

DEUXIÈME NOTE

SUR DES

MOUVEMENTS SPONTANÉS DES ROCHES

dans les mines, les carrières, etc.

PAR

A. HANKAR-URBAN

Directeur-gérant des Carrières de Quenast.

Dans la séance du 20 juin 1905 (1), j'ai eu l'honneur d'attirer l'attention de la Société sur des ruptures spontanées de roche, des explosions naturelles que l'on a parfois l'occasion d'observer dans les carrières, et notamment à Quenast. J'ai cru pouvoir rapporter ces dernières à la pression latérale résultant de la contraction de l'écorce terrestre, ainsi que l'avait fait, du reste, M. le professeur Niles, de Boston, pour des phénomènes analogues, mais beaucoup plus intenses, constatés aux États-Unis.

Dans la discussion qui a suivi l'exposé de ma première note, M. van den Broeck a émis le vœu de voir entreprendre des recherches en vue d'établir la part que la dilatation due à la chaleur pourrait avoir dans la production des *bendons*.

J'ai pu constater qu'en soumettant le porphyre à l'action de la flamme d'un feu de bois, on déterminait l'éclatement de plaquettes de $\frac{1}{2}$ à 2 centimètres d'épaisseur, dont les dimensions en longueur et en largeur variaient le plus souvent de 10 à 30 centimètres. J'ai obtenu, en opérant sur un bloc de $4^m50 \times 3^m00 \times 2^m25$, outre cet écaillage

(1) Note sur des mouvements spontanés des roches dans les carrières. (BULL. DE LA SOC. BELGE DE GÉOL., DE PALÉONTOL. ET D'HYDROL., t. XIX, Mém., pp. 527-540.)

superficiel, la fente à peu près complète, du haut en bas, du bloc en deux parties.

Ces constatations n'éclaircissent guère la question, car il y a un grand écart entre la température nécessaire pour produire ces ruptures et celle que peut donner le soleil dans nos climats.

On a, il est vrai, signalé à plusieurs reprises (1) que les alternatives de chaud et de froid provoquent parfois l'éclatement de cailloux, l'écaillage de parties superficielles de roche en place qui détache de celle-ci, quelquefois avec détonation, des dalles aplaties ou lenticulaires ayant jusqu'à 10 pieds de diamètre. Mais ces phénomènes ne se produisent que dans les régions où les écarts de température sont considérables et brusques.

Comme je n'ai rien à ajouter à ce qu'en a dit et rappelé M. Merrill dans son excellent traité, ni à la bibliographie très complète qu'il en a donnée, je me bornerai à y renvoyer le lecteur.

En outre, la dilatation superficielle due à l'action du soleil ne peut, selon moi, être invoquée pour expliquer la production des *bendons* de Quenast que comme une cause tout à fait accessoire, pour les raisons suivantes :

1° Les *bendons* ne se produisent jamais que dans les pseudo-bancs de la roche ayant à peu près la direction ONO-ESE;

2° Le personnel avait depuis longtemps constaté que sur un front d'attaque ainsi orienté les mines produisaient, suivant cette direction, des effets beaucoup plus importants que ne le comportait leur charge de poudre;

3° Les *bendons* se produisent en toute saison, parfois en des points soustraits à l'action du soleil et même parfois sous l'eau;

4° Il serait difficile d'admettre que cette dilatation ait pu produire l'éclatement de la roche simultanément en deux points distants d'un mètre, comme cela a eu lieu dans un cas que j'ai cité.

Pour en finir avec les phénomènes de Quenast, je ferai remarquer que la direction ESE-ONO de la pression hypothétique à laquelle je les rapporte correspond sensiblement avec celle qu'impliquent les plissements relativement récents, dont M. Marcel Bertrand (2) prétend retrouver la trace sur les fonds de la mer du Nord, au large de nos côtes. La carte qu'il en a dressée montre en effet que l'un des

(1) GEORGE P. MERRILL, *A treatise on rocks, rock-weathering and soils*, pp. 180-184.

(2) *Sur la continuité du phénomène de plissement dans le bassin de Paris*. (BULL. DE LA SOC. GÉOL. DE FRANCE, pp. 118-163.)

systèmes de plis de son réseau orthogonal est, en face des côtes belges, orienté à peu près SSO-NNE. Je n'insiste pas, parce que les vues de M. Bertrand ne sont pas admises sans réserves et qu'en tout cas, leur application à la mer du Nord ne serait possible que si les plissements qu'il croit y voir correspondaient à d'autres plus ou moins parallèles de nos terrains tertiaires et de ceux de l'Angleterre.

M. le professeur Mac Kennedy Hughes a signalé, il y a quelques années (1), des phénomènes qui se produisent dans diverses carrières de calcaire du Yorkshire et qui paraissent analogues à ceux que j'ai rapportés dans ma première note : Lorsqu'on frappe au moyen d'un pic la roche des bancs inférieurs des carrières, des fragments volent en l'air dans des directions inattendues. Lorsqu'on creusa dans le voisinage de l'une de ces carrières un tunnel pour le chemin de fer, les mêmes faits se produisirent à la partie inférieure de l'ouvrage.

M. Kennedy Hughes croit que, dans les deux cas, l'explication est la suivante : la masse de calcaire non encore exploitée autour de la carrière pèse sur les phyllades sous-jacents qui cèdent comme un fluide

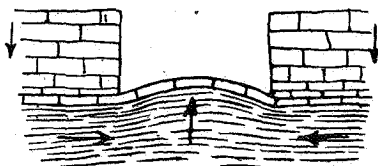


FIG. 4.

sous la pression, tandis que ceux du fond de l'excavation, soulagés de ce poids, remontent en courbant les bancs de calcaire du fond de la carrière qui présentent en conséquence des tensions anormales.

J'ai peine à admettre, pour ma part, que des phyllades, même peu résistants, puissent présenter un flux aussi marqué sous le seul poids de la masse de pierre non exploitée, qui n'atteint probablement pas 400 mètres de hauteur, soit sous une pression bien inférieure à 30 kilogrammes par centimètre carré. Il ne m'est du reste pas possible, faute de renseignements précis, de dire si la pression latérale peut être invoquée.

(1) Prof. T. MAC KENNEDY HUGHES, *Bursting rock surfaces*. (THE GEOL. MAGAZINE, 1887, pp. 511-512.)

Quoi qu'il en soit, si les mouvements spontanés constatés dans les carrières, où les causes possibles sont peu nombreuses et l'observation relativement facile, donnent déjà lieu à des divergences d'interprétation, il n'y a rien d'étonnant à ce que ceux qui se produisent dans les mines, où les facteurs sont bien plus complexes, aient provoqué des opinions variées et parfois radicalement opposées les unes aux autres quant aux causes.

