

Journée technique CdF
5 Juin 1996 à St-Etienne

***ETUDE DES CRITERES MICROSISMQUES D'EVALUATION D'UN
RISQUE DE COUPS DE TERRAINS***

G. SENFAUTE
Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - INERIS

RESUME

La télésurveillance microsismique s'intègre dans une stratégie de recherche de zones à risques de phénomènes dynamiques. Cette étude consiste à caractériser et comprendre l'activité microsismique induite lors de l'exploitation des chantiers profonds dans le but d'obtenir des critères de reconnaissance des zones susceptibles d'engendrer de tels phénomènes. L'étude détaillée de la répartition spatiale des foyers microsismiques permet de mettre en évidence des corrélations cohérentes entre la position des foyers, les changements dans l'état de contraintes du massif lors de l'exploitation et la configuration de l'exploitation. Les résultats ouvrent des perspectives intéressantes en ce qui concerne la recherche des risques de coups de terrains par écoute microsismique.

INTRODUCTION

Si tous les coups de terrains constituent des événements sismiques, tous les événements sismiques ne dégènèrent pas en coups de terrains. Les causes intrinsèques de ces événements sismiques particuliers, s'il en existe, sont mal connues et leur prévision à court terme soulève de grandes difficultés. Ainsi, la libération brutale d'énergie peut se produire en divers endroits par rapport au front d'exploitation, par exemple :

- dans la couche exploitée en avant du front de taille,
- en arrière du front de taille exploitée,
- dans des piliers se trouvant au voisinage de l'exploitation,
- dans deux ou plusieurs des endroits énumérés ci-avant, simultanément ou presque simultanément.

L'étude détaillée sur la répartition spatiale des foyers sismiques est ainsi d'un intérêt particulier dans la recherche des critères microsismiques d'évaluation d'un danger. C'est dans ce cadre que l'étude détaillée sur la position des foyers microsismiques est réalisée.

Présentation du chantier étudié

Le chantier choisie pour étudier en termes de risques d'un danger d'intabilité dynamique la répartition spatiale des foyers sismiques est le quartier d'exploitation de l'Estaque Nord (taille 07) à l'U.E. Provence. Le choix d'étudier la répartition spatiale d'événements associés à cette taille a été effectué d'après les critères suivants :

- l'exploitation de cette taille a été effectuée selon deux configurations d'exploitation différentes, ce qui permet d'étudier le comportement de l'activité microsismique suivant des configurations distinctes (figure 1),
- plusieurs phénomènes dynamiques ont affecté l'exploitation de cette taille,
- sa position centrale par rapport à la géométrie du réseau sismique est très favorable à une meilleure précision dans la localisation des foyers.

