

Conférence internationale sur les pressions de terrains et le soutènement dans les chantiers d'exploitation

Organisée par INICHAR

LIEGE, 24-28 AVRIL 1951 (1)

L'Institut National de l'Industrie Charbonnière (Inichar) a organisé à Liège, du 24 au 28 avril 1951, une Conférence Internationale sur les pressions de terrains et le soutènement dans les chantiers d'exploitation. Cette manifestation était placée sous le patronage de

MM. Audibert, Président des Charbonnages de France,
Dr. Boyd, Directeur de l'U.S. Bureau of Mines,
Couture, Directeur général de la Régie des Mines de la Sarre,
Sir Charles Ellis, Membre du « National Coal Board », chargé des recherches,
Groothoff, Président-Directeur des Charbonnages de l'Etat,
Dr. Kost, Directeur de la Deutsche Kohlenbergbau Leitung,
Meyers, Directeur général des Mines.

Quatre cent nonante membres se sont inscrits et l'assiduité aux séances a été très grande. Ces 490 personnes sont réparties comme suit :

160 Belges;
155 Français;
55 Néerlandais;
25 Anglais;
112 Allemands;
7 divers (Autrichiens - Italien - Hindous - Polonais).

L'ouverture et la première séance ont eu lieu le mardi 24 avril, à 9 h 45, en présence de M. Coppé, Ministre des Affaires Economiques et des Classes Moyennes, de M. Van den Daele, Ministre du Travail et de la Prévoyance Sociale, de MM. les

anciens Ministres, Buisseret, De Groot, Duvieux, du Conseil d'Administration d'Inichar et de nombreuses personnalités.

Quarante communications ont été présentées. Elles ont été traduites, imprimées et envoyées aux membres, en français, en anglais et en allemand, avant la Conférence, par les soins d'Inichar.

Les exposés, rapports et discussions ont eu lieu en français, en anglais ou en allemand, la traduction dans les deux autres langues étant instantanément réalisée par le système de l'interprétation simultanée, avec écouteurs individuels.

* * *

Il y a trois ans, au Congrès du Centenaire de l'A.I.Lg., M. Noël Dessard, Président général Honoraire, s'exprimait comme suit : « Dans peu d'années, on ne verra plus au front de taille que quelques spécialistes surveillant la mécanique qui arrachera, chargera et transportera le charbon ».

Ce noble objectif, qui implique une amélioration notable de la productivité et des conditions du travail, est encore loin d'être atteint. En Europe, en dépit d'essais et de réalisations intéressantes, la proportion de charbon chargé mécaniquement est faible.

L'une des causes de cette situation paraît résider dans la déficience relative du soutènement dès qu'il doit s'adapter à certaines sujétions de la mécanisation intégrale.

Sans méconnaître les progrès réalisés dans le domaine du soutènement au cours des dernières années, il faut admettre qu'actuellement le problème de la tenue des terrains interdit ou entrave le développement de la mécanisation dans de nombreux cas.

Il semble bien cependant que le traitement appliqué au toit d'une couche influence très largement son comportement au cours des diverses phases de l'exploitation. Le rôle du soutènement est capital à cet égard. La qualité du toit ne peut plus être considérée comme une fatalité inhérente à la couche.

Les études du soutènement et des pressions de terrains sont intimement liées. Elles exigent de mul-

(1) Le volume contenant les communications, rapports généraux, rapport final, discours et discussions diverses, paraîtra vers la fin du mois de novembre. La publication comprendra un volume d'environ 400 pages, dans chacune des trois langues, française, anglaise et allemande. Un volume sera adressé gratuitement aux Congressistes; des exemplaires supplémentaires pourront être obtenus au prix de 200 francs.

tiples observations et mesurages dans de nombreuses couches, dans tous les gisements, dans tous les bassins, à toutes les profondeurs et dans toutes les conditions d'exploitation.

L'objectif de la Conférence était de réunir toutes les notions déjà acquises dans différents pays et de provoquer de nouvelles recherches coordonnées. Les pays d'Europe qui ont délégué leurs meilleurs spécialistes de ces travaux totalisent une production houillère annuelle de 450 millions de tonnes, c'est-à-dire à peu près la production des Etats-Unis d'Amérique et le tiers de la production mondiale.