Je citerai quelques exemples afin de permettre d'apprécier les faits ainsi que les explications qui ont été données :

En 1887, M. Aubrey Strahan reprit dans un mémoire très complet (1), que je résume ci-après, les travaux antérieurs au sujet d'explosions plus ou moins spontanées de roches que l'on constatait depuis un siècle et demi dans certaines mines du Derbyshire (Eyam, etc.).

Les filons explosifs se composent d'un ensemble dur et compact de calcite, de fluorine, de barytine et de galène; pour certains observateurs, *la roche semble être sous pression*. Ces filons sont généralement divisés en deux ou trois parties par des *miroirs de faille* qui coupent indifféremment la barytine, la galène, etc. Les surfaces de friction sont ondulées, polies comme des miroirs et en contact intime, mais sans adhérence. Les épaisseurs indiquées dans un cas sont de 8 à 10 pouces pour les deux parties productives du filon, séparées l'une de l'autre par une bande de calcite compact de 1 1/2 pouce.

C'est en entamant ce filon au moyen du pic et en y traçant, par exemple, des sillons de 4 pouces de profondeur, à 6 pouces de distance l'un de l'autre, et de haut en bas, que les ouvriers provoquent à *volonté* une explosion. Celle-ci se produirait quelques minutes après la création des entailles.

Ces explosions sont parfois très importantes et auraient même produit, en 1758, un pseudo-sisme ressenti à la surface (?). Le sautage des mines dans le voisinage du filon ainsi que le travail de perforation y provoqueraient aussi parfois, quelque temps après, des explosions naturelles. M. Pilkington, qui signala, en 1879, ces caractères explosifs de certaines roches du Derbyshire, ajoute qu'*on dit qu'elles perdent ces caractères quelque temps après leur extraction* (2).

On a dit aussi que les explosions ne se produisaient que là où il y a des schistes sous-jacents.

(1) AUBREY STRAHAN, *An explosive slickenside*. (THE GEOL. MAGAZINE, 1887, pp. 400 et suiv.)

(2) Ce point ne semble malheureusement pas avoir fait l'objet de vérifications.

En 1845, M. W. Adam émet l'hypothèse que ces phénomènes seraient dus à la chaleur développée par les frictions que révèlent les miroirs de faille, l'échauffement étant suivi d'un refroidissement brusque.

Lyell, dans la sixième édition de ses *Éléments de géologie*, suppose que les explosions en question pourraient être dues à des actions électriques résultant de ces mêmes frictions. Cette explication n'est plus reproduite dans les éditions suivantes.

Après avoir relaté les faits et les interprétations résumés ci-dessus, M. Aubrey Strahan ajoute :

« La première explication que je puis offrir, c'est que les parties du filon comprises entre deux surfaces de friction sont comparables à de larges feuilles d'un verre très fragile placées sur leur tranche ; un léger choc dans le bas suffit pour jeter à terre toute la feuille en menus morceaux ; mais il ajoute que cela ne rend pas compte du pouvoir explosif du filon.

» Secondement, il est connu de tous les hommes de métier que les schistes mis récemment à nu gonflent et se délitent par l'action de l'air et de l'humidité, ce qui est dû probablement à une modification des sels de fer contenus dans la roche. Cette altération pourrait produire un état de tension tel qu'un simple choc pourrait déterminer une explosion. »

Mais dans le cas des filons spathiques, on ne constate aucune modification de ce genre.

L'explication qui, dit-il, répond peut-être le mieux aux conditions du problème est que *les spaths sont dans un état de tension moléculaire rappelant celui des larmes bataviques et résultant des mouvements de l'écorce terrestre qui ont produit les surfaces de friction.*

L'assimilation aux larmes bataviques des roches présentant des caractères explosifs a été, nous le verrons, mise en avant par plusieurs auteurs. Pour qu'elle ait quelque valeur, il faut qu'il y ait réellement *tension intérieure*, indépendamment des pressions exercées par les diverses parties de roche les unes sur les autres. Dans un massif, la continuité de la roche (ou des roches) est, en effet, souvent rompue par des plans de cisage, des joints, des fissures, qui le découpent en blocs d'importance variable, plus ou moins isolés les uns des autres. Des tensions constatées dans un bloc peuvent résulter des actions qu'exercent sur lui ou lui communiquent les blocs voisins, ou bien, au contraire, lui être propres.

Dans le second cas seulement, l'assimilation aux larmes bataviques

est justifiée; mais on doit alors retrouver ces tensions intérieures dans le bloc après qu'on l'a isolé.

Si l'observation rapportée par M. Pilkington et rappelée ci-dessus est exacte, ce serait le cas des roches d'Eyam et cela justifierait l'assimilation faite par cet auteur; mais je dois ajouter que cette observation est, à ma connaissance, tout à fait unique et incertaine, et cela est regrettable, car elle est capitale pour l'interprétation du caractère explosif de ces roches constaté par tant d'observateurs.

Dans la région des Hillgrove gold fields (Nouvelle Galles du Sud), où l'on exploite des filons de quartz aurifère, les phyllades encaissants présentent dans certaines parties des caractères nettement explosifs qui ont, à diverses reprises, attiré l'attention des géologues et des ingénieurs des mines.

M. E. C. Andrews, géologue de l'État, signale, dans son *Report on the Hillgrove gold fields* (1), que, dans une zone de ces phyllades que l'on rencontre en plusieurs points des filons exploités dans la concession de Baker's Creek (2), lorsque l'on frappe la roche au moyen d'un pic ou qu'on la perfore à la machine, elle est sujette à sauter avec violence dans toutes les directions.

Un jour, un bloc, traversant un boisage formé de madriers de 3 pouces sur 2, coupa en deux le corps d'un homme.

Les bois placés normalement aux parois sont fréquemment écrasés, ou bien la roche tout autour du pied d'un poteau est chassée vers l'extérieur, ne lui laissant pour appui qu'une petite semelle d'ardoise.

Les jours qui précèdent une explosion, il se produit dans les mauvaises zones d'ardoise des « crachements »; des fragments sautent de temps en temps. Il ne faut alors qu'un fort coup de marteau ou le choc du fleuret d'une perforatrice pour provoquer une explosion.

Le phyllade explosif se présente en grandes dalles polies à l'extérieur; à l'intérieur il ne diffère pas d'une ardoise dure et noire ordinaire; il montre la schistosité habituelle de la région, mais en se brisant il donne une fracture conchoïdale singulièrement contournée.

(1) Rapport publié par le Département des Mines et de l'Agriculture de la Nouvelle-Galles du Sud. (MINERAL RESSOURCES, 1900, n° 8, pp. 17-19.)

