

Journées de la mécanique des roches

Paris, 17-18 juin 1957

Compte rendu par INICHAR

L'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics et la Société de l'Industrie Minérale ont organisé les lundi 17 et mardi 18 juin 1957 sous la Présidence de M. A. Mayer, Ingénieur Général des Mines, Président du Centre d'Etudes et de Recherches de l'Industrie des Liantes Hydrauliques, deux journées consacrées à des communications techniques relatives à des problèmes touchant à la mécanique des roches.

Les réunions ont eu lieu à Paris, dans la Salle des conférences de la Fédération nationale du Bâtiment, et groupaient, outre quelques personnalités étrangères invitées, des ingénieurs français des travaux publics et des ingénieurs des mines.

Dans son introduction aux Journées, M. Mayer rappela que la connaissance des roches était fondamentale aussi bien pour les uns que pour les autres et que trop souvent encore l'empirisme seul guidait le choix des soutènements ou des méthodes d'abatage dans les travaux souterrains. C'est dans le but de promouvoir des recherches dans ces domaines que les organisateurs ont rassemblé pour un premier colloque des spécialistes issus de divers laboratoires ou industries. Ils avaient pour mission de diffuser les plus récentes acquisitions de la science et de la technique en matière :

de pression et mouvement de terrains,
de consolidation des roches par boulonnage,
et de propriétés mécaniques des roches lors de l'emploi d'explosif en carrière.

Des spécialistes de chacune de ces disciplines ont souvent des problèmes identiques à résoudre et ignorent fréquemment les solutions qui ont été apportées à ces problèmes par leurs collègues.

Nous analyserons successivement les rapports présentés dans l'ordre ci-après :

- R. J. CCEUILLET : Le soutènement en galerie et la mécanique des roches.
- B. SCHWARTZ : Déplacement du rocher en place dans les exploitations charbonnières.
- P. HABIB : Mesures de contraintes dans les piliers d'une carrière de craie.

- E. TINCELIN et SINOU : Exemple d'application des mesures de pressions de terrain entreprises dans les mines de fer de Lorraine.
 - H. LABASSE : Les propriétés mécaniques des bancs.
 - J. TALOBRE : Fissuration et hétérogénéité des roches.
 - L. OBERT : Comparaison des propriétés physiques des roches déterminées au laboratoire et in situ.
 - G. EVERLING : Mesures dans des trous de sonde forés dans le massif de charbon.
 - B. KUJUNDZIC : Essais de mesure des caractéristiques des roches en place.
-

- E. L. J. POTTS et J. D. JENKINS : Le boulonnage du toit, les mouvements des couches et les propriétés des roches.
 - P. VOLUMARD et M. BASTIDE : Ancrage du toit avant abatages à St-Pierre Cognet.
 - GLOSSOP : Note sur l'excavation d'une grande salle dans le roc pour l'aboutissement du nouveau câble transatlantique à Oban en Ecosse.
 - A. J. BARRY, L. A. PANEK et E. THOMAS : Le boulonnage du toit aux Etats-Unis.
 - A. W. SIMONDS : L'emploi des boulons d'ancrage pour stabiliser les pentes rocheuses.
-

- H. MALAN : Emploi des explosifs en carrière.
- J. TALOBRE : Essais pour la mesure des ébranlements dus au tir.
- BOLLO : Procédés pour l'étude expérimentale de l'effet du tir sur les roches.
- L. DEFFET et C. BOUTRY : Etude cinématographique de tirs en masse.
- W. J. DUVALL et T. C. ATCHISON : Bris d'une roche avec des charges concentrées enfermées.

Le soutènement en galerie et la mécanique des roches

par

R. J. CCEUILLET

Depuis l'origine de l'humanité, les mineurs creusent des galeries dans pratiquement tous les genres de terrains. C'est dire qu'à défaut de connaissance scientifique la profession possède et s'appuie sur une tradition séculaire, faite d'empirisme et de bon sens, parfois assimilée au point de produire d'excellents réflexes, d'excellentes intuitions. C'est plutôt par instinct que l'on recherche le compromis le plus économique entre le désir d'un soutènement bon marché et la nécessité d'une résistance suffisante limitant les travaux d'entretien et de réparation.

Deux méthodes sont ici possibles.