* * *

La matière a été répartie en sections :

- 1) l'étude qualitative des pressions et des mouvements de terrains aux abords de la taille;
- 2) l'étude quantitative des mêmes phénomènes, c'est-à-dire les mesures effectuées;
- 3) les observations et applications pratiques les plus intéressantes;
- 4) les procédés actuels de soutènement en taille;
- 5) les procédés actuels de soutènement en galeries;
- 6) un nouveau système de soutènement et de consolidation du toit appelé « Roof Bolting », qui se développe aux Etats-Unis;
- 7) les phénomènes anormaux : éboulements, coups de toit, coups d'eau, venue de grisou, etc.

Chacune de ces sections a fait l'objet d'une séance d'une demi-journée; les auteurs de communications ont pris la parole pendant un temps maximum de 15 à 20 minutes pour exposer les points essentiels et les conclusions de leur travail. La discussion, relative à l'ensemble des communications de cette série, suivait et était introduite par un rapport d'Inichar.

* * *

Il est d'usage, à l'issue d'une conférence de l'espèce, de donner dans un rapport final les conclusions des exposés et des débats.

Il serait difficile de procéder de la sorte ici. La matière traitée est importante et demande des études et de la réflexion. L'objectif de ce bref rapport est de rappeler quelques-uns des points essentiels évoqués au cours de ces journées et les idées fondamentales qui paraissent s'en dégager.

LES PRESSIONS DE TERRAINS

Les théories relatives aux pressions et mouvements de terrains découlent de l'observation et du bon sens.

Dans l'espace de la taille, la pression exercée par les épontes, et que l'on peut mesurer avec précision, est faible comparée à la pression originelle exprimée par le produit $H\delta$, H étant la profondeur et δ , le poids spécifique des terrains.

La charge des terrains surincombants ne s'annulant pas, il faut admettre qu'elle est reportée autour de l'espace de la taille, en amont, en aval, en avant et en arrière. C'est là, le premier prodige de la mine, celui qui rend possible l'exploitation, car aucun soutènement ne pourrait contrebalancer la

pression $H\delta$, celle-ci étant par exemple de 200 atmosphères à 800 m de profondeur.

La pression exercée par les épontes est de l'ordre de 1 à 5 % de $H\delta$ et correspond au poids d'une épaisseur de 10 à 15 m de terrain houiller pour les profondeurs habituelles. On peut en déduire tout de suite la résistance relativement faible qui sera demandée au soutènement et qui est donc de l'ordre de 20 à 40 tonnes par mètre carré de toit découvert. A partir d'une certaine profondeur, elle ne paraît pas augmenter.

Les avis des auteurs diffèrent quant au mécanisme bienfaisant qui reporte la charge litigieuse en dehors de l'espace de la taille.

Pour ceux qui accordent au terrain houiller les propriétés des milieux élastiques, cette transmission s'opère par le terrain houiller, agissant à la manière d'un linteau ou d'un arc de décharge dans une maçonnerie.

De ces deux conceptions assez voisines découlent les théories dites des dalles ou de la voûte de pression, qui s'appliquent d'ailleurs aux terrains du toit et à ceux du mur.

Pour une taille d'une certaine longueur, la transmission en avant et en arrière du front est seule à prendre en considération, dans la partie médiane du moins. Il y a lieu de considérer la portée du support qui enjambe l'espace de la taille, l'accroissement inéluctable de la pression aux points d'appui, en avant et en arrière, ainsi que la dimension de ces appuis.

Suivant les auteurs, la portée de la voûte de pression varie de 50 à 150 mètres. Pour les uns, elle croît avec la profondeur, pour d'autres, elle n'en dépend pas.

La charge aux points d'appui, en avant et en arrière, donne lieu à un accroissement de la pression originelle qui varie, suivant les auteurs, entre 25 et 100 % de $H\delta$.

En avant, la zone surchargée est une bande de 25 à 50 m de largeur, très voisine du front.

Pour l'arrière, les avis sont partagés; il semble que la zone surchargée soit sensiblement plus large qu'à l'avant et s'étende plus loin vers l'arrière.

Dans l'espace même de la taille, la pression des épontes est faible; elle varie entre un minimum qui se situe à front, et un maximum d'environ 20 à 40 t par m² qui se produit généralement au droit de l'avant-dernière file d'étaçons.