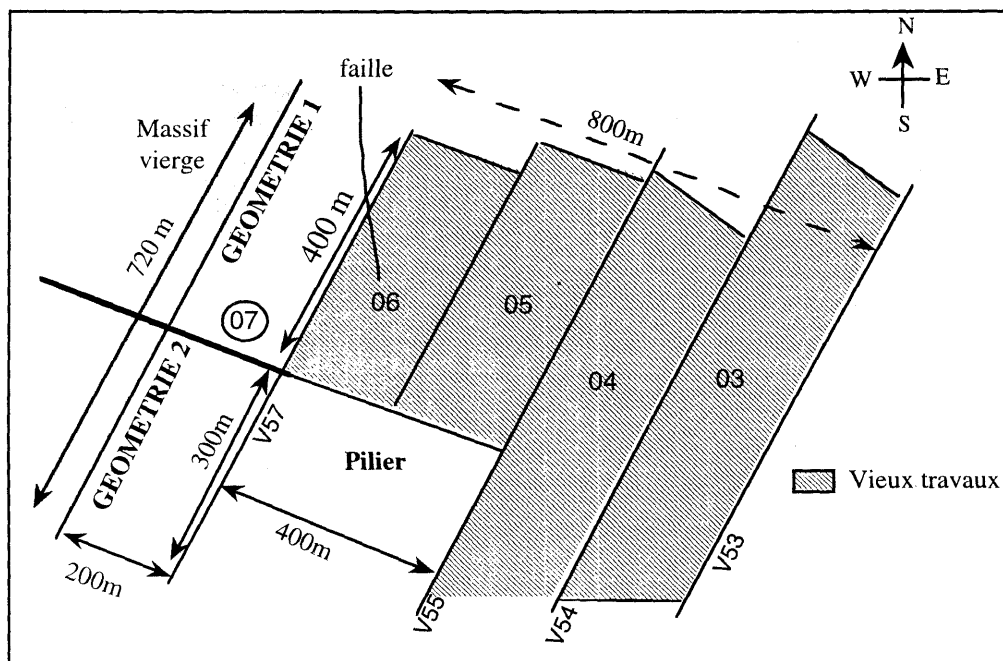


Figure 1 : Représentation schématique des configurations d'exploitation de la taille en étude : géométrie 1 et géométrie 2.

Une bonne précision sur le temps d'arrivée de l'onde est indispensable dans la localisation des foyers. Pour ceci, le traitement manuel de 2 114 événements sismiques associés à

l'exploitation de la taille 07, c'est-à-dire, le pointé manuel du début et de la fin de l'onde de 19026 signaux sismiques a dû être effectué. Ce traitement assure une grande partie de la précision recherchée pour la localisation des foyers.

Position des foyers microsismiques par rapport au front de la taille exploitée

Pour chaque événement, la distance entre le front de la taille et le foyer sismique a été déterminée ainsi que la localisation par rapport au front, c'est à dire à l'arrière ou à l'avant du front. Les résultats montrent que la répartition des foyers microsismiques est fortement dépendante de la géométrie d'exploitation, à savoir :

- dans la géométrie 1 (la taille longe les vieux travaux d'une taille adjacente) les événements se localisent dans toute la gamme des magnitudes à l'avant et à l'arrière du front de la taille, mais ils sont plus nombreux à l'avant du front, entre 0 et 50 mètres à l'avant,
- dans la géométrie 2 (la taille longe un pilier) les événements sismiques se localisent également à l'arrière et à l'avant du front, mais à la différence de la géométrie 1 ils sont plus nombreux à l'arrière du front, entre 0 et 80 mètres à l'arrière.

Ces résultats fournissent un premier classement des événements sismiques :

- *événements classe A* : population d'événements localisés à l'avant du front de la taille. L'avant de la taille accompagnant l'avancement est une zone de fortes contraintes dynamiques. Ce serait la mise en charge et la fracturation de l'avant du front de la taille exploitée qui seraient responsables de l'apparition de ces événements,
- *événements classe B* : population d'événements localisés entre 0 et 80 mètres à l'arrière du front. Plusieurs phénomènes, parmi lesquels le foudroyage de l'arrière taille et la configuration d'exploitation seraient responsables de l'apparition de ces événements.

Ces résultats dessinent une bonne cohérence entre la position des foyers microsismiques et les changements qui s'opèrent dans les chantiers lors de l'exploitation. Une étude quantitative de la répartition des événements permettra d'établir des critères concrets sur la position préférentielle des foyers.

Quantification de la répartition des foyers sismiques

Pour quantifier la répartition des événements sismiques nous avons procédé à un découpage de la taille par zones. Dans ce découpage la taille est divisée en 16 zones différentes (exemple figure 3). Chaque zone contient, en nombre et en pourcentage, les événements sismiques correspondants.

