

Surveillance et auscultation du comportement géotechnique de talus de mine à ciel ouvert influencés par des travaux souterrains (application à la fosse Ste Marie)

Rafik Hadadou, Véronique Soukatchoff, Yves Paquette, Didier Driancourt

▶ **To cite this version:**

Rafik Hadadou, Véronique Soukatchoff, Yves Paquette, Didier Driancourt. Surveillance et auscultation du comportement géotechnique de talus de mine à ciel ouvert influencés par des travaux souterrains (application à la fosse Ste Marie). Colloque "Structure et comportement des géomatériaux", Sep 1992, Nancy, France. pp.517-26. ineris-00976136

HAL Id: ineris-00976136
https://ineris.hal.science/ineris-00976136

Submitted on 9 Apr 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SURVEILLANCE ET AUSCULTATION DU COMPORTEMENT GÉOTECHNIQUE DE TALUS DE MINE À CIEL OUVERT INFLUENCÉS PAR DES TRAVAUX SOUTERRAINS (application à la fosse Ste Marie)

OBSERVATION AND AUSCULTATION OF THE SLOPE GEOTECHNICAL BEHAVIOUR OF OPEN CAST MINES INFLUENCED BY OLD UNDERGROUND MINING

R. HADADOU
INERIS, Laboratoire de Mécanique des Terrains, EMN Nancy, France
V. SOUKATCHOFF
Laboratoire de Mécanique des Terrains, Ecole des Mines de Nancy, France
Y. PAQUETTE,
INERIS, Verneuil-en-Halatte, France
D. DRIANCOURT
HBCM, U.E. TARN, France

RESUME : Les flancs définitifs de l'exploitation à ciel ouvert des H.B.C.M, U.E Tarn, qui aura une profondeur finale de 300 mètres, ont été dimensionnés après une étude géotechnique classique prenant en compte les divers paramètres géomécaniques, hydrogéologiques, structuraux ainsi que la décohésion liée à l'influence d'anciens affaissements miniers. Cependant certains flancs d'exploitation influencés par la reprise d'affaissements miniers en liaison avec l'enfoncement de l'exploitation à ciel ouvert, présentent localement des configurations de risque de glissement biplanaire.
Aussi a t-il été mis en place toute une méthodologie pour ausculter et surveiller au plus près le comportement de ces talus : suivi topographique, inclinomètres et extensomètres en sondages, indicateurs de rupture de bancs, jauges de contrainte sur boulons-câbles de renforcement.
Deux cas d'auscultation sont présentés et analysés : l'un sur un glissement déclaré, l'autre sur une configuration à risque. L'instrumentation a permis dans le premier cas de s'assurer que les moyens de confortement mis en oeuvre étaient satisfaisants et dans le second cas de contrôler que les mesures adoptées pour prévenir ce risque étaient correctes.

ABSTRACT : The final slopes of the open pit mine of the H.B.C.M. (Houillères du Bassin du Centre et du Midi), U.E. TARN (France) whose final depth will be 300 meters, have been designed after a standard geotechnical study ; this one has taken into account the geomechanical, hydrogeological, structural parameters as well as the "uncohesion", induced by former mining subsidences. However some mining slopes can locally present slip risks (increasing with the pit depth) induced by old underground mining.
A methodology has been defined concerning the slope auscultation and its behaviour including the use of numerous measuring equipments.
Two auscultation cases were analysed, one on a slope slipping, the other one in an area showing a high potential risk of slipping. In the first case, the instrumentation checked that the reinforcement was satisfactory. In the second case, the instrumentation checked that the correct actions had been taken to prevent any risk.

Mots clés : Mine à ciel ouvert, stabilité de pente, vieux travaux, structure défavorable.

I - INTRODUCTION

Les H.B.C.M. (Houillères du Bassin Centre Midi), Unité d'Exploitation du Tarn ont entrepris depuis 1985 l'exploitation à ciel ouvert de stots de protection de puits de l'ancienne exploitation souterraine du gisement de Carmaux (puits Ste Marie). La fosse ultime d'une profondeur de 300 mètres aura un diamètre de 1200 mètres en surface et 400 mètres au fond (figure 1).

Sous un recouvrement tertiaire argilo-sableux d'une centaine de mètres, neuf couches de charbon (notées par profondeur croissante : C, DT, D, F, E, G, H, I, J) ont été exploitées en souterrain, entre 100 mètres et 300 mètres de profondeur, par des méthodes diverses selon l'épaisseur, le pendage et la dimension des panneaux : tailles foudroyées, soutirées, remblayées etc...

La structure du gisement houiller de Carmaux, est constitué par une vaste gouttière synclinale découpée par un réseau dense de failles normales NW-SE. Ces failles (rejet 20 à 100 m) découpent la série stéphanienne en lanières de quelques dizaines à quelques centaines de mètres. Ces dernières constituent des compartiments étroits ou manches, allongés N140, basculés entre les failles de même direction (N140) à regard Sud avec effondrement du compartiment Sud (Delsahut 1981).



Fig. 1 : Plan général de la fosse et localisation des panneaux E1 et G1 exploités

