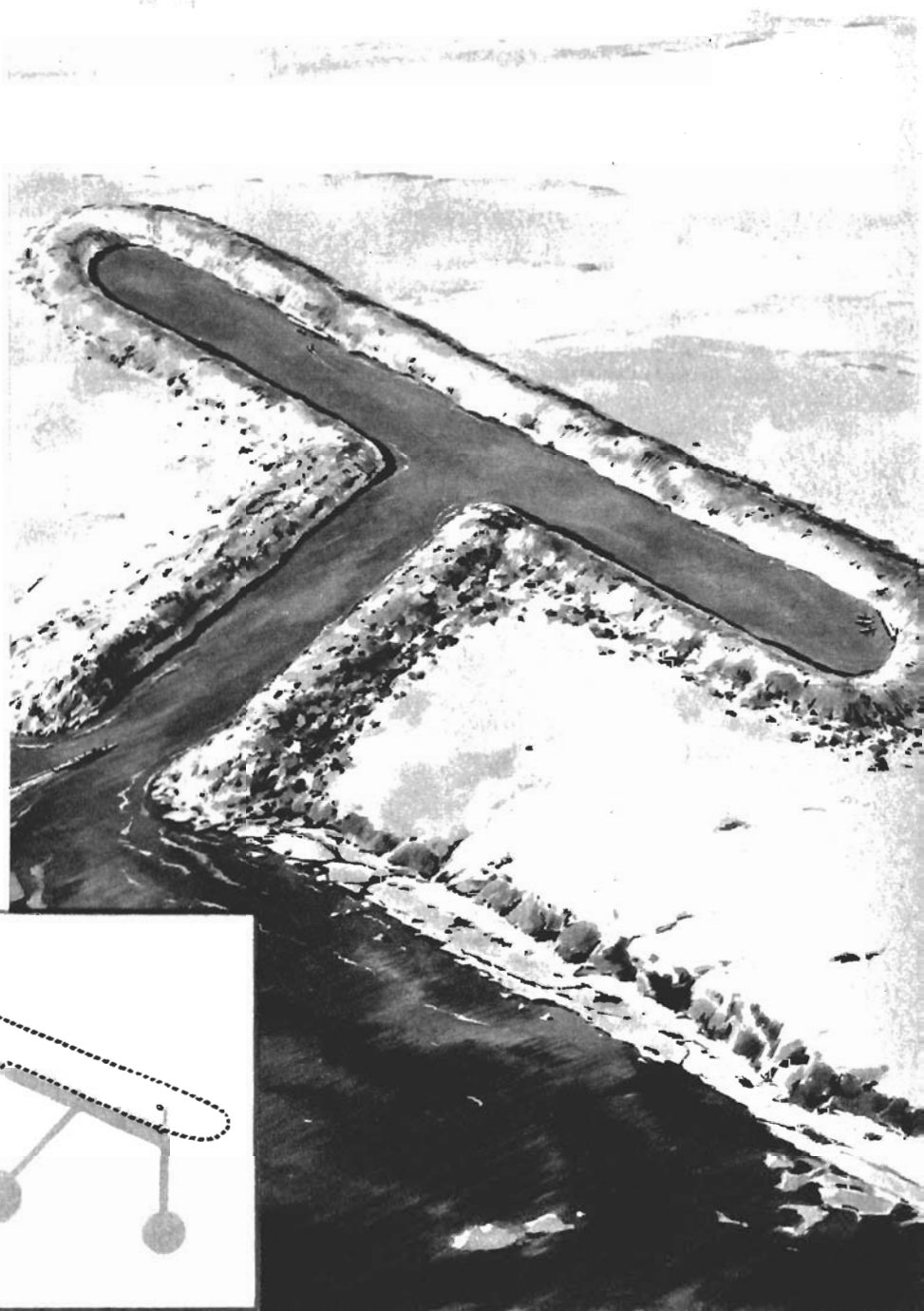
Deux méthodes pour le port de

L'application des explosions nucléaires à la construction des ports sur côte abrupte a été annoncée le 6 mars 1958 par le Dr W. F. Libby, président intérimaire de l'Atomic Energy Commission. Une mission a recherché l'été dernier l'emplacement le plus favorable pour un port pétrolier et minier en Alaska, au nord du cercle Arctique, entre le cap Seppings et le cap Thompson. L'exécution est actuellement prévue au moyen de quatre explosions nucléaires laissant une profondeur minimum de 90 m. D'après le Dr Brown, l'un des codirecteurs du projet, le prix de revient ne dépasserait pas le dixième de celui d'un port construit par les méthodes de terrassement ordinaires



l'Alaska : une bonne, une meilleure

On pourrait établir le port avec le même nombre d'explosions nucléaires en creusant d'abord, par érosion, au moyen de trois explosions, un tunnel de grande section à partir d'une galerie de mine, puis en ouvrant par une quatrième explosion une tranchée en V de quelques centaines de mètres de largeur à partir de ce tunnel. Pour la même profondeur, le volume des déblais serait très inférieur à celui des entonnoirs, d'où un aménagement plus facile des quais. En outre, on n'aurait à craindre aucune radioactivité des déblais, si l'on ne met en communication la 4^{ème} chambre et le tunnel qu'après entrainement des produits de fission au pied de la chambre.