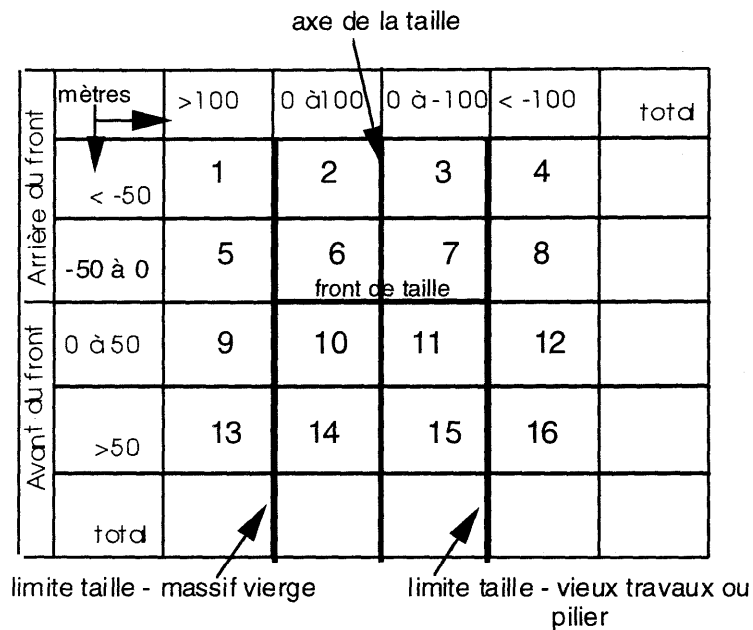


Figure 3 : Représentation graphique du découpage par zones de la taille 07 en vue de quantifier la répartition des foyers sismiques. L'axe X au centre du carré correspond au front de la taille et l'axe Y au centre correspond à l'axe central de la taille.

Une fois que les limites des différentes zones ont été définies le nombre et le pourcentage de secousses correspondant à chaque zone et ceci par classes de magnitude et par configuration d'exploitation ont été calculés. La distribution des secousses dans ces 16 zones permettra d'interpréter la distribution préférentielle d'une population de 2114 événements sismiques (figure 4).

MAGNITUDE < 2 **GEOMETRIE - 1**

	1	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Vt 0 à 100	Vt < -100	total
Arrière du front						
< -50	8	1,5	2	3,4	1,7	8,6
-50 à 0	5	0,9	47 8,8 front de taille	54 10,1 taille	15	121
0 à 50	11	2	67 12,5	90 16,8	20	188
> 50	11	2	81 15,1	62 11,5	28	182
total	35	6,5	206 38,4	224 41,7	72 13,4	537 100

Magnitude < 2 **GEOMETRIE - 2**

	1	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Pi 0 à 100	Pilier < -100	total
Arrière du front						
< -50	3	0,5	13	42	62	120
-50 à 0	1	0,2	43 6,9 front de taille	113 18,2 taille	128 20,8	285
0 à 50	6	1,0	65 10,5	78 12,5	26	175
> 50	4	0,6	15	14	9	42
total	14	2,3	136 21,9	247 39,7	225 36,2	622 100

2,5 Magnitude < 2,5 **GEOMETRIE - 1**

	2	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Vt 0 à 100	Vt < -100	total
Arrière du front						
< -50	0	0	10	11	13	34
-50 à 0	1	0,2	40 6,1 front de taille	72 11 taille	50	121
0 à 50	8	1,2	61 9,3	115 17,6	21	205
> 50	8	1,2	71 10,8	138 21,1	36	253
total	17	2,6	182 27,8	336 51,3	120 18,3	655 100

2,5 Magnitude < 2,5 **GEOMETRIE - 2**

	2	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Pi 0 à 100	Pilier < -100	total
Arrière du front						
< -50	1	0,3	5	14	23	43
-50 à 0	1	0,3	39 11,5 front de taille	77 22,8 taille	48 14,2	165
0 à 50	2	0,6	40 11,8	56 16,6	10	108
> 50	2	0,6	10	5	5	22
total	6	1,8	94 27,8	152 45,0	86 25,4	338 100

Magnitude = 2,5 **GEOMETRIE - 1**

	3	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Vt 0 à 100	Vt < -100	total
Arrière du front						
< -50	0	0	1	1	5	7
-50 à 0	0	0	0	7 13,5 front de taille	1,9	8
0 à 50	0	0	3 5,8	11 21,2	4	18
> 50	0	0	0	10 19,2	8 15,4	9
total	1	1,9	4 7,7	29 55,8	18 34,6	52 100

Magnitude = 2,5 **GEOMETRIE - 2**

	3	Mv >100	Mv-Ta 0 à 100	Ta-Pi 0 à 100	Pilier < -100	total
Arrière du front						
< -50	0	0	15,8	0	0	15,8
-50 à 0	0	0	10,5 15,8 front de taille	3 15,8 taille	0	5
0 à 50	0	0	15,8	7 35,8	0	10
> 50	0	0	0	0	1	1
total	0	0	42,1	10 52,6	1 5,3	19 100

Figure 4 : Répartition préférentielle des foyers sismiques suivant la géométrie d'exploitation et la magnitude de l'événements sismique. La zone hachurée représente la concentration des secousses $\geq 10\%$. Le chiffre en haut de chaque maille correspond au nombre de secousses et le chiffre du bas au pourcentage. Mv : massif vierge, Ta : taille, Vt : vieux travaux.