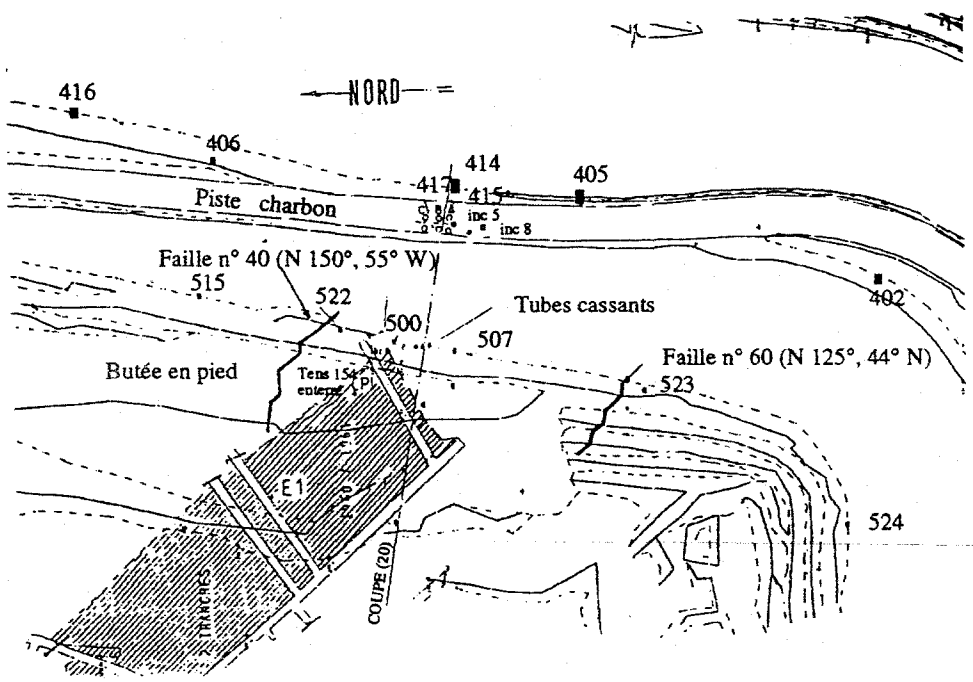


Fig. 2 : Surveillance du glissement talus Est

Deux cas d'auscultation des talus d'exploitation, sont présentés et analysés : l'un sur un glissement déclaré, l'autre sur une configuration à risque.

Il nous paraît important de définir les termes : suivi, auscultation et surveillance afin d'éviter toute confusion. Le suivi ou le contrôle consiste en l'examen du site et le recueil de données qualitatives et quantitatives caractérisant son évolution. L'auscultation constitue l'ensemble des moyens et des méthodes mis en oeuvre sur le site dans le but de caractériser les phénomènes et les mécanismes mis en jeu. Enfin, la surveillance diffère des autres notions par son objectif qui est la gestion de la sécurité.

II - GLISSEMENT DECLARE : SURVEILLANCE A POSTERIORI

II.1 - Présentation du problème

II.1.1 - Description de l'amorce de mouvement

Au cours de son approfondissement, la fosse Ste Marie a été équipée systématiquement de plots topographiques, extensomètres de profondeur ou piézomètres.

A l'occasion d'un relevé topographique de contrôle (23/7/90), une amorce de mouvement de terrain a été détectée dans le talus du flanc est, au niveau de la risberme à l'interface Tertiaire/Houiller. Le fond de la fosse atteignait à cet endroit 150 mètres de profondeur, avec 4 gradins houillers de 6 m. Des fissures ouvertes de quelques décimètres sont apparues dans le talus tertiaire et sur la piste charbon (cote 225).

La masse en mouvement est délimitée dans les terrains houillers (figure 2), au Nord par une faille normale d'orientation N150 W55 (notée n° 40) et au Sud par une faille N125 N44 (n° 60).

Un mois avant la détection de cette instabilité, le fond de fosse avait intersecté un panneau de veine E, exploité en 1960 par taille remblayée (remblai pneumatique de matériaux schisteux sans cohésion). L'épaisseur initiale de la veine, de l'ordre de 2 mètres, est réduite à 1 m dans la zone exploitée et remblayée. L'azimut de ce panneau exploité est N310 pour un pendage moyen de 13° W.

L'analyse des mesures de suivi des plots topographiques (plots initiaux et plots rajoutés après détection) montre que :

- la limite supérieure du glissement est localisée au niveau des fissures affectant la piste charbon. Le plot 415 (figure 2), situé sur le bord aval de la piste s'est déplacé horizontalement de 16 cm en 2 mois (3/8/90 à 2/10/90) alors que le plot 414 situé à une dizaine de mètres côté amont de la piste n'a évolué que de 2 cm.

- le mouvement n'est pas monolithique. Les plots 500 et 510, situés respectivement aux cotes 182 et 160 NGF lors de la détection du mouvement (le plot 510 est actuellement masqué par la butée mise en place), se sont déplacés horizontalement de 16 cm entre Août et Octobre 90, comme le plot 415, alors que, durant la période du 27/07 au 3/08, le plot 500 avait évolué de 23 cm et le 415 se déplaçait de 11 cm.

II.1.2 - Moyen de confortements mis en place

Le mouvement ainsi détecté a été stabilisé par la mise en place d'une butée de pied de 22 mètres de haut et de 35 mètres de large. Nous ne mettrons pas ici l'accent sur les calculs qui ont été effectués pour dimensionner cette butée, mais nous détaillerons les moyens de surveillance mis en place pour contrôler l'effet de ce confortement.

II.2 - Surveillance mise en place

Outre les plots topographiques mis en place pour la surveillance des mouvements en surface à différents niveaux de la fosse, un certain nombre de moyens de contrôle et d'auscultation a été placé, essentiellement au niveau des panneaux des anciens travaux qui présentent des risques potentiels de glissement (figure 3).

II.2.1 - Type d'instrumentation

a - Tubes cassants

Les tubes cassants sont des indicateurs de rupture de bancs. Chaque élément est constitué de 2 pistes conductrices en cuivre, de 12 m de long, reliées entre elles à maille régulière (ici 0,50 m) par des résistances. Le tout est ennoyé dans un tube PVC rempli de billes de verre et de résine assurant ainsi module de rupture et étanchéité (fabrication INERIS).