La première est faite d'observations et de déductions immédiatement utilisées ; nous l'appellerons celle du chef porion. Trois facteurs doivent nous guider :

- 1) l'observation de l'orientation des déformations principales (fonction notamment du pendage, des caractéristiques mécaniques des roches, des travaux en cours au voisinage) ;
- 2) la mesure de ces déformations (au moins leur estimation) ;
- 3) l'adaptation du soutènement aux circonstances locales en fonction des possibilités technologiques réelles du soutènement.

La seconde méthode, plus ambitieuse, consiste en un véritable calcul du soutènement : nous commençons à peine à y songer. Pour aboutir à des résultats utilisables, il est indispensable de créer des méthodes simples, commodes, pas trop lourdes, qui puissent être utilisées aisément tous les jours par tout le monde.

Pour y parvenir, nous avons besoin de notions sur :

- a) la pression au sein du massif ;
- b) la résistance réelle du soutènement : le Cerchar commence à faire en laboratoire des mesures de dispersion sur certains des soutènements les plus utilisés. Nous espérons en tirer quelque amélioration de ces matériels... voire la rédaction d'un cahier des charges, et surtout des notions sur leurs limites d'emploi ;
- c) les qualités des roches encaissantes : quelques essais vont commencer au laboratoire des Travaux publics, dont le but est de raccrocher les caractéristiques mécaniques mesurées sur de petits échantillons, au milieu microscopique qu'est l'environnement d'une galerie. La dispersion sera bien sûr considérable, mais nous nous contenterions d'ordres de grandeur.

Quoi qu'il en soit, nous possédons déjà des éléments de calcul de soutènement circulaire continu ou discontinu. Si l'on constate pratiquement que les cintres se déforment, cela tient aux circonstances suivantes :

- leur forme non circulaire ;
- le régime de sollicitation non uniforme ;
- les irrégularités de pose et de serrage, la dispersion des résistances au coulissement.

En ce qui concerne le comportement du terrain, on peut imaginer trois cas limites :

- terrain ferme qui se pulvérise ;
- terrain déjà pulvérulent ;
- terrain cohérent semi-plastique.

Aucun cas réel ne correspond exactement à ces trois cas limites. Mais la plupart du temps, la détermination du soutènement d'un ouvrage souterrain peut se raccrocher approximativement à l'un d'entre eux et est d'ores et déjà utilisable.

En conclusion, bien des théories classiques de résistance des matériaux et de mécanique des sols sont déjà utilisables en exploitation des mines dans le calcul et la détermination du soutènement, mais elles ne constituent que des méthodes d'analyse et de calcul qu'il nous faut adapter pour les rendre pratiques.

Au degré d'approximation qui est le nôtre, le procédé est toujours le même : introduire dans la théorie un nombre de paramètres suffisant, dont on demandera les valeurs à l'expérience pour que, dans un petit domaine autour des conditions locales, l'interpolation et l'extrapolation puissent se faire sans risque de grosses erreurs : la prévision devient alors possible. Bien sûr, on ne peut en rester là.

Mais pour serrer la réalité de plus près, il nous faut continuer l'étude des roches qui nous entourent en cherchant comment les caractéristiques mécaniques, mesurables sur de petits échantillons en laboratoire, sont transposables et utilisables en grand. Ce changement d'échelle est fondamental et la liaison à faire entre le laboratoire et la mine est la tâche essentielle de la décennie à venir, tant sous l'angle résistance des matériaux que sous celui de la technologie du soutènement.

Déplacement du rocher en place dans les exploitations charbonnières

par

B. SCHWARTZ

L'auteur expose la synthèse d'une étude très complète des convergences dans les traçages en ferme.

Tant que le traçage avance, la courbe représentant, en fonction du temps, la convergence d'un doublet quelconque est formée d'impulsions rapide-

ment amorties. Ces impulsions correspondent aux tirs successifs dans le traçage. La première impulsion, la plus importante, est celle du tir « suivant », tir qui suit la pose du doublet. A mesure qu'on s'éloigne dans le temps, les tirs ont de moins en moins d'influence.

A partir du tir suivant, la courbe de convergence est très convenablement représentée par une fonction logarithmique.

Pour s'en assurer, il suffit de la tracer, sur un graphique semi-logarithmique, c'est-à-dire à échelle logarithmique en abscisses.

Entre le tir de pose et le tir suivant, les convergences sont faibles, elles ne démarrent qu'au tir suivant et c'est à partir de là que la courbe est logarithmique.