Le jet de gaz ne laissera aucune trace de radioactivité sur les parois des galeries, elle sera entraînée dans le magma mi-solide mi-liquide de roches rassemblées dans la chambre aval.

Les dispositifs d'obturation sont évidemment indispensables, quelles que soient d'ailleurs les applications envisagées pour les explosions souterraines; le bétonnage que l'on détruirait par une petite explosion chimique lorsqu'on voudra provoquer la circulation des gaz à haute température suffira.

La tranchée : un tunnel crevé

La tranchée, non pas assurément aux dimensions d'une tranchée d'infanterie, mais à celles d'un ouvrage comme la « tranchée » de la Culebra qui fait franchir le col du même nom au canal de Panama, est le deuxième des grands travaux qu'on doit pouvoir demander aisément aux explosions nucléaires.

La figure de la page 80 indique comment, après forage d'un tunnel par érosion, une explosion plus puissante que les premières appliquera sa capacité de déblaiement à une tranchée en V de grande longueur au lieu d'un entonnoir. Comme on l'a exposé précédemment, l'entonnoir ne se forme pas sous l'action directe de quelque onde de choc, mais en deux temps par l'établissement d'une chambre pleine de gaz à haute pression, puis par le cisaillement de la roche sous l'effet de cette pression appliquée à la calotte supérieure de la chambre.

Deux objections graves retenaient jusqu'ici les protagonistes de l'explosion souterraine dans le développement de leurs projets ambitieux : les dégâts possibles à grande distance sous l'effet du véritable tremblement de terre déchaîné par une explosion puissante; la dispersion dans l'air et sur le sol des résidus de fission en provenance de la charge.

L'explosion Rainier du 19 septembre 1957 infirme en partie ces craintes. Les effets sismiques ont été très inférieurs à ce qu'on en attendait et la radioactivité est restée confinée dans la chambre. Mais la conclusion ne s'étendrait ni aux explosions de plusieurs mégatonnes, ni aux résidus nocifs entraînés avec les matériaux d'un entonnoir.

Les perfectionnements suggérés évitent aussi bien les destructions sismiques que les retombées radioactives. Les explosions prévues,

soit pour le forage des tunnels, soit pour l'ouverture des tranchées, peuvent être conduites à beaucoup plus grande profondeur que les ouvrages eux-mêmes; elles seront à la fois puissantes, donc économiques, et sans effet dangereux pour les installations en surface. D'autre part, l'ouverture d'une tranchée à partir d'un tunnel, exécutée avec les gaz en provenance d'une chambre où ils auront été purifiés par la pluie de roches fondues ou la neige de chaux tombant du toit, ne conserveront pas de radioactivité, et n'en mêleront pas aux matériaux projetés.

Dès l'instant où l'on peut contrôler les effets sismiques et les retombées radioactives, l'explosion souterraine de quelques mégatonnes devient le plus économique des moyens de terrassement. Elle ouvre à l'homme pour la première fois la possibilité d'entreprises qui lui étaient absolument interdites jusqu'ici.

Non seulement le nouvel outil tolère le gigantisme des conceptions, mais il l'impose. Il n'obéit pas au proverbe « Qui peut le plus peut le moins ». Il ne convient ni au canal à écluses, ni à l'extension aux fonds de 15 m d'un port établi pour les navires de 12 m de tirant d'eau. Le terrassement thermonucléaire ne se paye pas au mètre cube, comme celui du bulldozer ou de la drague. L'élément coûteux de la charge est son amorçage en plutonium et non l'hydrure de lithium ou, lorsqu'on le tolérera, le troisième étage de fission en uranium naturel. Le canal de 300 m de large qu'on ouvrirait par un chapelet d'explosions de 10 kilotonnes reviendra beaucoup plus cher que le canal de 3 000 m de large ouvert par un nombre dix fois moindre d'explosions de 10 mégatonnes.

En ce sens, le gigantisme des projets soviétiques tel que la déviation des fleuves sibériens vers le sud, pas plus que celui des projets d'un canal des Deux-Mers sans écluses ou d'une mer intérieure saharienne, n'encourt aucun reproche quant au principe. Les déclarations du Dr Ralph Lapp, peu après l'explosion du 1^{er} mars 1954 dont on estime généralement la puissance à 14 mégatonnes, donnent une évaluation approchée du coût des travaux. Il l'avait chiffré à 1 « cent » la tonne de tolite équivalente, donc à 140 000 dollars. Même si l'on admet, en raison de l'importance prise par l'amorçage, que les charges de l'ordre de la mégatonne ne soient pas beaucoup moins coûteuses que celle-ci,

on s'explique l'affirmation du Dr Johnson, l'un des directeurs du projet de l'Alaska selon qui les quatre explosions prévues économiseraient 90 %, par rapport aux méthodes classiques d'excavation.