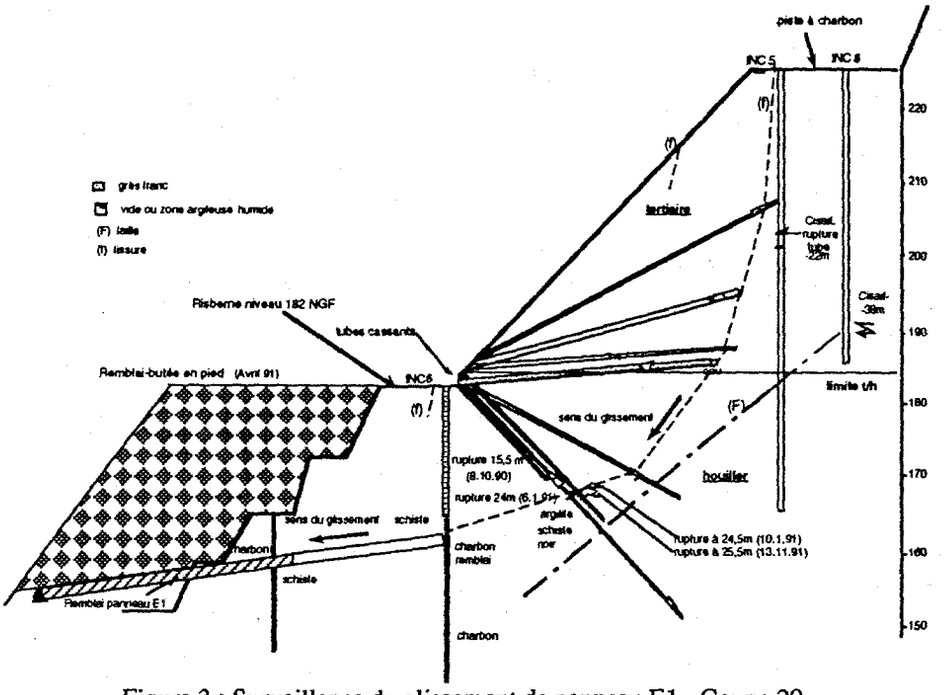


Figure 3 : Surveillance du glissement de panneau E1 - Coupe 20- Mise en place des inclinomètres et des tubes cassants.

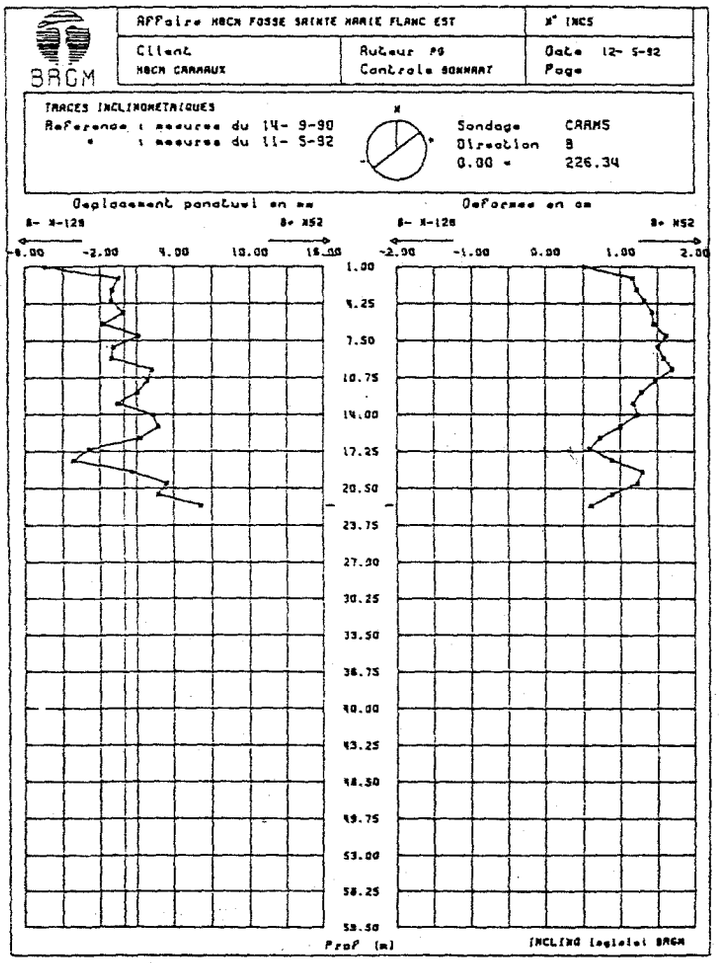


Figure 4 : mouvements de l'inclinomètre INC5

La localisation de la rupture est donnée par la lecture de la résistance résiduelle de l'ensemble du dispositif (lecture par les 2 extrémités).

Trois tubes cassants ont été installés dans des sondages inclinés à 45°, côte à côte, à des profondeurs respectives de 10 à 22 m, 20 à 32 m et 27 à 39 m, à partir de la risberme cote 182 NGF (figure 3).

b - Jauges de déformation

Deux boulons câbles de 24 m (7 torons, résistance ultime 250 kN), équipés de 5 jauges de déformation "Tensmeg 70" (fabrication Canadienne de Supportek International) ont été mis en place dans la zone de cisaillement, à partir des risbermes aux côtes 154 et 182, en sondages inclinés (30° et 25°).

Ces systèmes permettent de déterminer ponctuellement les efforts de traction dans les câbles, grâce à la mesure de la variation de la résistance électrique de la jauge. La jauge est un mince fil de Nickel Chrome de 0,25 mm de diamètre enroulé autour du câble sur une base de 0,70 m de long.

c - Inclinomètres

Trois inclinomètres ont été installés pour la surveillance du panneau E1.

Les tubes sont en aluminium et mis en place respectivement au niveau 226 NGF sur la piste charbon avec 60 m de profondeur (INC5), sur la risberme 182 NGF à l'interface tertiaire-houiller dans un forage de 40 m de profondeur (INC6) et le 3ème (INC8) a été mis au niveau 226 NGF (piste charbon) pour suivre l'évolution des déformations en remplacement de INC5 après cisaillement du tube de ce dernier (figure 4).

d - Topographie

La surveillance topographique est assurée à l'aide d'un théodolite T2000 "DISTOMAT WILD".

Outre les plots placés en crête de fosse pour le suivi des mouvements en surface, d'autres plots ont été implantés dans des zones susceptibles de glisser.

Pour la surveillance de la zone du panneau E1, nous prenons en compte dans notre suivi les plots situés dans le houiller ainsi que ceux installés dans les terrains du tertiaire, jusqu'à la crête de la fosse afin de détecter l'ampleur du mouvement dans cette partie de la découverte.

Nous considérons donc dans notre analyse les plots situés à l'aplomb immédiat du panneau E1 (417, 500, 507, 515, 520, 522) reportés sur la figure 2 (le plot 520 est actuellement masqué par la butée mise en place).

II.3 - Evolution au cours du temps

II.3.1 - Description des observations

a - Tubes cassants

Ces tubes ont donc été installés après la déclaration du mouvement de terrain de Juillet 1990. Les mesures sont prises avec une précision de plus ou moins 50 cm.