(2) Pour autant que j'ai pu en juger par les données du travail de M. Andrews, l'un des points où se rencontre cette zone est situé à environ 300 mètres sous le flanc de la vallée

M. Andrews rappelle que certains observateurs ont attribué le caractère explosif du phyllade de Hillgrove à une fusion de l'ardoise qui aurait produit dans la roche un état de tension analogue à celui que montrent les larmes bataviques.

Cette hypothèse est insoutenable, car le phyllade n'a subi aucune action ressemblant à une fusion et, du reste, à la grande profondeur à laquelle il se trouvait, le refroidissement eût été lent au lieu d'être brusque comme dans le cas des larmes bataviques.

L'hypothèse de gaz occlus n'est pas admissible non plus, la roche n'en montrant pas trace.

M. Andrews croit que le phénomène résulte simplement d'une forte pression produite probablement par les forces mises en jeu par les différentes intrusions granitiques dont la région a été le siège.

Lorsqu'on creuse une galerie dans une partie d'ardoise ainsi fortement comprimée, on ne constate que des « crachements » ou de petites explosions, parce que les parois voisines et les autres forces maintiennent la roche (?). Mais, à mesure que le travail d'abatage se poursuit et supprime de plus en plus de ces soutiens, l'état d'équilibre est atteint et le moindre coup de marteau peut produire une désastreuse explosion.

Ces phénomènes peuvent atteindre une grande intensité, ainsi que l'a signalé M. Jaquet, inspecteur des mines de la Nouvelle Galles du Sud. Dans son rapport du 26 janvier 1905 (1) au sous-secrétaire d'État pour les mines et l'agriculture, cet ingénieur relate qu'une violente explosion de roche s'est produite à la mine New Hillgrove Proprietary, à 5 h. 30 du matin, le 15 décembre 1904, qu'elle a été ressentie à 1 à 2 milles à la ronde, comme s'il y avait eu un tremblement de terre, éveillant les habitants de la ville de Hillgrove, bâtie sur le plateau à plus de 1 mille de distance et à plus de 2 000 pieds au-dessus du point où s'était manifesté le phénomène.

La principale galerie inclinée de la mine fut déplacée et endommagée entre les étages nos 6 et 7, — sur 70 pieds de hauteur, — la galerie Nord de l'étage n° 6 fut détruite, les boisages brisés et la roche subit un déplacement dans la mine voisine (celle de Baker's Creek). L'aire affectée fut de 300 pieds de long sur 100 de haut.

Ces explosions soudaines sont depuis longtemps une source d'anxiété.

(1) Publié dans le *Rapport annuel du département des Mines de la Nouvelle-Galles du Sud* pour 1903, pp. 72-76.

pour les mineurs de Hillgrove, et leur violence va en augmentant à mesure que la profondeur devient plus considérable (1).

M. Jaquet signale que l'un de ses prédécesseurs, M. Godfrey, avait entrepris des recherches à l'effet de déterminer la cause des explosions, mais qu'il dut interrompre ses études avant d'être arrivé à une conclusion à ce sujet.

Les phyllades dans lesquels se produisent ces phénomènes sont, dit-il, plus ou moins silicifiés et traversés par de nombreux joints remplis de minces dépôts de calcite et qui se coupent sous toutes sortes d'angles; lorsqu'on les frappe au moyen d'un marteau, surtout après un certain temps d'exposition à l'air, ils se brisent en un grand nombre de fragments, mais sans qu'il y ait projection.

Quant à la compression des phyllades par suite de l'intrusion de roches ignées, qui a aussi été invoquée, notamment par M. Andrews, M. Jaquet ne croit pas qu'on puisse l'admettre, car on devrait en retrouver les effets en d'autres points similaires et même dans toute la zone des ardoises altérées, alors qu'ils ne se montrent que dans une zone déterminée de quelques centaines de pieds de long.

M. Jaquet ajoute : « L'explication que je puis donner est que les explosions sont dues premièrement à ce que les parois sont dans un état de tension, et, secondement, à ce que la roche explosive n'est pas susceptible de flexion; elle ne peut que se briser, et lorsqu'elle se brise, elle produit de nombreux fragments. Une ardoise ordinaire, placée dans les mêmes conditions, céderait probablement lentement sous la pression en se bombant vers la galerie ou la taille.

» La roche explosive offre une résistance à la pression aussi longtemps que possible et finit par céder en explosant. Son pouvoir de résistance est diminué par l'action de l'air et par le choc dû au tirage des mines ou à un coup de marteau.

» Dès que l'on entre dans une galerie ouverte dans la roche explosive, on reconnaît que l'ardoise est « raccourcie » et émiettée, et cette altération semble non seulement exister en superficie, mais aussi s'étendre à quelque distance dans l'intérieur de toutes les parois, de sorte que de chaque côté des galeries remblayées, il y a une bande de roche délitée qui cède facilement sous la pression venant du haut et pèse lourdement sur la roche solide qui est au-dessous.

(1) La mine de Baker's Creek avait atteint en 1904 la profondeur de 1 600 pieds. (*Ibid.* pour 1903, p. 92.)

» Par le diagramme ci-joint, je tenterai, dit-il, d'expliquer comment les plus fortes explosions se produisent, lorsque les tailles approchent de bas en haut d'un étage ou d'une galerie. Lorsque la portion restante du toit solide est enlevée et que l'air a accès sur les murailles, les parties d'ardoise non altérées et résistantes deviennent de plus en plus

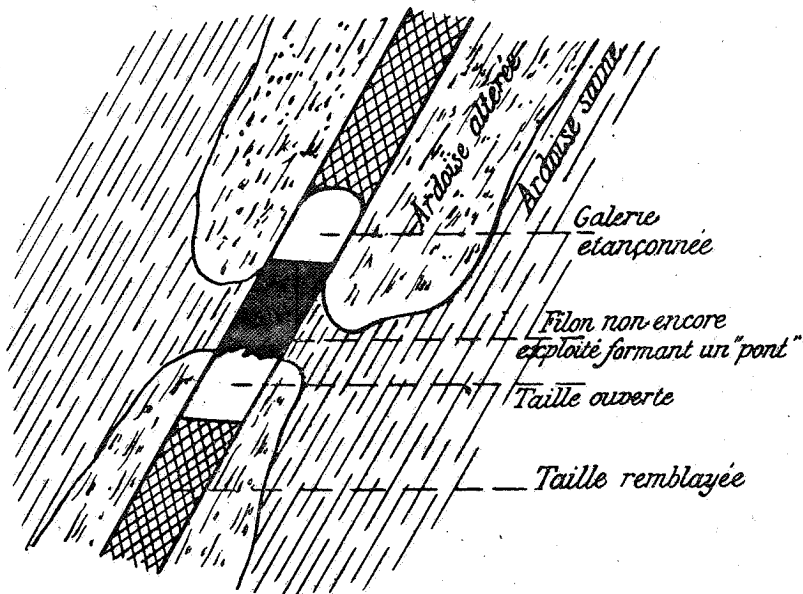


FIG. 2.