Ces considérations sont relatives aux tailles longues et aux phénomènes se produisant suivant une direction perpendiculaire à celle du front. Des phénomènes du même ordre se produisent dans une direction parallèle; pour une taille très courte, ils deviendraient prépondérants quant à la tenue des terrains.

D'après un auteur anglais, quand la taille a une longueur égale à la portée de la voûte de pression, le toit est mauvais.

Le fait est assez plausible. En construction, si une voûte couvre un espace carré ou circulaire, les joints avoisinant la clef tendent à s'ouvrir dans tous les sens en cas d'affaissement.

Les anciens mineurs belges opérant par tailles courtes, dont la longueur était inférieure à celle de

la voûte de poussée, s'inspiraient de cette idée. L'une des règles de l'art était de ne pas dépasser une certaine longueur de front, d'avoir des tailles en décrochement et, dans chaque taille, des brèches d'abatage décalées. Ces dispositifs, combinés avec un bon remblai également disposé en escalier, offraient au terrain un appui efficace et continu.

Dans les exploitations modernes, la longueur des tailles chassantes est en général supérieure à la portée de la voûte et le problème ne se pose plus. Divers auteurs admettent qu'au delà d'une longueur de taille de 100 m, la pression sur le soutènement est à peu près uniforme sur toute la longueur du front.

Pour les auteurs qui assimilent le terrain houiller à un massif pulvérulent, la charge litigieuse est absorbée par le frottement le long des plans de glissement du massif sollicité.

La tenue du toit de la couche s'explique comme celle d'une excavation creusée dans du sable à grande profondeur, revêtue d'un boisage relativement fragile dont la résistance est bien inférieure à la charge originelle $H\delta$. Cette théorie conduit aussi à la notion d'une zone surchargée, à l'avant et à l'arrière de la taille. Elle explique bien la faible pression régnant dans l'espace même de la taille. On démontre, par exemple, que pour un angle de talus naturel de 40° , cette pression est de $1/164$ de $H\delta$, soit environ 2 %.

L'un des auteurs expose une théorie qui assimile l'espace de la taille à une galerie dont l'axe se déplacerait parallèlement à lui-même, entraînant les zones de détente et de pression qui l'entourent. Il signale l'importance de la fissuration préalable des bancs, qui leur permet de prendre des courbures que la flexion élastique ne peut expliquer.

LES MOUVEMENTS DE TERRAINS

C'est dans l'espace de la taille et à proximité que les épontes se rapprochent, donnant lieu, pour les bancs du toit et du mur, à un mouvement d'inflexion qui se propage en même temps que le front de taille. L'ensemble se comporte comme la plaque de pâte que la ménagère aplatit au moyen d'un rouleau en bois.

L'amplitude horizontale du mouvement d'inflexion dépend de la dureté des terrains encaissants.

Dans le cas d'un toit raide, l'affaissement commence loin en avant, parfois à 150 m du front, et se termine loin à l'arrière. Dans la taille, le toit est bon et s'affaisse peu, mais il y a danger de coups de toit par cé dage du bas-toit, fortement chargé sur une grande portée.

Dans le cas d'un toit tendre, les conditions, inverses se produisent. L'affaissement commence à faible distance en avant du front et se termine à faible distance en arrière. Dans l'espace même de la taille, l'affaissement est important et il y a danger d'éboulements.

Il se produit également des déplacements horizontaux des terrains du toit et du mur. D'après certains mesurages, un point du terrain houiller situé en avant d'un front qui progresse est d'abord refoulé vers l'avant, c'est-à-dire dans le sens de la progression. Ceci s'explique logiquement par l'influence de l'onde de pression qui précède la taille et

provoque un fluage de la matière vers les zones voisines à pression normale. Pour reprendre notre comparaison familière, la pâte de la ménagère flue d'abord vers l'avant sous la pression du rouleau. A un moment donné, le mouvement s'inverse et le même point se déplace vers l'arrière, chose également logique, l'espace de la taille étant une zone à faible pression.