Le capteur n° 2 (placé entre 20 et 32 m) s'est cassé à 25,5 m en date du 13.11.90 et une cassure s'est reproduite à 24,5 m en date du 10.1.91. Le capteur n° 3 (placé entre 27 et 39 m) s'est rompu à 24 m en date du 6.1.91.

b - Jauges de déformations

* Jauges du boulon installé à partir de la risberme située au niveau 154 NGF :

La jauge n° 4 correspondant à l'interface schiste-charbon dans le panneau E1, indique une mise en charge très élevée du câble. Théoriquement la rupture du câble se produit pour un effort de 250 kN qui correspond à un enregistrement de 8250 micro-déformations au niveau de la jauge. La jauge n° 4 située à 10,7 m de profondeur a dépassé ce seuil et atteint la valeur de 260 kN d'effort de traction.

Entre le 17/04/91 et le 03/09/91, le câble s'est rompu entre 10,7 m et 14,7 m, les jauges suivantes, situées à 18,7 et 22,7 m, ne répondent plus.

* Jauges du boulon installé à partir de la risberme située au niveau 180

Deux jauges présentaient un niveau de chargement significatif en date du 13.5.91 : la jauge n° 1 qui a presque atteint le seuil de rupture du câble (8233 micro-déformations) et la jauge n° 2 dont la valeur est assez élevée aussi (3547 M.d). Après cette date, d'autres mesures ont été prises à l'aide et nous avons observé que les jauges 1 et 2 indiquaient la valeur 0 en date du 21.5.91. Il apparaît donc qu'une mise en charge a débuté le 13.5.91, suivie de deux ruptures le 21.5.91, à 18,7 et 22,7 m.

c - Inclinomètres en sondage

INC5 (Piste charbon, bord Ouest) : Des mouvements sont apparus à - 23 m et - 52 m à partir du mois de Mars 1991 vers le Nord-Ouest (axe AA).

La mesure du 15.5.91 (figure 4) nous montre que le tube s'est cisaillé à - 22 m (la sonde ne pouvait dépasser les 22 m), au niveau d'une couche d'argile humide selon les sondages réalisés.

INC6 : Des mouvements commençaient à apparaître à - 24 m dès le mois d'Octobre 1990, et ont évolué jusqu'au mois de Janvier 1991.

A la date du 11.01.91 le tube s'est cisaillé à - 23 m, ce qui correspond à l'interface schiste-charbon au toit du remblai des anciens travaux du panneau E1.

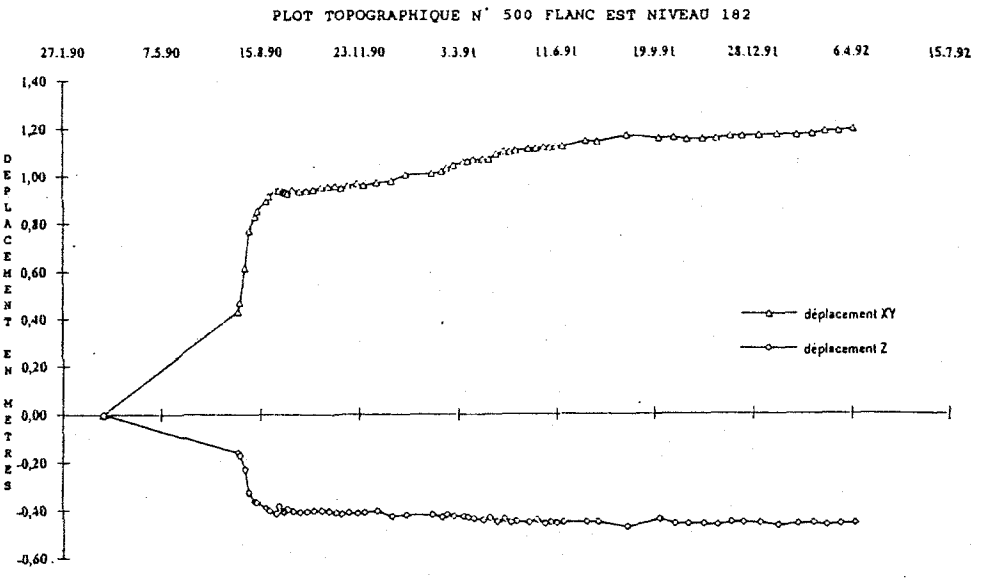


Figure 5 : courbes de déplacement dans le temps du plot 500

I N C 8 : Cet inclinomètre a été placé en Août 91 afin de poursuivre l'auscultation du massif en remplacement de INC5. Depuis la mesure du 31/12/91, nous avons observé un mouvement localisé vers - 10 m vers le Nord-Nord-Ouest, significatif mais de faible amplitude.

d - Topographie

Les mesures topographiques s'effectuent normalement à un rythme mensuel. La fréquence de mesures augmente pour les zones en mouvement.Dès la détection du mouvement de terrain sur le panneau E1, les mesures étaient prises, au cours du glissement, au moins quotidiennement.

Un exemple de suivi topographique est présenté figure 5. On y remarque l'amorce du mouvement en juillet 1990.

II.3.2 - Interprétation

Nous présentons une synthèse des évolutions au cours du temps des différentes instrumentations mises en place, sous forme de diagramme temps.
On remarque selon ce diagramme que toutes les déformations importantes du massif se sont produites avant ou pendant la réalisation de la butée en pied de talus (Figure 6).