petites, jusqu'à ce que la roche émietlée du dessus n'est plus supportée que par une mince couche de roche normale, un « pont » qui, finalement, cède en donnant lieu à une explosion. On conçoit que les galeries, puits ou autres ouvrages dans le voisinage peuvent être détruits par le mouvement de la roche. »

L'altération des phyllades à laquelle M. Jaquet attribue un rôle dans les explosions de Hillgrove peut paraître d'une rapidité singulière, mais il y a des exemples typiques d'altération de ce genre dans des roches dures : certains basaltes du Rhin présentent des parties dites « zonnebrandt » que les ouvriers expérimentés ne reconnaissent que peu ou pas des parties saines de la roche, qui sont très dures lors de leur extraction et qui, soumises aux influences météoriques, s'altèrent et deviennent tout à fait friables en très peu de temps. Mais une altération de ce genre, quelque profonde et rapide qu'elle soit, si elle peut contribuer à la production des ruptures, ne suffit pas à les expliquer. L'altération des

phyllades de Hillgrove paraît, il est vrai, présenter un caractère spécial et aurait, d'après M. Jaquet, pour effet de rendre la roche plus aigre, plus cassante en même temps que moins résistante. Cela pourrait certainement contribuer à accentuer les explosions, mais ne suffit pas, à mon avis, à expliquer entièrement celles-ci, car, d'une part, on ne constate généralement pas de phénomènes de ce genre dans les mines où les travaux se poursuivent dans des roches cassantes et peu résistantes et, d'autre part, la modification de la résistance du phyllade se faisant forcément d'une façon graduelle, il est difficile d'admettre qu'elle puisse donner lieu à des effets aussi étendus et aussi soudains que ceux signalés.

Dans son rapport pour 1902-1903, M. W. F. Smeeth, inspecteur en chef des mines de l'Etat de Mysore, signale et examine (1) d'une manière approfondie de nombreux cas de fracture spontanée de roches qui se produisent dans certaines mines de son ressort.

Il divise ces phénomènes, selon leur importance, en deux groupes : les moindres, dont les effets sont localisés dans les mines où ils se produisent, sont les *air-blasts*, comme les appellent les mineurs de la région ; les plus forts, qui sont ressentis à la surface et qu'ils nomment *quakes*, à cause de l'analogie qu'ils présentent avec de petits tremblements de terre.

Faute d'expressions mieux appropriées, nous traduirons respectivement ces termes par « projections » et « pseudo-sismes ».

Air-blasts. — Les *air-blasts* se manifestent dans les filons de quartz aurifère du Kolar Gold Field, ainsi que dans les dykes de dolérite et de trap qui les recourent, et aussi, mais plus rarement, dans les schistes métamorphiques qui encaissent ces diverses roches. Ils consistent en une sorte d'écaillage, de production d'esquilles de plus ou moins grandes dimensions, qui se fait avec un fort bruit et une projection violente des fragments détachés ; parfois il y a simplement projection de poussières résultant de l'écrasement de la roche.

Voici quelques-uns des cas les plus caractéristiques :

I. — Dans un filon de quartz de 2 $\frac{1}{2}$ à 3 pieds d'épaisseur, on constatait dans la mine Ooregum, à l'étage de 1160 pieds, que la paroi de quartz lançait presque incessamment des fragments. La roche,

(1) Mysore geological Department. Report of the Chief-Inspector of Mines for the period January 1st 1902 to June 30th 1903, pp. 45-66.

de bleuâtre et transparente qu'elle était, devenait blanchâtre et opaque par suite de la formation de nombreuses petites fissures. M. Smeeth observa lui-même de près la formation de fentes incurvées disposées en zone autour d'un noyau de quartz intact, de 1 1/2 pouce de longueur sur 1 pouce de largeur, qui finit par être projeté violemment de la paroi.

II. — Dans le fonçage d'un puits *dans les schistes à hornblende*, on rencontra à la profondeur de 1 060 pieds de grandes difficultés par suite de fréquentes « projections ». Une paroi qu'on laissait un jour parfaitement solide et saine en apparence se retrouvait le lendemain fortement fracturée et écaillée, bien qu'il n'y eût pas d'autres travaux en cours dans le voisinage. Ces schistes à hornblende, mal dénommés selon M. Smeeth, seraient, d'après lui, des laves basaltiques ou diabasiques anciennes qui doivent leur caractère schistoïde à de puissantes actions dynamo-métamorphiques. Ce sont des roches noires compactes et résistantes.

III. — A l'étage de 1 940 pieds du Champion Reef, on rencontra dans le creusement d'une galerie *dans le quartz* de telles difficultés par suite d'*air-blasts*, aussi fréquents que dangereux, que le travail dut être interrompu. Ce phénomène commença à se produire dans le quartz du toit, peu de temps après l'ouverture de la galerie, et se poursuivit jusqu'à ce que celle-ci eût pris dans sa partie supérieure une forme aiguë (ogivale) qui donna à la section 8 à 9 pieds de hauteur de plus qu'à l'origine.

Aux étages de 1 840 et de 2 040 pieds, rien de semblable ne s'est jamais manifesté.

IV. — A l'étage de 850 pieds de la Tank Mine, le toit d'une galerie creusée *dans le trap* émettait presque continuellement des éclats aigus, parfois avec production d'étincelles.

Longtemps encore après l'ouverture de la galerie, il suffisait d'un coup de marteau sur le toit pour le faire ensuite craquer et écailler de nouveau. Ces craquements et projections étaient souvent accompagnés d'étincelles.

En résumé, les *air-blasts* se produisent dans le Kolar Gold Field à des profondeurs variant de 500 à 2 000 pieds et dans des conditions de situation qui excluent l'hypothèse qu'ils pourraient résulter de la pression des terrains supérieurs. Ils se manifestent dans le quartz des filons, dans les dykes éruptifs et dans les schistes encaissants, près des filons comme à grande distance de ceux-ci, dans des parties de mine fraîchement ouvertes comme dans des parties depuis longtemps en exploitation.

Quant à l'interprétation de ces phénomènes, M. Smeeth reconnaît qu'il ne peut rien présenter de tout à fait probant. Il rappelle d'abord les idées émises à ce sujet par M. Bosworth Smith, directeur de la Tank Mine. D'après ce dernier, les *air-blasts* seraient dus à des causes différentes selon les roches dans lesquelles ils se manifestent :

Dans le *quartz*, ils seraient attribuables à la pression du schiste encaissant, résultant elle-même des plissements anciens auxquels la roche a été soumise. L'existence de cette pression serait mise en évidence par des mouvements des murailles des galeries.