Dans cet espace de la taille, il se produit des mouvements horizontaux de la veine, du toit et du mur. Les mesurages absolus en sont difficiles. Il faut des repères situés en dehors des zones influencées et donc assez éloignés. Les erreurs de mesures sont de l'ordre des grandeurs à mesurer.

Il semble que les déplacements relatifs du toit et du mur dépendent de la nature du remblai définitif, remblayage ou éboulis de foudroyage.

Le mouvement d'affaissement du toit de la taille qui progresse, se transmet de proche en proche jusqu'à la surface du sol. La plupart des auteurs admettent que le volume des terrains déformés de cette façon s'évase vers le haut et que le mouvement se propage au-dessus de la partie non encore déhouillée.

En ce qui concerne ce dernier point, un auteur est d'un avis nettement opposé, du moins quand il s'agit de roches pétroliées.

LE SOUTÈNEMENT EN TAILLE

Le terme soutènement doit être entendu dans un sens large comme un ensemble de procédés visant au contrôle du toit.

Il faut considérer :

- a) le soutènement définitif dans l'arrière-taille, comportant le remblai complet ou partiel, l'éboulis de foudroyage, les piliers abandonnés, etc.
- b) le soutènement temporaire dans l'atelier de travail, comportant l'étaçonnage normal et l'étaçonnage de renfort placés à la charnière de foudroyage.

La tendance actuelle est de supprimer l'étaçonnage de renfort et de renforcer l'étaçonnage normal. Cette tendance est heureuse, car un soutènement de renfort efficace n'est pas facile à réaliser. Il exige, soit des piles métalliques bien serrées, soit des étaçons à portance immédiate placés dans les règles de l'art. Un soutènement de renfort n'est efficace que s'il peut encaisser sans coulissement préalable une très forte charge.

La qualité du mur joue un rôle capital dans la valeur du soutènement et, partant, dans la tenue des terrains. En Belgique, beaucoup de murs sont tendres et offrent une résistance à la pénétration de l'étaçon, inférieure à la résistance propre de ce dernier. Dans ces conditions, il est illusoire d'utiliser des étaçons à forte charge.

Divers types de semelles peuvent être employés, mais le problème n'est pas simple. La pile caisson et la pile de rails, signalées par différents auteurs, paraissent offrir des solutions intéressantes à cet égard.

Le foudroyage est le procédé de soutènement définitif le plus employé. Divers auteurs ont signalé

les combinaisons de soutènements temporaire et définitif, qui améliorent la tenue des terrains dans ce cas.

Dans l'ensemble, le soutènement temporaire s'adresse au bas-toit. Il tend à reporter vers l'arrière le point d'inflexion des bancs.

Le soutènement définitif est l'assise du haut-toit. Suivant les cas, il peut être intéressant ou non de cloisonner l'espace foudroyé par des épis de remblai, des piliers perdus, etc. et de provoquer la fracturation des terrains perpendiculairement ou parallèlement au front.

Dans le soutènement temporaire, l'étauçon est l'élément essentiel. Il faut considérer la caractéristique des étauçons, leur force portante et leur architecture. Celle-ci a évolué depuis l'introduction du soutènement métallique et elle évoluera sans doute encore. Comme d'habitude lors de l'introduction d'un procédé nouveau, celui-ci s'inspire des caractères du procédé ancien qu'il remplace et une évolution ultérieure se produit. Il n'est pas certain que l'architecture du soutènement métallique doive reproduire celle du soutènement en bois.

Les qualités d'un bon étauçon se dégagent de l'expérience acquise au cours des dernières années :

- 1) l'étauçon doit être immédiatement portant; cette qualité est primordiale; le serrage initial doit être de 4 à 5 tonnes;
- 2) il doit avoir une portance suffisante variant de 8 à 40 tonnes suivant l'ouverture et l'inclinaison de la couche;
- 3) cette portance doit pouvoir être réglée suivant les conditions d'exploitation;
- 4) quand cette charge est atteinte, l'étauçon doit se dérober sous charge constante ou légèrement croissante;
- 5) la portance d'un étauçon doit être indépendante du soin mis par l'ouvrier à verrouiller la serrure.

Divers constructeurs mettent à la disposition des usagers des étauçons métalliques qui répondent à ces desiderata.