L'asymptote verticale de la courbe logarithmique (pour $x = oy = \log O = -\infty$, c'est-à-dire l'axe oy) est située (lorsque l'avancement est régulier) à l'instant correspondant au tir qui a permis la pose du doublet.

Lorsque le traçage s'arrête, la courbe s'infléchit : traduite sur le même graphique que la courbe obtenue quand le traçage avançait, c'est encore une droite, mais dont la pente est plus faible que celle de la droite « de marche ». Cependant, il existe une proportionnalité statistique entre les coefficients de la droite « de marche » et de la « droite d'arrêt », la valeur moyenne du rapport est de 0,35.

Ces résultats sont très utiles (notons cependant l'existence de quelques exceptions très intéressantes).

1) au point de vue pratique : on peut, à l'aide de quelques mesures, prédire la convergence d'un doublet pour n'importe quelle date à venir à condition évidemment qu'on reste en vierge.

Au point de vue qualitatif, on peut en conclure que les mouvements sont rapidement amortis. On peut par exemple conclure qu'entre le premier et le deuxième jour, la convergence sera la même qu'entre le premier et le deuxième mois ou entre la première et la deuxième année.

2) au point de vue recherche.

A l'aide de très peu de mesures, on connaît la courbe d'évolution de la convergence d'un doublet. D'autre part, on caractérise cette courbe par un paramètre, ce qui rend le dépouillement rapide et facile.

On voit d'autre part, en s'appuyant sur les résultats précédents, qu'on va pouvoir remettre en œuvre très facilement les mesures absolues, ce qui permettra de distinguer les mouvements du toit des mouvements du mur.

Mesures de contraintes dans les piliers d'une carrière de craie

par

P. HABIB

La Société « Le Blanc Minéral » exploite à Louveciennes une couche de craie protégée des infiltrations d'eau par une couche d'argile.

L'exploitation se fait par galeries de 4 m de largeur séparant les piliers de dimensions variables, de 8 à 20 m de côté en fonction de l'épaisseur de recouvrement, de la qualité de la craie ou des prescriptions administratives.

Le but des essais était de reconnaître la nature et le comportement des piliers, par une analyse des contraintes *in situ*.

L'étude des piliers par auscultation sonique et par la méthode des vérins plats permet de confirmer la stabilité de l'exploitation.

Exemple d'application des mesures de pressions de terrain entreprises dans les mines de fer de Lorraine

par

MM. TINCELIN et SINOU

Un problème important qui se pose actuellement aux Mines de Fer de Lorraine est celui des stots de protection.

Dans un tel stot, l'exploitation du gisement est conduite de façon à éviter tout mouvement du sol en surface, par exemple pour préserver une agglomération ou une voie ferrée ou pour éviter les infiltrations d'eau sous un cours d'eau.

La méthode qui semble à l'heure actuelle être la plus rationnelle est celle des « Ilots ».

Elle consiste à dépiler intégralement le gisement dans des régions aux dimensions restreintes, soit de forme carrée, soit de forme rectangulaire. Les observations et mesures effectuées indiquent qu'il n'y a pas d'affaissement de terrain au jour lorsque les dimensions des surfaces exploitées sont au maximum les suivantes :

pour une surface dépilée de forme carrée, le côté doit rester \leq à $0,4 H$

pour une surface rectangulaire, la largeur doit être \leq à $0,4 H$ et la longueur \leq à H

H étant l'épaisseur du recouvrement en mètres.

La tenue des stots dépend de la rigidité des bandes fermes ceinturant les zones exploitées. Le problème consiste donc à déterminer correctement l'épaisseur de ces bandes pour éviter leur écrasement.

Pour déterminer l'épaisseur des bandes, il est nécessaire de connaître :

a) les caractéristiques mécaniques des roches constituant les bandes fermes ;

b) les charges extérieures engendrées par le poids des roches constituant le recouvrement ;

c) la loi de répartition des contraintes à l'intérieur d'une section droite de la bande.

Il faut aussi implanter correctement les stots par rapport à la zone à protéger en surface et pouvoir estimer la hauteur qu'atteindra, dans les premiers temps après l'exploitation des îlots, la cloche d'éboulement au-dessus de ceux-ci.

L'auteur expose en détail les méthodes qui permettent d'évaluer chacun de ces paramètres et d'établir ainsi des projets d'exploitation à partir de données rigoureuses.