Dans le *trap*, les projections résulteraient de tensions intérieures, conséquences du refroidissement rapide de la roche en fusion.

Dans les *schistes à hornblende*, d'autres tensions produisant le même résultat sont attribuées aux actions métamorphiques. Elles auraient disparu dans certaines parties de la roche par suite de l'écrasement ou de la fissuration de celle-ci. Dans d'autres portions, elles se seraient conservées pour se manifester sous forme d'*air-blasts* lorsque les travaux miniers viennent modifier les conditions d'équilibre.

M. Bosworth Smith rejette l'opinion des ouvriers mineurs de la région, qui attribuent les projections à des veines minces de calcite (4 à 12 millimètres d'épaisseur) qui se rencontrent parfois dans la zone explosive des schistes à hornblende, mais qui y font aussi parfois défaut.

M. Smeeth admet bien qu'il a existé dans les roches du Kolar Gold Field, les dykes de trap exceptés, de grandes pressions par suite des mouvements orogéniques, mais il ne croit pas qu'elles puissent s'y être conservées, alors que ces roches subissaient dans leur composition minéralogique des modifications profondes (transformation de l'augite en hornblende, etc.). Il croit, au contraire, que le *quartz* et les *roches à hornblende* où des *air-blasts* se manifestent, loin d'être comprimés, se trouvent précisément dans un état de tension inverse et tendent à se contracter. Pour le *trap*, il admet l'explication de M. Bosworth Smith, qui implique aussi une tendance à la contraction.

Quakes ou pseudo-sismes. — Les phénomènes que M. Smeeth range sous le nom de *quakes* sont beaucoup plus importants que les *air-blasts* ; il les regarde comme étant produits par la rupture d'une partie de roche souterraine, rupture dont les effets se font sentir à la surface, parfois jusqu'à 5 et 6 kilomètres du point d'origine. Ils sont accompagnés par de forts bruits que l'on perçoit à la surface jusqu'à 1 à 2 kilomètres du centre.

Les plus importants *quakes* font parfois balancer les meubles à la

surface, déplacent les tuiles des toits, etc. Ces pseudo-sismes sont fréquents dans le Kolar Gold Field; dans une seule mine, la Champion Reef Gold Mine, on en a enregistré soixante-dix dans l'espace de deux années.

Voici, résumés, quelques exemples parmi les dix cités par M. Smeeth :

I. — Entre les étages de 660 et de 760 pieds de la mine Oregum, un puits d'aérage que l'on fonçait dans le schiste à hornblende fut déplacé latéralement de 1 à 2 pouces sur 30 pieds de hauteur avec une forte explosion. En même temps, de grandes dalles étaient détachées de la paroi de la galerie de l'étage de 760 pieds, dont les boisages furent détruits sur une longueur de 20 pieds.

II. — A l'étage de 1 340 pieds du Champion Reef, un fort *quake* endommagea la galerie sur 140 pieds de long; la roche du mur se fractura fortement; de grandes dalles, ayant jusqu'à 12 pouces d'épaisseur, s'en détachèrent. Le toit fut moins endommagé que le mur, ce qui a été, du reste, fréquemment observé dans d'autres *quakes*; néanmoins, des esquilles s'y détachèrent aussi de la roche.

III. — Deux *quakes* furent ressentis à la surface et dans la mine Champion Reef les 13 et 20 mars 1903, respectivement aux étages de 900 et de 1 085 pieds. Dans les deux cas, la dolérite fut fracturée et de grands fragments de roche projetés au loin.

Quant à l'origine des *quakes* du Kolar Gold Field, M. Smeeth croit qu'il faut toujours la chercher dans l'affaissement de piliers sous le poids des terrains surmontants. Dans la région en question, on a largement exploité le filon de quartz aurifère jusqu'à la profondeur de 1 700 pieds; le pendage du filon atteint 55° et les roches encaissantes sont résistantes, aigres, peu élastiques. Ces circonstances sont, selon lui, très favorables à la production des *quakes*, mais il reconnaît cependant que son explication ne rend pas compte de l'absence totale de *quakes* dans des mines voisines de celles où ils se produisent, alors que les circonstances y sont parfois tout aussi favorables que dans ces dernières.

J'ai beaucoup de peine, pour ma part, à admettre la manière de voir de M. Smeeth, non seulement parce qu'il est anormal, *a priori*, d'invoquer une cause qui existe avec des circonstances plus ou moins favorables, dans la plupart des régions minières, pour expliquer des phénomènes qui ne se rencontrent que dans de très rares régions; mais encore parce que dans ces dernières ils sont très fréquents, mais très étroitement localisés. En outre, la coïncidence des *quakes* avec les *air-blasts*, phénomènes également exceptionnels, tendrait à faire

admettre une cause commune pour les uns et les autres, quel que soit le genre de roches dans lesquelles ils se produisent, contrairement aux opinions de MM. Bosworth Smith et Smeeth.

Quelle est cette cause? Il serait évidemment difficile de la déterminer avec certitude sans étude sur place; néanmoins la plus probable me paraît devoir être la pression latérale due aux mouvements orogéniques anciens ou actuels. L'affaissement des piliers, notamment, en serait une conséquence et non la cause des ruptures et des déplacements de roche constatés.

Les phénomènes d'explosion et de fracture spontanées de roche dans les mines rappelés ci-dessus se rapportent à des roches de filon ou à des roches voisines de filons et que l'on peut supposer influencées par ceux-ci. Ceux dont il est question ci-après ont été observés dans des couches sédimentaires non troublées par des intrusions de roches éruptives.

M. Carne, dans son mémoire (1), dit, à propos des procédés d'exploitation des *bogheads* : « Dans les mines actuellement en exploitation, — Genowland et New Artley, — il n'est pas nécessaire d'employer des explosifs pour briser les couches; au contraire, il y a un danger continu dû aux craquements et aux projections qui se produisent à mesure que l'on constitue le toit aux têtes de taille. La nature peu flexible de la couche de charbon dur (cannel) formant le toit n'atténue pas la pression verticale. Lorsque le toit est constitué par du charbon bitumineux tendre, celui-ci cède ou s'écrase sous la pression et ainsi, en quelque mesure, soulage le *boghead* dur et semi-élastique d'une partie du poids des morts-terrains supérieurs.