Les événements microsismiques faibles : magnitude < 2.0

Dans la géométrie 1 (la taille longe les vieux travaux d'une taille adjacente), les événements microsismiques de magnitude inférieure à 2.0 se localisent à l'intérieur de la taille exploitée et préférentiellement à l'avant du front, à environ 25 mètres du front (figure 5a). Tandis que dans la géométrie 2 (la taille longe un pilier), les événements se localisent préférentiellement à l'arrière du front à environ 25 mètres à l'arrière et à l'extérieur de la taille exploitée, c'est à dire dans la zone du pilier (figure 5b).

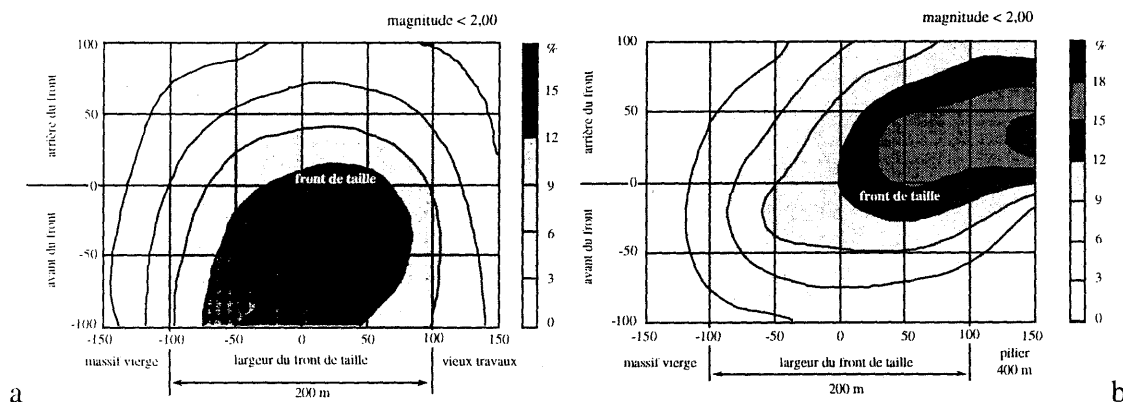


Figure 5 : Position préférentielle des événements sismiques faibles (magnitude < 2) induits lors de l'exploitation de la taille 07 du quartier Estaque Nord, suivant deux configurations d'exploitation distinctes : a. géométrie 1, b. géométrie 2.

La distribution préférentielle de cette catégorie d'événements met en évidence les zones d'appuis des vides créés à l'arrière de la taille. Ainsi, dans la géométrie 2, le pilier adjacent à l'exploitation constituerait une zone importante d'appui dû au vide de l'arrière-taille. Les piliers qui limitent les anciennes exploitations constituent des zones surchargées; l'arrivée du front d'exploitation dans ce type de configuration créerait une surcharge dans des zones déjà surchargées qui générerait une microfracturation responsable de l'apparition de ces faibles événements. Dans une exploitation adjacente aux vieux travaux (géométrie 1), les événements faibles se localisent préférentiellement à l'avant du front d'exploitation, celui-ci caractériserait l'appui principal des vides créés à l'arrière de la taille.

Les événements microsismiques forts : magnitude ≥ 2.5

Dans la géométrie 1 (la taille longe les vieux travaux d'une taille adjacente), les événements se localisent à l'intérieur de la taille exploitée avec une répartition préférentielle à l'avant du front de la taille entre 25 et 100 mètres à l'avant (figure 6a). Dans la géométrie 2 (la taille longe un

pilier) les événements se regroupent également à l'intérieur du panneau exploité et préférentiellement à l'avant du front entre 20 et 50 mètres de celui-ci (figure 6b).