Les propriétés mécaniques des bancs

par

H. LABASSE

Les propriétés des bancs qui entourent les exploitations intéressent au moins autant le mineur que les propriétés mécaniques des roches qui composent ces bancs. L'étude des bancs en place revêt donc un intérêt primordial.

L'exploitation provoque des fissures inclinées sur le plan de stratification, environ $67 \frac{1}{2}^\circ$ dans les épontes, pied au charbon au toit, l'inverse au mur et sensiblement verticales dans la couche. Cette fissuration détermine la déformation lente et saccadée des bancs. Réciproquement, la fissuration est partiellement contrôlée par le soutènement.

Quant au boulonnage, il rend solidaires des bancs qui, pris isolément, ne supporteraient pas une si forte charge ou une si grande portée. Le boulonnage augmente donc apparemment la portée des bancs, mais ne les met pas à l'abri d'un effort tranchant excessif qui provoquera la rupture aux appuis (coup de charge).

Les propriétés spéciales des bancs au-dessus des chantiers jouent un rôle des plus importants en exploitation. Grâce aux différences de flexibilité, un banc se pose sur le banc sous-jacent s'il est plus flexible que ce dernier ou s'en décolle s'il est plus raide.

Il en résulte que le toit au-dessus d'une taille est constitué d'une série de trains de bancs séparés les uns des autres par un vide, vide dans lequel le grisou et l'eau peuvent circuler, où on peut les capter et qui explique pourquoi la charge sur le soutènement dans l'atelier de travail est nettement inférieure au poids des terrains qui surplombent.

Fissuration et hétérogénéité des roches

par

J. TALOBRE

Il est possible de tenir compte de la fragmentation naturelle des roches. Aux faibles pressions

tout particulièrement, le réseau de diaclases, dont l'importance est primordiale, peut faire l'objet d'un relevé sur diagramme de Wulf.

De cette façon, on met en évidence les directions de compressibilité maximum et l'on décelé les directions probables de déformation.

Comparaison des propriétés physiques des roches déterminées au laboratoire et in situ

par

L. OBERT

Trois types d'analyses ont été exécutés :

— comparaison des contraintes calculées dans des galeries de mine où l'on a constaté des ruptures à la valeur de la résistance de la roche mesurée au laboratoire ;

— creusement d'une chambre expérimentale dans le terrain et agrandissement de cette chambre jusqu'à la rupture. Mesure des déformations et calcul des contraintes ;

— creusement d'une chambre de grandeur normale dans le terrain et augmentation artificielle de la charge au toit par insufflation d'air, jusqu'à la rupture.

En conclusion, la valeur déterminée au laboratoire de la résistance à la compression de la roche concorde d'une manière satisfaisante avec celle qui est déterminée in situ.

Il n'en est pas de même pour le module de Young.

Mesures dans des trous de mines dans le massif de charbon

par

G. EVERLING

Les mesures des déformations de trous de mine dans le charbon et les épontes donnent les variations de pression lors de l'abatage.

C'est ce que l'on a étudié dans le cas de la couche Girondelle à Neumühl.

Toutefois, le nombre restreint de détenteurs a rendu difficile le dépouillement des résultats. C'est pourquoi, on a entrepris d'examiner les mouvements des roches à l'aide de clichés de cassures et de clichés tridimensionnels de déformations et apparition de cassures dans le charbon et les épontes.

Essais de mesure des caractéristiques des roches en place

par

B. KUJUNDZIC

Le problème du calcul du revêtement des galeries en charge tire son importance du grand nombre

de tunnels dont on a entrepris le creusement en Yougoslavie après la deuxième guerre mondiale.

Différentes méthodes d'investigation ont été éprouvées.

La première, celle des vérins ou presses hydrauliques, a été abandonnée malgré sa simplicité parce qu'elle ne s'applique qu'à de petites surfaces, produisant des effets de poinçonnement et ne faisant sentir l'effet de la charge qu'à faible profondeur.

La méthode du vérin plat de grande dimension a été préférée, malgré l'introduction d'une erreur due au colmatage de la fente d'expérience par du béton. La mesure des déformations dans une galerie au moyen d'une presse agissant radialement est intéressante, mais ne donne qu'une indication approximative vu la longueur restreinte de la galerie soumise à l'essai. Enfin la méthode géoséismique est rapide, peu onéreuse et ne trouble pas les travaux.