Ceux-ci résultent d'une expérience déjà longue dans l'emploi des étauçons métalliques. Il est assez curieux de constater qu'ils répondent aux caractères d'un bon boisage :

- a) l'étauçon en bois, bien calé, réalise une portance immédiate de l'ordre de quelques tonnes;
- b) d'après les expériences récentes effectuées par l'Association Belge d'Essai des Matériaux, la résistance à la rupture d'un bois de sapin, dont la longueur et le diamètre sont à peu près ceux d'un étauçon de taille est d'environ 25 tonnes;
- c) Si l'étauçon casse, on le remplace par un bois analogue et la résistance offerte au toit par le soutènement est donc constante et correspond à peu près au poids d'une épaisseur de 10 m de terrain houiller, pour une densité d'environ 1 étauçon par mètre carré.

La bèle articulée est une conquête du soutènement métallique. On n'aurait pas pu la concevoir avec le bois. Les bèles à profil symétrique, et donc retournables, et les bèles asymétriques ont chacune leurs partisans et leurs adversaires, mais il semble bien que la bèle asymétrique l'emporte.

Il faut enfin insister sur l'importance de l'homogénéité du soutènement. Celui-ci doit être entièrement métallique et composé d'éléments identiques ou de même caractéristique, c'est-à-dire offrant la même résistance pour un même coulisement, à peine de créer des déséquilibres préjudiciables.

LE SOUTÈNEMENT EN GALERIES

Le soutènement en galeries doit répondre à des caractéristiques différentes :

- 1) la mise en charge doit être rapide, mais moins cependant que pour le soutènement en taille. Une mise en charge très rapide diminue l'épaisseur de la zone détendue et suppose donc une forte résistance du soutènement, laquelle est moins facile à réaliser avec des cadres qu'avec des étauçons. Le serrage au terrain est plus difficile à réaliser qu'en taille; une détente se produira donc toujours avant la mise en charge du cadre, quelle que soit sa caractéristique propre;
- 2) le soutènement doit être déformable de façon à permettre l'affaissement général et la détente des terrains.

La charge sous laquelle la déformation se produit doit être modérée pour ne pas provoquer de cassure au droit des galeries ni mettre en danger les pièces du soutènement, mais être cependant suffisante pour ralentir l'extension de la zone détendue et réduire la contraction de la galerie.

Certains points particuliers cités par divers conférenciers méritent d'être mis en lumière :

- a) les études faites en Angleterre et en Allemagne montrent l'utilité de normaliser les matériaux et les formes du soutènement. On estime dans ces deux pays qu'il faut abandonner les aciers de qualité inférieure pour prendre des aciers de 50-60 kg par mm². Des aciers plus résistants encore sont prévus pour la suite.
- b) il est important d'éviter la création de charges localisées sur les cadres; un remplissage est nécessaire entre ceux-ci et le terrain;
- c) il serait important de mesurer les pressions et les mouvements de terrains en galeries, suivant la direction des contraintes principales; celles-ci sont imprévisibles, surtout dans les terrains fortement redressés.

Seules des mesures effectuées sur place pourront indiquer dans quel sens le soutènement doit être renforcé et quelle est la position optimum des articulations et des éléments coulissants.

LE ROOF BOLTING

Le Roof Bolting apporte un procédé entièrement nouveau de soutènement et sans doute aussi de consolidation du toit. Il est probable que ce dernier aspect n'est pas le moins important.

L'un des auteurs attache une importance toute particulière à cette technique qui découle, selon lui, de l'essence même des pressions de terrains. Celles-ci résulteraient de l'état précontraint des roches du terrain houiller. D'après cet auteur, il existe des tensions orogéniques importantes, dirigées suivant le pendage des couches, souvent supérieures

aux tensions verticales résultant de la pesanteur. Ce serait l'énergie latente de compression, libérée lors du creusement d'une excavation, qui serait la cause des pressions de terrains. Il faudrait donc maintenir autant que possible dans les roches les contraintes préexistantes qui lui donnent une résistance supérieure à celle d'une roche détendue.

Cet objectif est réalisé jusqu'à un certain point par le Roof Bolting.