« Lorsque l'expansion latérale est rendue possible par des vides, par exemple aux faces de travail, la tension est si grande que les craquements et les projections sont presque continuels à mesure de l'avancement. Les travaux ultérieurs d'élargissement par l'abatage se font, par conséquent, avec un grand risque pour les mineurs, qui sont obligés de travailler couverts par un abri protecteur et de se garantir les yeux par un masque en fil de fer contre les projections de fragments de *boghead* à angles vifs. La tendance du *boghead* à une cassure conchoïdale par

(1) J. E. CARNE, *The kerosene shale deposits of New South Wales*. (MEMOIRS OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF NEW SOUTH WALES, 1903, n° 3, pp. 84 et suiv.)

une pression à angle droit avec le plan de stratification augmente la production de fragments à biseaux aigus qui coupent comme des couteaux. De nombreux accidents, dont quelques-uns ont entraîné de fâcheux dommages pour la vue des victimes, en ont été la conséquence. »

M. Carne rappelle ensuite les observations de M. Andrews, que j'ai rapportées plus haut, et ajoute : « A Joadja, où la surcharge des morts-terrains est bien moindre et où, en outre, lors des premiers travaux, le toit et le mur étaient formés par un charbon bitumineux tendre, la tension de la roche était si faible qu'on n'avait jamais éprouvé d'inconvénient par suite de projections. Aujourd'hui que l'on travaille sous une épaisseur plus grande de morts-terrains et que la pression n'est plus amortie par un matelas de charbon tendre au toit ou au mur, une tendance aux projections se manifeste. »

Il faut remarquer que dans ces mines on n'a jamais constaté de gaz et qu'on y emploie des lampes à feu nu. Le *boghead* est du reste fort peu altérable sous l'influence des causes météoriques. Il est dur, élastique, difficile à casser, sauf quand on l'attaque au ciseau et au marteau, suivant les plans de stratification; dans une autre direction, la cassure présente un caractère conchoïdal assez particulier.

M. Carne n'hésite pas à attribuer les phénomènes de projection constatés à la *pression des couches supérieures*, bien que l'épaisseur totale de celles-ci, pour autant que j'en ai pu juger par son mémoire et les coupes y annexées, ne dépasse guère un millier de pieds pour New Artley et Genowland, beaucoup moins pour Joadja, ce qui me paraît bien peu pour justifier les effets constatés dans une matière résistante comme le *boghead*. Je ferai aussi observer que la présence au-dessus du *boghead* d'un charbon tendre, friable, ne peut pas avoir pour effet de diminuer les pressions des terrains supérieurs, mais seulement de les répartir plus également, et que si ce charbon friable n'est pas lui-même généralement pulvérisé, c'est que les pressions qu'il supporte ne sont pas bien élevées.

Dans la discussion qui a suivi l'exposé de ma première note (1), M. Kersten a signalé que l'on entend parfois dans nos charbonnages, en avant des têtes de taille, des détonations et que l'on constate, après les jours de repos, un avancement appréciable des couches de charbon par rapport aux schistes encaissants. D'après notre collègue, ces phéno-

(1) *Bull. Soc. belge de Géol., de Paléontol. et d'Hydrol.*, t. XIX, Pr.-Verb., p. 198.

mêmes seraient attribués par des ingénieurs à des ruptures d'équilibre; d'autres y voient un résultat de l'expansion du grisou (1). Si ces manifestations sont peu importantes dans notre pays, il n'en est pas de même dans d'autres régions.

Dans le Staffordshire, notamment, les mouvements spontanés de la roche ont fréquemment donné lieu à des accidents dans les mines de houille. Voici ce qu'en dit M. W. N. Atkinson, inspecteur des mines du district, dans son rapport pour 1905 (2), après avoir signalé que parmi les accidents causés par des chutes de pierres il y a 8 cas (sur 40 relevés) où ces chutes ont été causées par des *goths* ou *bumps*, ou se sont produites en même temps que ces manifestations :

« *Goth* est le terme employé dans le Nord du Staffordshire, *bump* dans le Sud du même district, pour désigner un phénomène qui, sans aucun doute, est une cause fréquente de chutes de blocs. Les termes employés dans d'autres districts sont : *bowk*, *grump*, *burst* et *pluck*. Ces termes se rapportent à des phénomènes qui se produisent dans les couches et qui, parfois, sont assez considérables pour être comparables à des tremblements de terre locaux. Ils se produisent surtout dans les bancs épais et profonds et varient beaucoup en intensité, tant au point de vue du son qu'à celui de l'effet sur les couches dans lesquelles ils se manifestent. Le son en est souvent comparé à une détonation et semble parfois se produire dans les couches de charbon et parfois dans la couche au-dessus; les forts *bumps* produisent un son comparable à celui d'un coup de tonnerre. L'effet des *bumps* sur les couches est tout aussi variable; lorsqu'ils sont faibles, on ne constate rien en dehors du bruit; lorsqu'ils sont plus forts, il y a vibration et des chutes du toit peuvent se produire ou bien le charbon est projeté du front de taille; lorsqu'ils sont très forts, les boisages sont écrasés ou ébranlés et il semble que la mine va s'effondrer. Parfois, au lieu qu'il se produise une chute du toit, c'est le mur qui saute en l'air.

« Les *bumps* sont parfois accompagnés par des dégagements de grisou,

(1) Ne faudrait-il pas rapprocher de ces phénomènes les mouvements de couches de houille, de *boghead*, etc., entre leur mur et leur toit, signalés dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE, 1889-1890, MÉMOIRES, p. 125, *Sur le mouvement d'une couche de houille entre son mur et son toit*, par M. MAX LOHEST, et p. 129, *Note sur les mouvements parallèles des roches stratifiées*, par ALPH. BRIART?

(2) Reports of W. N. Atkinson, H. M. Inspector of Mines, for the Stafford district (n° 9) to His Majesty's Secretary for the Home Department for the year 1905, pp. 15, 24-25, 39-43.

mais il ne semble pas que ceux-ci soient un élément constant ni nécessaire à la production d'un *bump*, qu'il faut distinguer d'un dégagement soudain de grisou avec projection de charbon. »

M. Atkinson ajoute : « Les *bumps* sont probablement dus à une pression agissant sur des couches favorables à leur production, le son et les mouvements étant causés par la libération soudaine par fracture des strates qui étaient dans un état de tension, soit que cette tension préexistât dans les couches, soit qu'elle résulte des travaux de mine. »

Dans son rapport pour 1904, M. Atkinson déclare avoir recherché si les chutes de pierres dans les mines pouvaient concorder avec les *tremors* renseignées par la station sismique de Kew, sans avoir trouvé aucune indication d'une pareille coïncidence.

Il m'a du reste fait savoir aussi qu'à son avis il n'y a pas dans le *bump* une manifestation de pression latérale.

M. Gresley (1), qui avait déjà signalé les *bumps* en 1887, les attribuait à des glissements soudains le long des failles du terrain houiller.

En dehors des mines et des carrières, on a encore eu fréquemment à constater des fractures de roche avec projections à l'occasion du creusement des grands tunnels.