Les essais exécutés dans les laboratoires ont conduit à la conclusion que le module d'élasticité mesuré de cette manière diffère de celui que l'on observe en place. De là, l'orientation générale vers les essais sur le terrain.

Les mesures de résistance des roches en laboratoire ont permis de classer les roches examinées en roches dures ne se déformant pas, ou se déformant élastiquement, et en roches (schistes) à grandes déformations permanentes.

Une autre conclusion des essais réalisés en Yougoslavie est que le lieu géométrique des extrémités des secteurs de déformation radiale est une lemniscate et non une ellipse. Quant au module d'élasticité de la roche, il est trouvé différent selon qu'on le détermine par une méthode statique ou par une méthode dynamique; il est dans ce dernier cas plus élevé.

Des essais de cisaillement sur blocs de schiste argilo-sableux ont conduit à des valeurs de $\varphi = 41^\circ$ et $k = 1,33 \text{ kg/cm}^2$, respectivement pour le frottement interne et pour la cohésion.

L'Institut Hydrotechnique de Belgrade a inscrit dans son programme d'essais le problème du parallélisme probable entre l'anisotropie mécanique et l'anisothermie.

Le boulonnage du toit Les mouvements des couches et les propriétés des roches

par

E. L. J. POTTS et J. D. JENKINS

La connaissance de ces contraintes dans le massif entourant les vides, la mesure des déplacements des appuis et des efforts nécessaires pour en rester maître devraient être à la base du calcul des soutènements. La détermination des charges sur les

soutènements et des mouvements des couches est nécessaire pour connaître les effets d'un dispositif quelconque tel que le boulonnage par exemple. Les résultats des mesures devraient permettre de prévoir le comportement du soutènement dès que l'on connaît les propriétés de la roche.

C'est dans cet esprit que les auteurs ont entrepris des recherches tant dans le fond qu'au laboratoire dans les domaines suivants :

- efficacité du renforcement par boulons d'un milieu constitué par plusieurs couches superposées ;
- caractéristiques des boulons et leur mode d'action ;
- déplacements des boulons et modification des tensions après la pose dans une voie d'accès à la taille.

En conclusion, la mesure des charges supportées par les boulons renseigne le mineur sur les mouvements des bancs renforcés.

Ancrage du toit avant abatages à St-Pierre Cognet

par

P. VOLUMARD et M. BASTIDE

La méthode consiste à forer des trous rayonnant autour de la petite section en avant du front.

Chaque mine dépasse le gabarit définitif d'excavation. Des fers légèrement ondulés sont poussés au fond des trous, en dehors de la zone à abatre. La partie forcée renfermant la barre est alors injectée d'un coulis de béton. Un obturateur en caoutchouc permet de laisser libre la partie inférieure des trous qui servira au sautage de la roche.

Signalons à l'actif de la méthode : amélioration de la sécurité, gain de temps et réduction du cubage de béton employé auparavant à remplir des vides.

Note sur l'excavation d'une grande salle dans le roc pour l'aboutissement du nouveau câble transatlantique à Oban en Ecosse

par

Mr. GLOSSOP

Il s'agit en fait de deux galeries d'équerre dont la plus longue mesure 62 mètres. La roche est une grauwaacke passant à du grès ou du poudingue, avec quelques lits de lave basaltique.

Des failles et diaclases rendaient les travaux dangereux par chute de pierre tombant du toit. On estime que l'ancrage par boulons a augmenté la sécurité et permis le montage des cadres de soutènement sans interruption.

Le boulonnage du toit aux États-Unis

par

A. J. BARRY, L. A. PANEK et E. THOMAS

Le boulonnage du toit a pris une place prépondérante aux E.-U. Dans l'exploitation souterraine du charbon bitumineux, plus de 35 % de la production de 1956 (5376 millions de tonnes) ont été extraits avec ce type de soutènement.

Les facteurs qui limitent l'emploi du boulonnage sont :

- les prix élevés par rapport au soutènement en bois très utilisé dans les petites mines ;
- les limites à la résistance de l'ancrage des boulons.

Dans le cas de roches stratifiées horizontalement, la pose des boulons ne donne lieu à aucune difficulté et elle est fixée par le « Bureau of Mines ». Le point capital semble être l'application d'une tension convenable au moment de la pose. A cet effet, le mieux est d'utiliser une clé dynamométrique du commerce et de suivre les formules enseignées par le dépouillement des résultats pratiques.