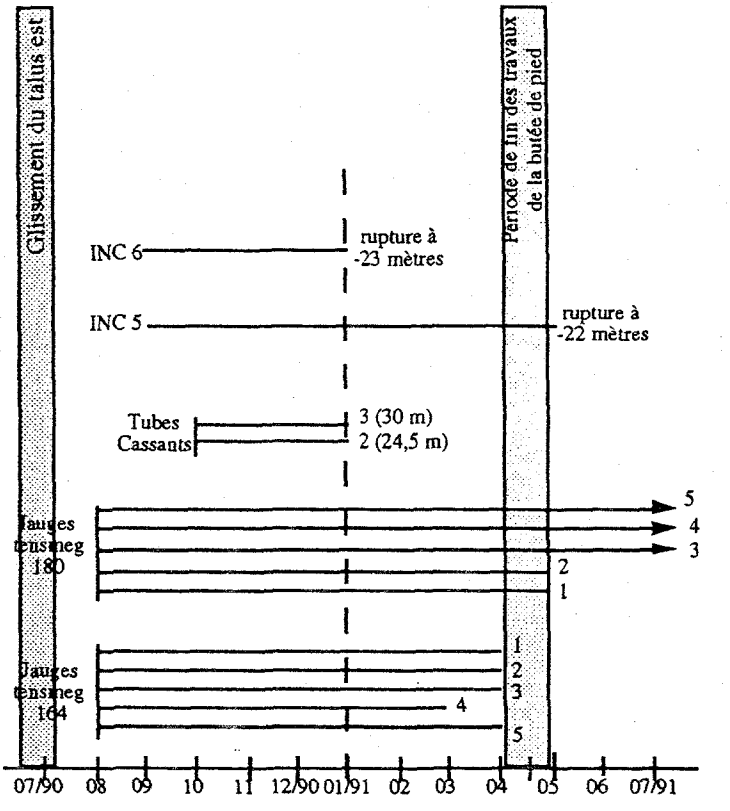


Figure 6 : diagramme temps des déformations importantes dans le massif

Après la construction de la butée, nous avons continué à surveiller la topographie et nous constatons que le talus s'est stabilisé, mis à part quelques mouvements résiduels.

III - CONFIGURATION A RISQUE : AUSCULTATION A PRIORI

III.1 - Présentation du problème

Au Nord immédiat du panneau E1 décrit précédemment, séparé par une faille, on rencontre un autre panneau de la veine G (panneau G1) exploité en 1960 par taille remblayée avec remblai pneumatique (figure 7).

Le panneau G1 présente sensiblement la même configuration que le panneau E1 (panneau exploité ayant un pendage vers le centre de la fosse). Avant que le fond de fosse n'ait atteint les remblais de ce panneau, la même méthode d'approche du problème a été adoptée pour empêcher le glissement de se produire.

Un stot de protection a donc été mis en place au toit du panneau G1 suivi d'une auscultation de la zone susceptible de se mettre en mouvement.

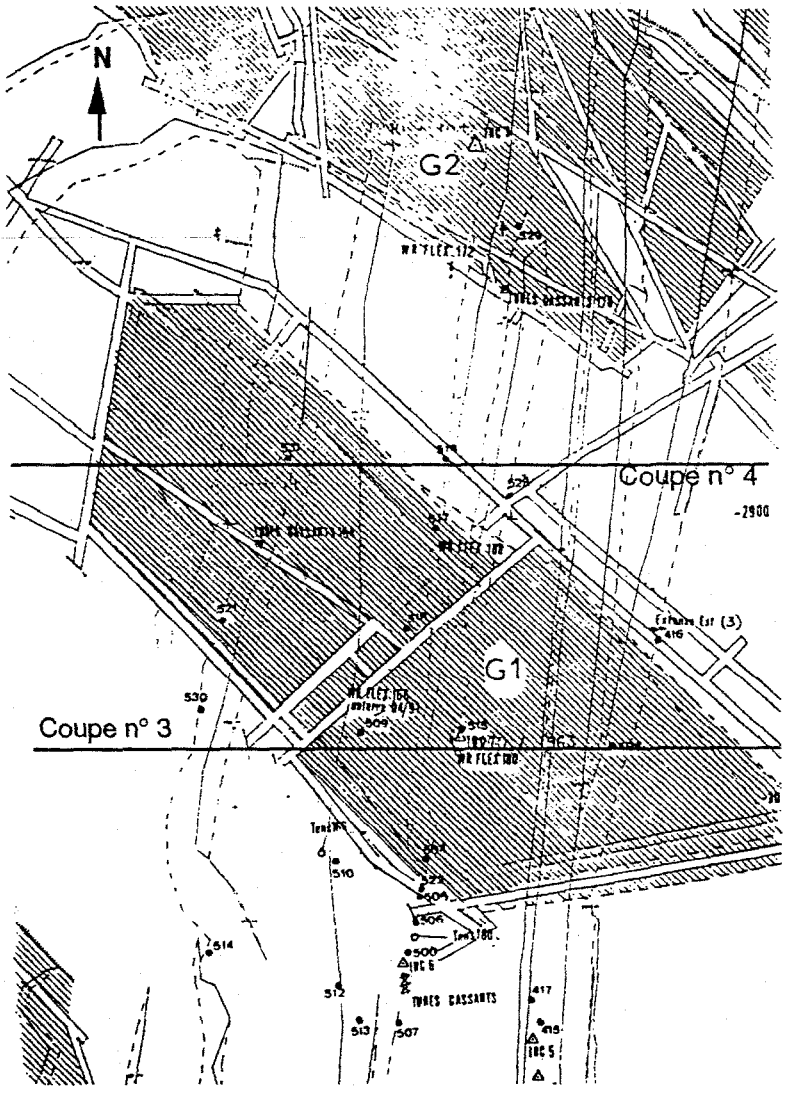


Figure 7 : Surveillance panneau G1

III.2 - Instrumentation mise en place

a - Extensomètre "WR-FLEX"

Deux extensomètres à tiges à lecture mécanique de type "WR-FLEX" ont été placés sur le panneau G1 afin de détecter d'éventuels mouvements en affaissement.

Le premier a été installé dans un forage de 42 m de profondeur, incliné à 45°. Les points d'ancrage sont situés respectivement à 22, 27, 32, 37 et 42 m (figure 8).