C'est ainsi, par exemple, que M. le professeur Becke, de Vienne, qui a étudié (2) les mouvements spontanés survenus dans l'exécution du tunnel du Tauern, signale que dans les parties du gneiss traversées par cet ouvrage (du kilomètre 2810 au kilomètre 2860 et du kilomètre 3950 à l'extrémité atteinte), on a observé de fréquentes explosions avec projection de plaques de roche détachées des parois, au point qu'à la suite de plusieurs accidents, dont trois mortels, on a dû y établir des boisages pour protéger les ouvriers durant leur travail. Ces explosions se produisent au toit, au mur, aux faces latérales, mais toujours sur les faces parallèles à l'axe du tunnel, jamais aux faces d'avancement des galeries, soit quelques heures, soit des jours ou même des semaines après que la roche a été dégagée par le tirage des mines.

Les petits fragments, qui n'ont souvent que quelques millimètres d'épaisseur, sont parfois projetés à 4 ou 5 mètres de distance. Les plus grands atteignent jusqu'à 2 mètres carrés et 10 centimètres d'épaisseur.

La séparation d'avec la paroi se fait parallèlement à la surface de celle-ci et sans rapport avec le grain ou le délit.

(1) *The geological Magazine*, 1887, pp. 522-523.

(2) *Kaiserliche Akademie der Wissenschaften in Wien*, séances des 11 mai 1905 (n° 25) et 11 janvier 1906 (n° 28).

M. Becke dit avoir constaté par lui-même qu'après détachement d'une plaque de la paroi, il y a dilatation de la pierre au point qu'il serait impossible de la remettre en place sans en briser les arêtes.

D'après M. Becke, ces phénomènes s'expliquent suffisamment par la pression des roches sus-jacentes, et, en effet, si l'on admet que la pression moyenne étant, suivant les profondeurs, de 4 000 à 5 000 kilogrammes par centimètre carré, en certains points cette moyenne peut être fortement dépassée par suite de l'inégale répartition résultant de la fissuration, elle-même inégale, des roches. Ces pressions élevées justifieraient jusqu'à un certain point l'interprétation de M. Becke.

Les faits publiés par celui-ci sont presque identiques à ceux constatés à Quenast, mais le savant professeur de Vienne m'a en outre communiqué une observation faite par lui au Tauern, mais non encore publiée : tandis que sur la paroi Est du tunnel les éclatements de la roche produisent simplement des excavations dans la paroi, du côté Ouest, il arrive que la roche se détache de celle-ci en minces feuillets qui, parfois, demeurent attachés à la masse *par le bas*. A Quenast, les *bendons* ont plutôt une tendance à rester attachés par l'une de leurs extrémités *latérales* ou par les deux. La différence s'expliquerait, dans l'hypothèse de M. Becke, par la différence de direction de la pression cause du phénomène.

Cependant, comme des faits d'éclatement et de projection de roche, rapportés par M. le professeur Rzehak, de Brünn (1), se sont fréquemment produits dans le creusement d'autres tunnels où la pression des couches supérieures ne peut être invoquée, il est possible, comme semble le croire cet auteur, qu'il s'agisse, au Tauern, encore une fois d'un phénomène, de pression latérale et que la différence signalée ci-dessus dans l'attache des feuillets de roche soit due à ce que, dans le cas du tunnel, la roche, par suite de la faible section de l'ouvrage, n'est pas libre et que la pression verticale, quoique cause non prépondérante, intervient cependant dans la production du phénomène.

L'exposé qui précède et le travail beaucoup plus complet déjà cité de M. Rzehak (2) permettent de se rendre compte que les mouvements

(1) *Bergschläge und verwandte Erscheinungen*. (ZEITSCHRIFT FÜR PRAKTISCHE GEOLOGIE, novembre 1906, p. 345.)

(2) Sur notre proposition, faite en séance du 22 janvier 1907, l'assemblée a décidé d'insérer en annexe au *Procès-Verbal* la traduction *in extenso* de l'intéressant et substantiel article du savant professeur de Brünn. Cette traduction, due à M. le capitaine-commandant Mathieu, a paru avec le *Procès-Verbal* de janvier.

spontanés de roche sont, quoique exceptionnels, plus fréquemment observés que l'on serait tenté de le penser, et beaucoup cependant échappent probablement à l'observation.

Nous avons vu qu'ils se produisent dans les roches les plus diverses comme âge, origine, nature, position, profondeur, etc.

Ces phénomènes ont été, de la part des observateurs, l'objet des interprétations les plus diverses; néanmoins, je pense que, sans vouloir juger de loin et sur des données souvent insuffisantes tel ou tel cas particulier, la plupart d'entre eux sont dus à des pressions latérales actuelles ou anciennes de nature orogénique. Tel est aussi l'avis de M. le professeur Rzehak. Cette interprétation est la seule qui me paraisse de nature à pouvoir rendre compte des localisations singulières de ces manifestations, tant sous le rapport géographique que de la profondeur à laquelle elles s'observent dans les roches dures de toute nature.

L'existence actuelle de mouvements lents orogéniques n'est, du reste, pas seulement une conception théorique; certains auteurs prétendent en constater des preuves directes. C'est ainsi que M. Ch. Davison, qui a étudié d'une manière toute spéciale les tremblements de terre jumeaux de l'Angleterre (1), les attribue à une différence dans la vitesse de croissance d'un pli, qui produirait un glissement suivant une faille, et il ajoute :

« Il n'est certainement pas sans signification que les plus importants (de ces phénomènes) soient dus à la formation prolongée de quelques-uns de nos anciens plissements. »

Il y a lieu de remarquer que si la pression latérale résultant de mouvements orogéniques actuels est probablement continue dans certaines régions, elle n'est pas pour cela constante; il peut y avoir des périodes d'apaisement et de recrudescence.

Quant au point de savoir si les travaux miniers peuvent ou non provoquer des « pseudo-sismes », il a déjà été traité et touché à plusieurs reprises dans les travaux de notre Société (2), et des avis contradictoires ont été émis.

Le comte de Montessus de Ballore, qui, dans son grand traité : *Les tremblements de terre*, a fait une étude particulière de la question, à

(1) *Quarterly Journal of the geological Society*, février 1905, p. 4, etc.

(2) DE MUNCK, t. I, 1887, p. 171. — CORNET, *Pr.-Verb.*, t. X, 1896, pp. 125 et 131, et t. XIX, 1905, p. 112. — GOSSELET, etc.

laquelle il consacre une annexe spéciale (1) donnant une partie de la bibliographie du sujet, paraît se ranger à l'opinion affirmative.