L'objectif des essais actuels de laboratoire sur modèles de boulonnage au toit est une généralisation de l'équation de pose de boulonnage du toit au type le plus général de toit stratifié, c'est-à-dire au toit formé de bancs d'épaisseurs et de modules d'élasticité variables. Ceci comprend le cas limite de la suspension de bancs fragiles à un banc solide ou épais.

Les objectifs des recherches actuelles au fond sont :

- 1) déterminer si la flèche d'un toit boulonné et les mesures de tension des boulons peuvent être utilisées comme critères pour évaluer la stabilité du toit ;
- 2) déterminer si un changement dans le schéma de boulonnage a un effet sur la flèche du toit et/ou la tension des boulons.

L'emploi des boulons d'ancrage pour stabiliser les pentes rocheuses

par

A. W. SIMONDS

Cette note décrit deux procédés employés pour stabiliser de grandes dalles rocheuses sur des chantiers au jour.

Le premier des travaux décrits a comporté l'emploi de boulons d'ancrage en acier soumis à précontrainte avant d'injecter du mortier dans la fissure existant entre la dalle rocheuse et le massif d'appui.

Dans le second procédé de stabilisation décrit, on a scellé des gougeons d'acier dans des trous

forés dans le massif adjacent, sans utiliser de précontrainte.

Emploi des explosifs en carrière

par

H. MALAN

Sur la base de considérations théoriques relatives au processus d'explosion lui-même, l'auteur définit les critères de la meilleure utilisation des explosifs. Il rappelle les procédés de la mine horizontale que l'on délaisse au profit de l'abatage par mines verticales profondes.

La méthode est étudiée dans le détail : perforation des trous de mines, disposition de ces trous, choix de l'explosif, calcul des charges, mise en place des explosifs et amorçage, critique des résultats du tir.

L'emploi des amorces à micro-retard étale les ondes de choc partielles qui, sans cela, donnent leurs effets simultanément au détriment de la sécurité (ébranlements).

Essais pour la mesure des ébranlements dus au tir

par

J. TALOBRE

L'explosif ébranle les roches entourant les galeries. Il en résulte des microfissurations accélérant l'altérabilité. On décèle ces effets destructeurs de la roche en constatant, après un premier tir, que les ondes à haute fréquence ne passent plus bien dans le rocher ébranlé au cours de la phase brisante de l'explosion.

L'auteur poursuit, en collaboration avec les géophysiciens et les minéralogistes, l'examen de méthodes et appareils destinés à définir, si cela est possible, un rayon pratique d'altération autour des points d'explosion et un rayon pratique de remaniement en deçà duquel les propriétés mécaniques du terrain sont nettement affaiblies.

Il est certain que la connaissance, même approximative de ces deux distances peut rendre de grands services dans le choix du soutènement ou du revêtement d'une galerie.

Procédés pour l'étude expérimentale de l'effet du tir sur les roches

par

Mr. BOLLO

L'auteur décrit sommairement quelques expériences réalisées avec des capteurs à masse inerte et des extensomètres.

Les essais ont permis de reconnaître l'état du rocher par l'étude des célérités des ondes élastiques et de ses fréquences initiales.

Les ondes de tension s'amortissent plus rapidement que les ondes de déplacement.

On a, d'autre part, observé des tensions instantanées fortes dans des zones apparemment non perturbées par l'explosif.

Etude cinématographique de tirs en masse

par

L. DEFFET et C. BOUTRY

La cinématographie à cadence normale s'avère très utile pour l'étude des tirs d'exploitation en carrière.

Cette méthode permet, par l'examen combiné de la projection des films et des vues extraites de ces films, d'obtenir des renseignements que toute autre expérimentation est incapable de fournir.

Quelques exemples montrent l'influence de la méthode de tir sur la fragmentation (détonateurs à retard, mines étagées) et d'établir avec certitude le déroulement d'un tir en masse.

L'étude de questions plus particulières a été également fructueuse.

Bris d'une roche avec des charges concentrées enfermées

par

W. J. DUVALL et T. C. ATCHISON

L'auteur relate les essais sur barreau ayant mis en évidence le mode de fragmentation de la roche soumise à l'onde de choc d'une explosion.

Des essais pratiques d'explosion à faible profondeur sous la surface du sol ont permis de préciser quelques facteurs du mécanisme de fracturation : nature de la roche, type et quantité d'explosif, profondeur d'enfouissement etc...).