3è SESSION D'ETUDE

SUR

LES TECHNIQUES DE SAUTAGE

EVOLUTION DE LA REGLEMENTATION SUR LES NUISANCES DE SAUTAGE

par

Marc-Denis Everell, ing.
Mines et métallurgie
Sciences et génie
Université Laval

TABLE DES MATIERES

Page

1. INTRODUCTION 1

2. NUISANCES DE SAUTAGE 3

2.1. Projection de blocs 3
2.2. Bruits de sautage 3
2.3. Les vibrations du sol 6

3. REGLEMENTATION AUX ETATS-UNIS ET AILLEURS DANS LE MONDE 10

4. REGLEMENTS AU QUEBEC 17

5. COMMENTAIRES SUR LA MISE EN DOUTE DU CRITERE DE LA VITESSE PARTICULAIRE DE SEUIL A RESPECTER. 18

6. CONCLUSION 20

REFERENCES 21

1. INTRODUCTION

La réglementation relative aux nuisances de sautage est très variable parmi les pays industrialisés. Dans certains pays, états ou villes, la réglementation est très précise et même restrictive alors qu'ailleurs on laisse à l'entrepreneur ou à l'exploitant la responsabilité de s'assurer que ses travaux de sautage ne conduiront pas à des dommages aux individus. et aux propriétés. Par ailleurs alors que les dommages potentiels étaient la préoccupation première des législateurs il y a quelques années, dans certaines régions on considère important aussi aujourd'hui le besoin de ne pas déranger indûment la population par les travaux de sautage.

Dans les pays où une réglementation précise est appliquée, les exigences de celle-ci peuvent devenir ennuyeuses; c'est le cas présentement de la réglementation introduite aux Etats-Unis en 1979 par le Federal Office of Surface Mining (OSM) [1] qui vise surtout les exploitants des mines à ciel ouvert mais qui pourrait devenir d'application plus généralisée dans les années à venir, étant donné que les officiers gouvernementaux responsables de l'écriture des règlements ont souvent tendance, faute de mieux, à s'inspirer de ce qui se fait sous d'autres juridictions.

Une autre source d'inspiration pour les responsables des services de protection sont les règlements ou les limites édictées par des organismes comme l'"International Standard Organization" (ISO)[2]. Suite à la proposition de certains membres, cet organisme étudie entre autres l'adoption de limites volontaires sur le bruit et les vibrations. Le Canada comme beaucoup d'autres pays industrialisés possède un équivalent canadien de cet organisme qui peut être consulté par les responsables de la réglementation.

Dans cette présentation nous allons d'abord discuter des principales nuisances dues à l'emploi des explosifs dans les travaux d'ingénierie en surface soit dans les travaux de construction, en carrière et dans les mines à ciel ouvert. Ensuite, nous présentons une discussion, qui ne peut

qu'être incomplète sur l'état de la réglementation sur les nuisances de sautage de différents pays pour en dégager quelques leçons quant à l'évolution de la réglementation dans les années à venir au Québec. Finalement, nous traiterons brièvement de travaux de recherche récents qui semblent vouloir remettre en question le critère de la vitesse particulaire pour le seuil de vibrations dans le sol à ne pas dépasser afin de protéger les structures.

2. NUISANCES DE SAUTAGE

Les principales nuisances que l'on rencontre en relation avec des travaux de sautage en surface sont les projections de blocs, les bruits de sautage et les vibrations du sol [3, 4]. Suivant la localisation du site des travaux par rapport à la position des individus ou/et des propriétés elles peuvent suivant le cas constituer des dangers, de simples dérangements ou encore passer inapperçues.

2.1. Projection de blocs

De par son mode de fonctionnement la fragmentation de rocher par explosif peut projeter des fragments de roche importants à des distances considérables. Les statistiques sur les accidents relatifs à l'usage des explosifs révèlent plusieurs cas de projection hors des limites jugées sécuritaires, qui ont conduit à des blessures et même à des pertes de vie. Les règles générales pour réduire ces problèmes de projection sont bien connues. Il s'agit d'utiliser des facteurs de chargement compatibles avec le massif rocheux à fragmenter et une répartition de l'explosif compatible avec les distances sécuritaires de projection à conserver tout en maintenant des fardeaux raisonnables pour la première rangée en particulier (en sautage par banc) et en utilisant des hauteurs de bourrage suffisantes pour les trous. Dans certains cas, un nettoyage du banc peut aider à maintenir les projections de blocs au minimum. Quand les précautions énumérées plus haut sont encore insuffisantes compte tenu d'un besoin de faire les travaux plus rapidement et là où l'ampleur des travaux est limitée il faut recourir, pour des sites à courte distance de structures à protéger, à des systèmes de recouvrement des sautages comme l'utilisation de tapis de sautage ou l'emploi de couverture de sable au-dessus des trous.

2.2. Bruits de sautage

Les bruits de sautage sont le résultat de deux facteurs principaux. Il y a d'abord, lorsqu'il est utilisé, la détonation du système de mise

à feu par cordeau détonnant ("primacord") placé sur le sol, puis bien entendu l'échappement des gaz de tir suite à la mise à feu de l'explosif contenu dans les trous de forage.