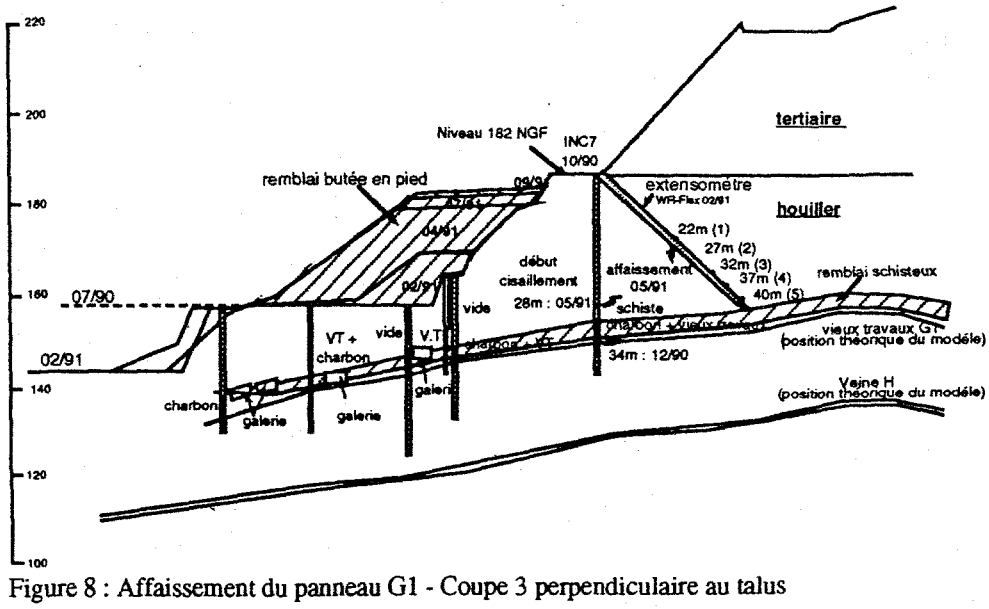


Figure 8 : Affaissement du panneau G1 - Coupe 3 perpendiculaire au talus

Il a été mis en place en février 1991 à partir du niveau 182 NGF (Interface Tertiaire-Houiller).

Le second a été mis en place au niveau 172, dans un forage de 42 m de profondeur et posé verticalement. Les points d'ancrage sont situés à 20, 25, 30, 35 et 40 m (figure 9).

b - Tube cassant

Le panneau G1 est surveillé aussi par un tube cassant de 12 m de long, mis en place en Juin 1991 dans un forage de 35 m de profondeur

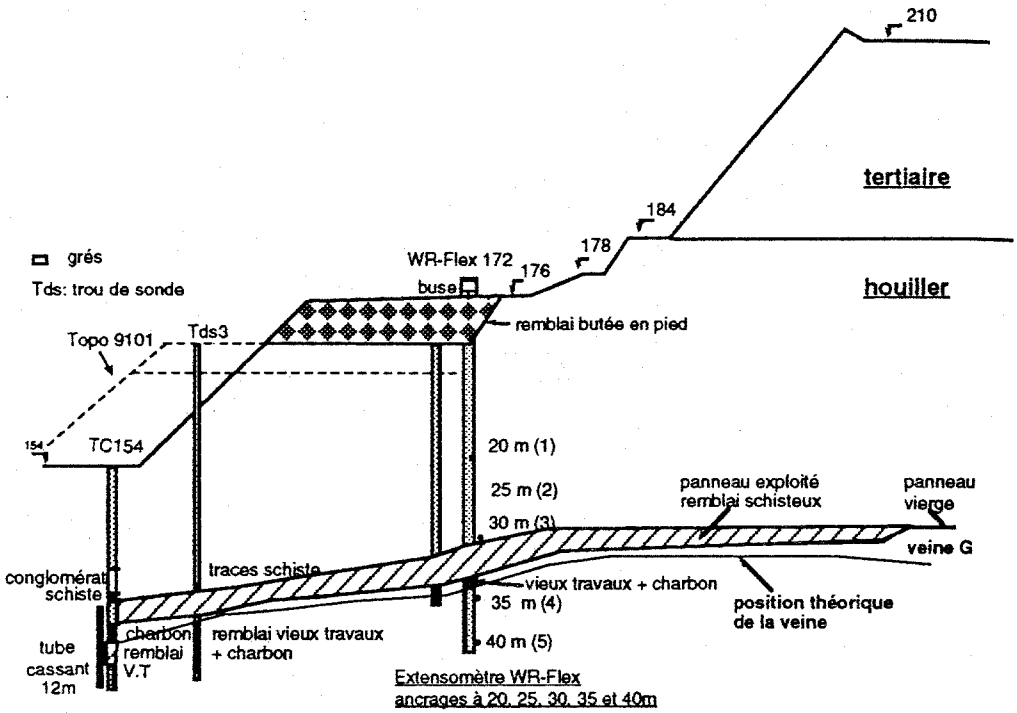


Figure 9 : Surveillance du panneau G1 - Coupe n°4 passant par l'extensomètre wr-flex N172 et le tube cassant 154

c - Inclinomètre

Un tube inclinométrique (INC7) en aluminium de 50 m (Figure 8) est placé à partir du niveau 182 NGF. Les mesures sont prises depuis Octobre 1990.

d - Topographie

Parmi les plots installés dans la zone concernée, nous considérons le plot 515, situé près de la tête de l'extensomètre "WR-FLEX" au niveau 182, et ce pour une meilleure interprétation des mouvements.

III-3 - Evolution au cours du temps

a - Extensomètre à tige

* Appareil installé à partir du niveau 182

Un mouvement en affaissement est apparu depuis le mois de Mai 1991, à 22 et 27 m. Depuis cette date nous observons une nette évolution de ces deux points. Les ancrages à 32, 37 et 42 m ne montrent aucune déformation significative (figure 10).