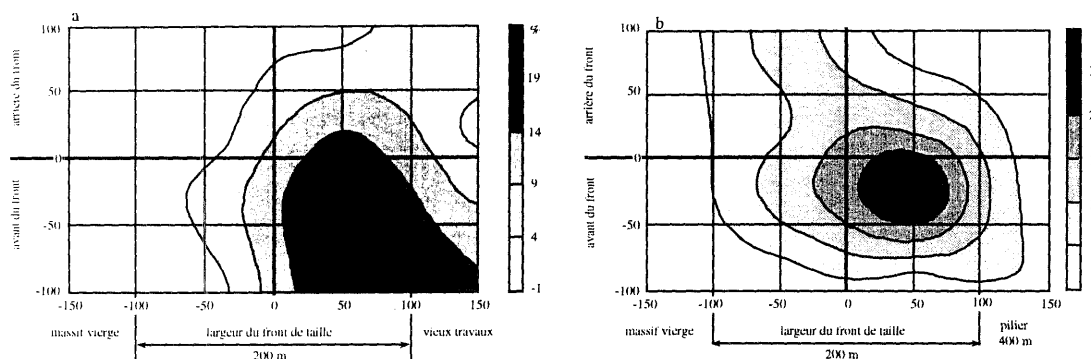


Figure 6 : Position préférentielle des événements sismiques forts (magnitude > 2.5) induits lors de l'exploitation de taille 07 du quartier Estaque Nord, suivant deux configurations d'exploitation distinctes : a. géométrie 1, b. géométrie 2.

Ces fortes secousses (magnitude > 2,5) seraient représentatives de la mise en charge dynamique et de la fracturation à l'avant du front de la taille. Une partie de cette catégorie d'événements se localise également dans la zone des vieux travaux de la taille adjacente; ils seraient associés à l'ouverture ou au glissement des anciennes fractures remises en jeu lors de l'exploitation du nouveau panneau adjacent.

Syrek et Kijko (1988) ont obtenu des résultats similaires dans les mines de charbon Polonaises. Ces auteurs montrent que les événements les plus énergétiques se localisent préférentiellement à l'avant du front de la taille exploitée.

La position des foyers microsismiques et les coups de terrains

L'exploitation de la taille 07 du quartier Estaque a été affectée par des phénomènes de coups de terrains. Ces phénomènes se localisent dans une configuration d'exploitation où le panneau exploité longe les vieux travaux d'une taille adjacente (géométrie 1, figure 6a). Tous ces événements sismiques associés à des dommages (coups de terrains) se localisent à proximité du front de la taille entre 0 et 50 mètres à l'avant et du côté des anciens travaux d'une taille adjacente.

Ces résultats montrent que les événements forts (magnitude > 2,5) qui se localisent à proximité du front de la taille, du côté des anciens travaux et essentiellement à l'avant du front

entre 0 et 50 mètres à l'avant seraient des événements microsismiques avec un danger potentiel de coups de terrains.

Synthèse

L'étude de la répartition spatiale de 2 114 événements microsismiques met en évidence des corrélations cohérentes entre la position des foyers et les zones de mise en charge lors de l'exploitation. Les résultats montrent que la configuration d'exploitation a une influence significative sur la localisation préférentielle des événements microsismiques.

En termes d'évaluation d'un danger basé sur la position des foyers, les résultats mettent en évidence que si les foyers des secousses fortes sont très proches du front de la taille exploitée, essentiellement devant le front et du côté d'anciens travaux d'une taille adjacente, il y aurait un danger potentiel de coup de terrain. Ceci peut constituer un critère microsismique de danger d'instabilité dynamique. La détermination de ce "critère" est un pas très important qui sert de directive dans la recherche de critères beaucoup plus détaillés.

Références

Bigarré P., Lablée S., Dodo Amadou A., Piguet J.P., Josien J.P., 1995. Utilisation de réseaux neuromimétiques pour la localisation automatique d'événements microsismiques. International Congress on Rock Mechanics, Tokyo.

Gibowicz S., 1990. Keynote lecture : the mechanism of seismic events induced by mining. 2nd Int. Symp. Rockbursts and Seismicity in Mines, ed. Fairhurst C., Balkema, pp 3 - 27.

Senfaute G., Bigarré P., Josien J.P., Mathieu E., 1994. Real-time microseismic monitoring : Automatic wave processing and multilayered velocity model for accurate event location. Rock Mechanics in Petroleum Engineering, EUROCK'94 Delf/Netherlands, Balkema, pp 631 - 638.

Senfaute G., 1995. La surveillance microsismique de l'exploitation souterraine du charbon aux Houillères de Provence. Thèse présentée à l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 321 pages.

Syrek B., Kijro C., 1988. Energy and frequency distributions of mining tremors and their relations to rockburst hazard in the Wujek coal mine, Poland. Acta Geophy. Pol., n° 36.