Gigantisme obligatoire

Ce caractère exceptionnel d'explosions se payant à l'unité et non à la puissance, imposera évidemment une conception nouvelle des travaux auxquels on les appliquera.

Si le port qu'on s'apprête à creuser dans l'Alaska sera accessible aux navires de 90 m de tirant d'eau, c'est par raison d'économie, et parce qu'il coûterait trop cher de creuser ses bassins seulement à 15 m de profondeur. Mais les entonnoirs d'une mégatonne ou plus ne sont pas nécessaires; la tranchée de quelques centaines de mètres de profondeur que représente l'illustration de la page 83 donnera un fond plus régulier et pas plus coûteux.

L'ouverture de canaux par explosions nucléaires justifie les projets les plus grandioses, non seulement le détournement des fleuves sibériens vers la mer d'Aral et la Caspienne mais celui des fleuves du bassin du Congo vers le Tchad. On franchira aussi aisément le seuil de 500 m qui sépare de l'Oubangui le bassin du Chari que le seuil de moins de 200 m entre la Sibérie et le Kazakhstan.

L'énormité des sections qu'on peut obtenir, sans supplément de prix, dans les roches qui n'exigent pas de revêtement, bouleverse l'économie des tunnels. L'objection tenant à l'évacuation de l'oxyde de carbone des tunnels routiers de grande longueur disparaît. A cet égard, le tunnel sous la Manche ne poserait pas de problèmes plus difficiles que celui du Mont-Blanc.

Le canal reliant le golfe de Gabès aux chotts Melrhir et Djerid peut être exécuté aussi économiquement, en raison du faible peuplement de la région, sous la forme d'un chapelet d'entonnoirs géants que sous celle d'une tranchée de section régulière. Mais tel n'est pas le cas du canal des Deux-Mers, même si l'on accepte le nouveau tracé, très au sud de la Garonne, suggéré par M. Noël Lebréc; le prix des terrains rend à la construction en tranchée tout son avantage par rapport à celle en chapelet d'entonnoirs.

Les projets de réchauffage régional que nous avons présenté dans notre livre de 1956

transposaient un projet de M. Markine. Fermer le détroit de Behring; pomper au travers du barrage l'eau chaude du Pacifique pour l'envoyer dans l'Arctique par le moyen d'une énergie atomique à bas prix; détruire ainsi les anticyclones sibérien et canadien d'hiver pour rendre à la culture d'immenses territoires abandonnés aujourd'hui à la forêt et à la toundra; tel était la proposition initiale, qui prête à de graves objections.

Mais elles ne subsistent pas pour deux projets plus modestes. Le premier, qui ne suppose même pas l'emploi d'explosions nucléaires pour les barrages, demandait le réchauffage de la Manche et de la mer du Nord au contrôle des courants de marée dans le Pas-de-Calais. Il est longuement traité dans notre livre et nous n'y reviendrons pas.

Le deuxième, au contraire, réclame une exécution par explosions nucléaires en raison des fonds qui dépassent 200 m. L'océan Arctique reçoit un courant chaud, qu'on persiste à appeler Gulf Stream malgré les océanographes, et renvoie en retour trois courants froids: le premier vers le Pacifique au détroit de Behring, celui que veut inverser M. Markine; le deuxième vers l'Atlantique, entre le Groenland et le Canada, par la baie de Baffin; le troisième entre le Groenland et l'Islande. L'arrêt du deuxième, qui vaut au nord-est du continent américain, du cap Hatteras au Labrador, son dur climat hivernal, demande la fermeture de quelques passes entre les îles du Grand Nord canadien. Son inversion serait préférable; elle permettrait la circulation des eaux chaudes de l'Atlantique par le jeu des courants de marée; elle réclame des barrages partiels en « entrée de nasse » laissant passer les courants dans un sens et les arrêtant en sens contraire sous l'effet des courants de retour transversaux. De tels ouvrages, amortis en moins d'une année au prix des explosions thermonucléaires, transformeraient entièrement le climat et l'économie de l'Amérique du Nord et du Groenland; ils rendraient à l'agriculture des millions de kilomètres carrés.

Telles peuvent être un jour prochain, quelques-unes des perspectives à attendre des méthodes de terrassement qui vont s'élaborer sur les côtes de l'Alaska.

Camille ROUGERON

(1) « Les Applications de l'Explosion Thermonucléaire » (Ed. Berger-Levrault).