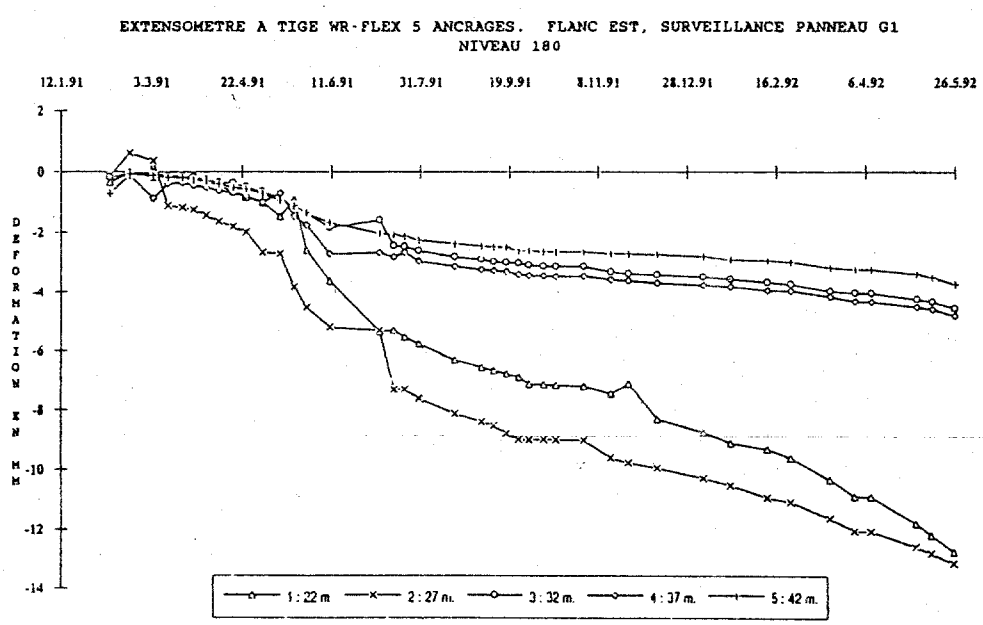


Figure 10 : Variations des déformations des tiges extensométriques WR-FLEX niveau 180

* Appareil installé à partir du niveau 172

D'après les courbes de déformation en fonction du temps de la figure 11, on remarque que :

- de Juillet à Novembre 91 : il y a eu une faible amplitude des mouvements non significative (moins d'un mm),

- de Novembre 91 à Mars 92 : les mesures n'ont pas été prises à cause de l'inaccessibilité due aux travaux de remblayage dans la zone,

- depuis Mars 1992 : nous enregistrons des valeurs positives importantes des points d'ancrage 1 et 2 de 5 et 10 mm. Les points 1 et 2 se situent à 20 et 25 m de la tête du WR-FLEX (figure 11).

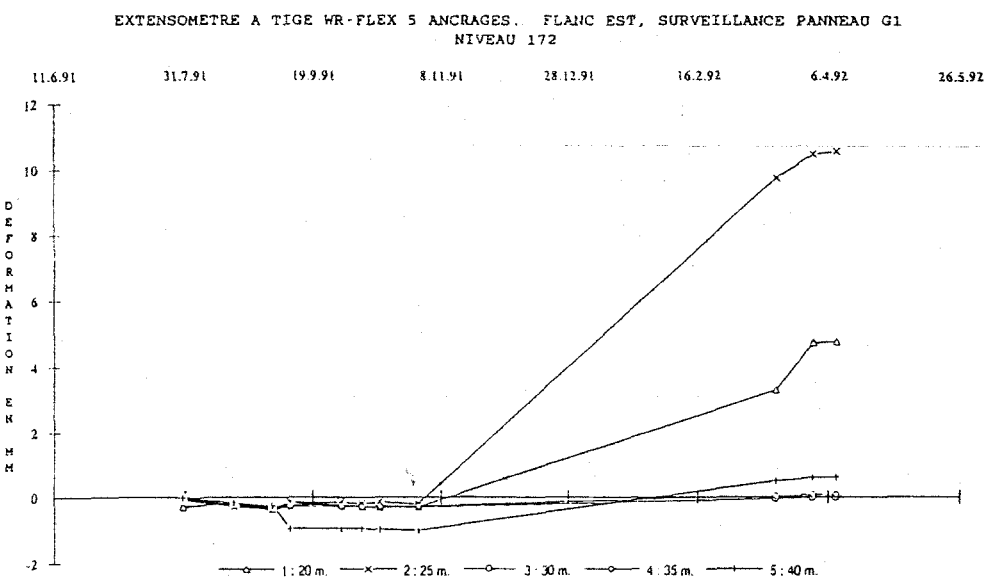


Figure 11 : Variations des déformations de la tige extensométrique wr-flex niveau 172

Les valeurs négatives signifient que la surface rocheuse tend à s'éloigner du point d'ancrage et les valeurs positives traduisent un déplacement de la surface vers le point d'ancrage.

b - Tube cassant

Depuis sa mise en place en Juin 1991, nous n'avons pas observé de rupture.

c - Inclinomètre

Un premier mouvement de l'inclinomètre INC7 (figure 12) a été observé depuis le mois de Décembre 90 à 34 m de profondeur. Au mois de Mai 1991, un autre mouvement de cisaillement est détecté vers 28 m.

Les mouvements en cisaillement localisés toujours vers 28 et 34 m se poursuivent. L'amplitude de la résultante des déplacements est importante et orientée vers l'Ouest (N285) conformément au pendage du panneau G1.

La mesure du 11.5.92 montre que le tube est cisaillé à 22 m de profondeur.

d - Topographie

Les mesures topographiques du plot 515 ont débuté en Octobre 1990. Des mouvements ont été perceptibles à partir du mois de Mars 1991. Après une année de contrôle (Mars 1992), nous