Cependant, des faits cités par M. Rzehak comme de ceux rapportés par MM. Jaquet et Smeeth et rappelés au cours du présent travail, il semble bien résulter que dans beaucoup de régions minières où l'on a constaté des pseudo-sismes, — parfois très fréquents, comme dans le Kolar Gold Field du Mysore, — on peut aussi reconnaître l'existence de pressions tectoniques d'origine, ancienne ou actuelle. Celles-ci sont probablement la cause prépondérante, sinon unique, des pseudo-sismes, malgré l'avis des observateurs locaux, qui ont attribué erronément ces derniers aux travaux d'exploitation.

M. Simoens, en analysant ici même tout récemment les phénomènes d'Havré (2), a montré qu'il fallait les attribuer aux mouvements prolongés du terrain suivant les failles anciennes.

Un examen aussi attentif montrerait probablement qu'il en est de même pour d'autres pseudo-sismes des régions minières, notamment pour ceux étudiés par M. Charles Davison (3), et que l'on serait, de prime abord, tenté, comme ce savant sismologue, d'attribuer aux travaux d'exploitation.

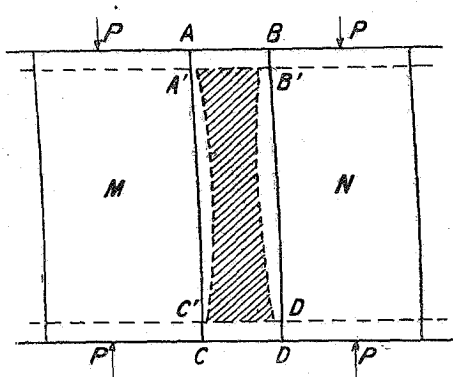


FIG. 3.

Mais, si les pressions verticales ou latérales expliquent suffisamment certains des phénomènes constatés, elles sont cependant impuissantes

(1) *Note sur les tremblements de terre dans les mines ou pseudo-sismes*, pp. 461 à 464.

(2) SIMOENS, *Sur le point d'origine des tremblements de terre dans le bassin franco-belge*. (Communication faite à la séance du 22 janvier 1907, qui paraîtra ultérieurement aux *Mémoires*.)

(3) *Quarterly Journal of the Geological Society*, 1905, février, p. 1.

à rendre compte des singulières propriétés explosives de quelques roches de filon ou voisines de filon. Je me suis demandé si les considérations suivantes ne permettraient pas de les expliquer dans certains cas :

Soient deux parties de roche *M* et *N* séparées par un intervalle *ABCD*. Si elles sont ensuite soumises à une pression *P* assez considérable pour déterminer leur déformation, l'intervalle *ABCD* sera lui-même déformé et deviendra, par exemple, *A'B'C'D'*. Si les deux blocs sont alors soudés entre eux par le remplissage de l'intervalle *A'B'C'D'* au moyen d'une matière résistante quelconque, non soumise à la pression *P*, et que celle-ci vienne ensuite à disparaître, les deux parties *M* et *N* vont tendre à reprendre leurs formes et dimensions primitives. Mais ce mouvement sera contrarié par la résistance de la matière de la soudure *A'B'C'D'*, qui sera sollicitée de son côté à se déformer et travaillera en sens inverse de celle constituant les deux blocs primitifs.

Il en résultera un assemblage soumis à des tensions intérieures de sens inverse en des points très rapprochés les uns des autres, ce qui pourra se traduire par une destruction spontanée du groupement ainsi constitué ou seulement par une tendance à sa dislocation.

La vérification expérimentale de cette hypothèse, que j'ai du reste tentée sans succès, mais avec des moyens insuffisants, sur des blocs de porphyre, serait sans doute aisée dans un laboratoire bien installé. Si les résultats justifiaient les vues exposées ci-dessus, leur application aux phénomènes géologiques serait aisée :

Si, pendant le plissement de couches de roches dures, une fente se produit dans une direction plus ou moins parallèle à celle de la pression, qu'elle soit remplie par des roches de filon — roches éruptives, formations hydrothermales, dépôts incrustants, etc. — et que la pression vienne ensuite à disparaître ou à diminuer, les conditions de l'hypothèse exposée plus haut seront réalisées. Elles pourront naturellement être renforcées par la contraction de la roche du filon due au refroidissement, à la cristallisation, etc. Suivant l'intensité des tensions produites, il pourra y avoir :

1° Rupture de l'ensemble avec glissement relatif du filon par rapport aux roches encaissantes et, le cas échéant, formation de « miroirs de faille ». Les vides créés de part et d'autre du filon pouvant de nouveau se remplir par des matières filoniennes, ces faits pourront se renouveler plusieurs fois si l'extension des roches encaissantes avec élargissement de la fissure primitive se produit elle-même en plusieurs fois.

2° Maintien, dans un équilibre plus ou moins instable, de l'ensemble

hétérogène constitué par des roches diverses soudées entre elles, mais présentant des tensions intérieures de sens différent, en des points très voisins les uns des autres. Des travaux miniers ou autres exécutés dans le voisinage du filon ou dans le filon lui-même, parfois un simple coup de pic, pourront déterminer la rupture de l'équilibre et occasionner des projections plus ou moins importantes. Si les tensions sont peu considérables, elles pourront se manifester seulement par une fragilité anormale de l'ensemble.

Pour terminer, je signalerai que le fait, souvent constaté, que les projections et ruptures spontanées de roche ont fréquemment lieu après des coups de mine, soit quelques instants après, soit des heures, des jours ou même des semaines, a fait croire à certains observateurs que les coups de mine sont la cause de ces phénomènes. A mon avis, il n'en est rien.

Sans doute, les fêlures et fractures produites par les coups de mine peuvent se propager de proche en proche dans la masse rocheuse pendant quelque temps (1) et amener, en conséquence, des *chutes* de blocs détachés après coup des bancs ou de la masse, mais cela ne peut donner lieu à des *projections que s'il y avait dans la roche des tensions préexistantes*. Par contre, il est fort naturel d'admettre que ces fêlures produites par les coups de mine peuvent affaiblir la résistance de la pierre et donner ainsi à ces tensions l'occasion de se manifester. Les coups de mine peuvent aussi, en provoquant des déplacements légers dans les bancs, créer un état d'équilibre moins stable que celui qui existait auparavant et faciliter ainsi les manifestations des pressions existantes.

N. B. — Si j'ai cru devoir présenter, à propos de faits signalés et commentés par divers auteurs, certains développements, qui donnent au présent travail une importance peut-être excessive, c'est que plusieurs des publications étrangères dans lesquelles les articles sur la question ont paru, sont peu répandues dans notre pays.

(1) Il en est de même, du reste, des fêlures provoquées par la chaleur. Dans l'expérience rapportée ci-dessus, page 21, plusieurs heures après l'application du feu au bloc de $4^m50 \times 3^m00 \times 2^m25$, on entendait encore le craquement résultant de la propagation des fentes dans l'épaisseur du bloc.