En solidarissant les bancs d'un toit même médiocre sur une épaisseur d'environ 1,50 m, il semble que l'on puisse en escompter un comportement nettement différent, notamment par l'élimination des poussées latérales qui se produisent dès les premiers affaissements du toit. Il ne paraît pas qu'il soit uniquement intéressant pour les exploitations possédant un haut-toit très fort auquel on « suspend » des bancs faibles. Le procédé Roof Bolting paraît devoir faire l'objet d'essais sérieux dans les exploitations européennes, notamment dans les galeries de taille et aux abords de celle-ci.

Quelques premiers résultats encourageants ont été obtenus dans les houillères françaises.

LES PHENOMENES ANORMAUX, COUPS DE TOIT, VENUES D'EAU, DE GRISOU, EBOULEMENTS

Les coups de toit traduisent un brusque rétablissement d'équilibre. Ils se produisent dans les couches à toit raide, quand la conduite des fronts donne lieu à de fortes concentrations locales de tension.

Les venues d'eau avec éboulement se produisent surtout là où le gisement houiller est recouvert de morts-terrains aquifères.

La pression statique sur le toit de la couche se produit par suite de l'existence d'une colonne d'eau, dans les fissures des terrains surincombants; c'est l'expérience du brise-tonneau. Cette pression peut atteindre plusieurs fois la charge maximum normale supportée par le soutènement. Rappelons que celle-ci correspond au poids de 10 à 15 m de terrain houiller, soit à une hauteur d'eau de 25 à 40 m. L'existence d'une colonne hydrostatique de 100 m de hauteur a donc pour effet de tripler cette charge. L'éboulement est inévitable.

Dès que l'écoulement d'eau se produit, la pression statique tombe. Les fissures se colmatent par de l'argile provenant de la réhydratation du schiste et la situation préexistante se rétablit.

Des expériences faites dans deux charbonnages campinois, il résulte que ces accidents peuvent être évités en adoptant l'ordre descendant dans l'exploitation. Les anciennes voies des exploitations d'amont servent de drains protecteurs et ces mêmes exploitations peuvent être protégées par des sondages judicieusement placés dans le toit de la couche.

A propos des venues de grisou, il est rappelé que les conditions fondamentales du dégagement de ce gaz sont la détente et le broyage du charbon. C'est dans la zone de surpression, en avant de la taille, que la fissuration et le broyage se produisent dans la couche en exploitation, avec un dégazage corrélatif.

A l'arrière, la détente se propage vers le bas et surtout vers le haut, dans les terrains encaissants et dans les couches voisines, ce qui donne lieu à une venue de gaz par les fissures d'exploitation. C'est ce grisou qui peut être capté par trous de sonde.

Il semble toutefois que des trous forés vers l'avant, faiblement inclinés sur la couche, sont susceptibles de drainer le grisou qui se dégage de la couche elle-même, dans la zone d'éboulement et peut-être même dans les zones plus éloignées. L'émission de gaz est plus régulière dans les terrains schisteux qu'avec des stampes gréseuses.

Certains résultats très récents obtenus en Belgique et en Grande-Bretagne paraissent indiquer que des possibilités nouvelles existent par la technique des trous de forage descendants, forés à partir d'un chantier en exploitation. Il semble possible de cette façon de capter le grisou des couches et terrains sous-jacents, et, chose intéressante, à une pression relativement élevée.

* * *

Dans son allocution finale, reproduite dans la section A de ce volume, M. Lucien Denoël, Professeur émérite à l'Université de Liège et Président d'Honneur de la Conférence, conclut en insistant sur la nécessité de multiplier les observations et les mesures.

Parlant des théories générales sur les pressions de terrains, il déclare qu'il faut actuellement « s'en tenir encore à des approximations; celle des terrains sans cohésion, des voûtes de pression et, dans des cas exceptionnels, celle des dalles satisfait à des degrés divers nos tendances spéculatives. L'ingénieur des mines peut s'en inspirer dans les recherches des règles pratiques adaptées à son milieu et arriver ainsi à la vérification des hypothèses. Les coïncidences heureuses observées localement incitent à multiplier les essais et à transporter les méthodes dans des milieux similaires, ce qui doit se faire avec mesure et sans rien bouleverser ».

En résumé, si ce dernier quart de siècle a beaucoup apporté dans le domaine de la connaissance des pressions de terrains et du soutènement, il reste beaucoup à apprendre et à parfaire.

J.V.