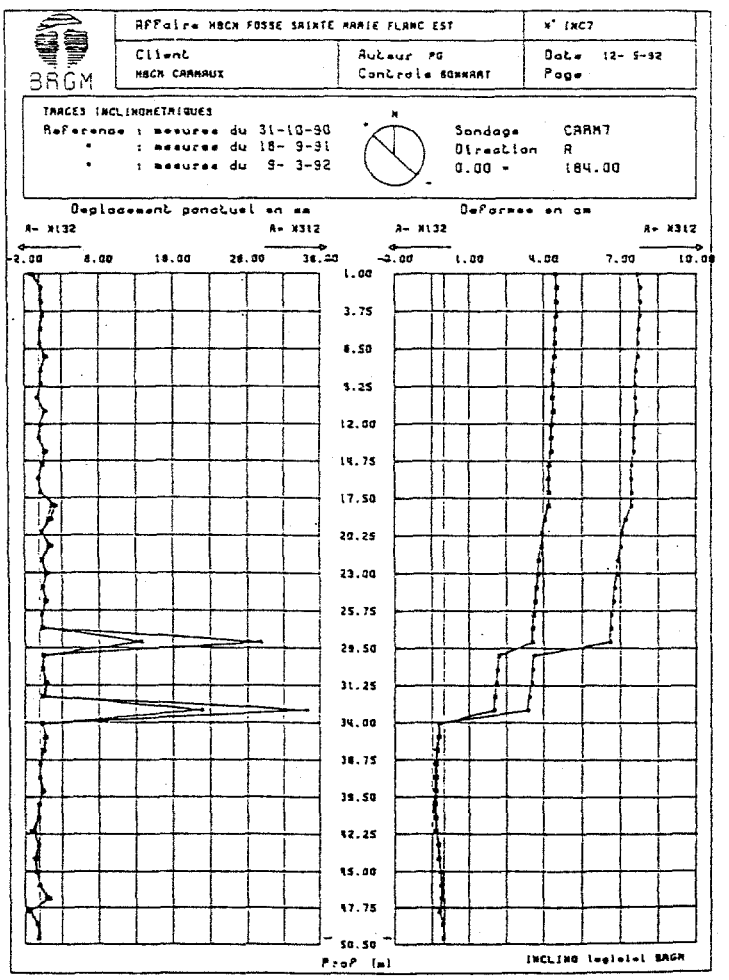


Figure 12 : mouvements de l'inclinomètre INC7 le 12/05/92

enregistrons un déplacement de 12 cm vers le fond de fosse. Depuis cette date nous observons une certaine tendance à la stabilité en surface (figure 13).

III.4 Interprétation

Les mouvements mesurés sont représentatifs de la partie amont et sont localisés au toit immédiat du panneau G1.

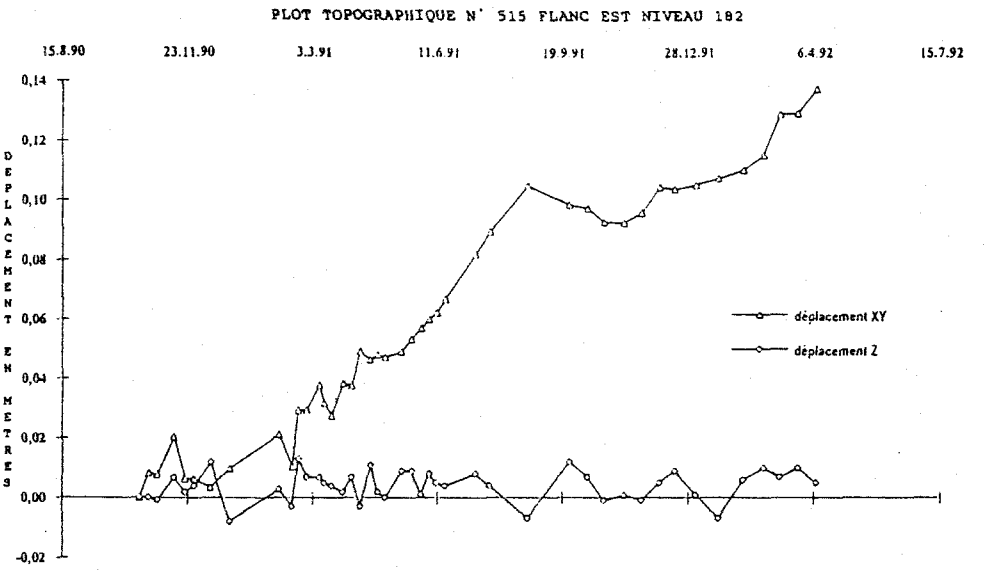


Figure 13 : courbes de déplacement dans le temps du plot 515

Le déplacement horizontal relatif est de 38 mm en Mars 92 (INC7). Les tubes cassants ne présentent pas de rupture. En surface nous ne détectons aucun déplacement significatif.

On peut donc interpréter les mouvements observés comme étant dûs au phénomène de reprise d'affaissements des anciens travaux miniers très localisés ou "Réajustement d'affaissement minier".

IV - CONCLUSION

Nous constatons que les instrumentations sont complémentaires les unes des autres : pour que les observations fournies par l'une d'entre elles soient exploitables, il est impératif que plusieurs méthodes soient mises en oeuvre conjointement. Les mesures topographiques permettent de détecter les mouvements et de délimiter, en surface, les zones instables; les tubes cassants sont de bons indicateurs de rupture, mais à usage unique; les extensomètres, en sondage, permettent de mieux cerner les déplacements à différentes profondeurs, mais seuls les inclinomètres donnent une indication sur la direction des mouvements. Enfin les jauges installées sur les câbles ont permis de vérifier l'action de ces derniers.

Les deux cas présentés : instabilité déclarée et zone susceptible de mouvement, sont liés à des configurations géométriquement défavorables : les panneaux exploités en souterrain et partiellement remblayés ont un pendage vers le centre de l'exploitation à ciel ouvert et sont délimités latéralement par des failles. Ces deux scénarios (auscultation et surveillance) ont permis de préciser le mécanisme des mouvements, de contrôler l'efficacité des mesures confortatives et de détecter une éventuelle accélération des mouvements qui auraient pu mettre en cause la sécurité du personnel. Les mesures de surveillance de ce type se poursuivront au cours de l'approfondissement de la mine car il existe encore des panneaux dépilés dans les couches plus profondes.

REFERENCES

* DELSAHUT B. (1981) - Dynamique du bassin de Carmaux (Tarn) et géologie du Stéphano-Permien des environs (entre Réalmont et Najac) - Thèse de 3e cycle - université Paul Sabatier Toulouse. - Mars 1981
* HANTZ D. (1988). - "L'auscultation des fronts de carrière et des talus". - Revue de l'Industrie Minérale - Mines et Carrières - Juillet 1988.
* HANTZ D. (1990). - "Stabilité des talus de la découverte de Sainte Marie (HBCM - U.E. Tarn)" - Rapport CERCHAR - Juillet 1990.
* HANTZ D. (1991). -"Modélisation des désordres apparus en Juillet 1990 sur le flanc Est de la découverte de Sainte Marie et dimensionnement du stot de protection". Rapport Ineris- Juin 1991.
* ROCHET L. (1991). - "Mouvements de versants de grande ampleur - Auscultation, Diagnostics, Surveillance". Séminaire Délégation aux Risques Majeurs - D.S.C. Nainville-les-Roches - 19-21 Juin 1991.