Les vibrations acoustiques transmises dans l'air sont caractérisées par une crête de surpression suivie d'une série d'oscillation de la pression. Les ondes produites lors des très grosses explosions à l'air libre peuvent provoquer des dégâts importants aux constructions à cause de l'effet de souffle dû à la dépression qui suit la crête de surpression. Les mesures effectuées avec des sonomètres tendent à montrer que le niveau de la surpression décroît avec la distance au point de tir et qu'il est inversement proportionnel à la racine cubique de la charge d'explosif sautée instantanément. La figure 1 donne la valeur maximale de la surpression incidente mesurée au cours d'essais sur le terrain par le U.S. Bureau of Mines [5] en fonction de la distance pondérée, c'est-à-dire le quotient de la distance réelle par la racine cubique de la charge. Les effets aériens de deux explosions sont comparables lorsqu'on se trouve à la même distance pondérée du point d'explosion. Comme on peut le constater à l'examen de la figure 1, le confinement des charges d'explosif utilisées réduit considérablement le niveau de la surpression mesurée. Sur l'ordonnée de droite de la même figure 1, une échelle équivalente est employée, soit le niveau de pression sonore de crête donné en décibels. La surpression de l'air peut provoquer le bris de vitres bien montées à partir de 50 millibars, mais suivant l'orientation, les dimensions et la qualité du montage on a pu observer des ruptures de vitres à partir de 7 millibars.

Les bruits de sautage peuvent être réduits d'abord en supprimant les charges d'explosifs tirées à l'air libre, comme le cordeau détonnant principal (qui peut être enterré d'un à deux pieds de sable) ou les charges superficielles pour la fragmentation secondaire des blocs. Ils peuvent également être réduits par l'utilisation de retards qui permettent, pour une même masse d'explosifs utilisée de n'avoir que des charges plus faibles tirées au même instant. Dans certains cas particuliers, il pourrait être avantageux de réduire la hauteur des bancs, diminuant ainsi le bruit de

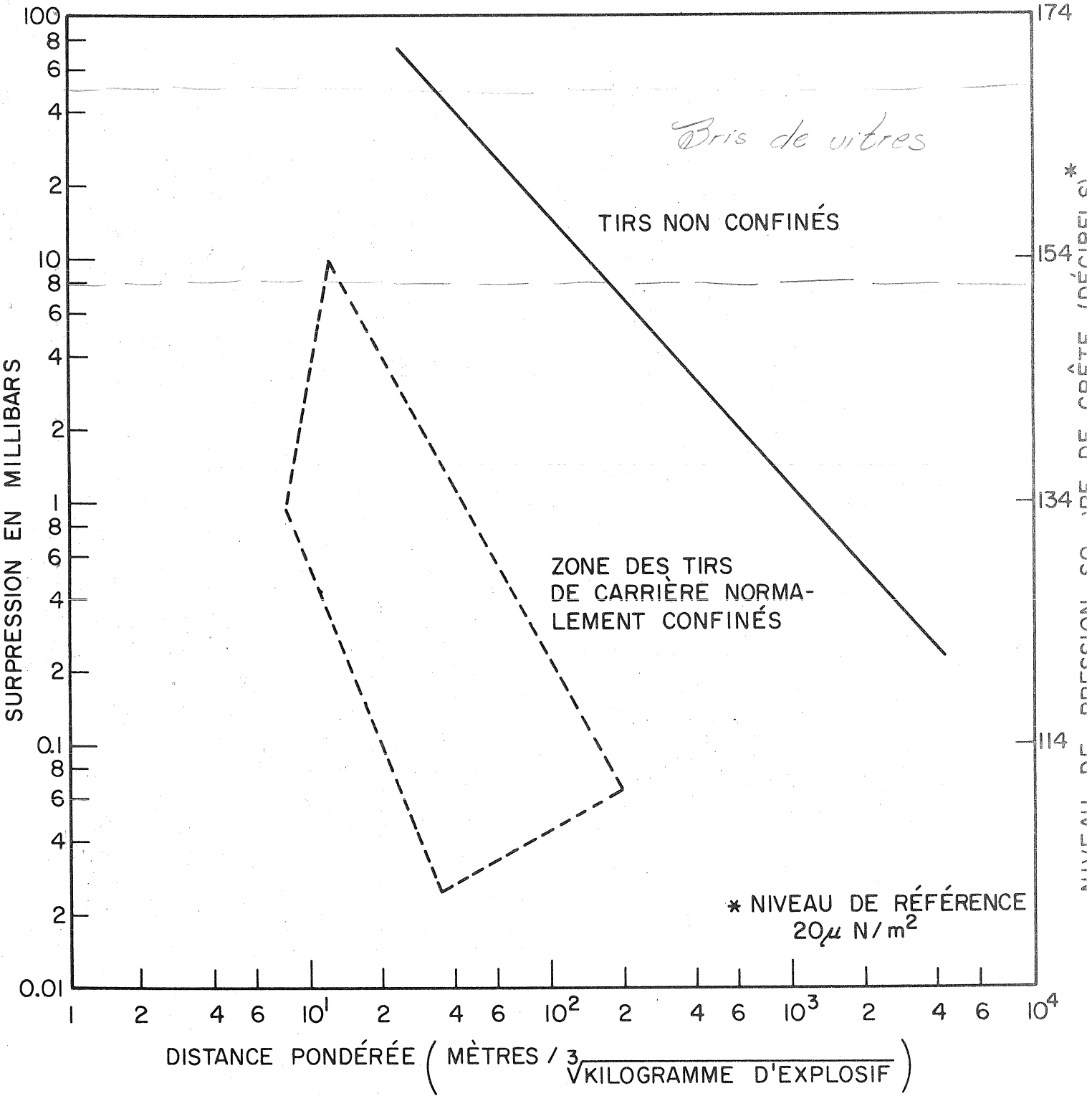

Figure 1: Surpression produite par un tir d'explosif en fonction de la distance pondérée. (5)

sautage produit par l'avancement de la face. Aussi en autant que possible, on devrait dans des cas critiques retarder le sautage si les conditions météorologiques sont telles qu'il pourrait y avoir concentration des bruits de sautage, dans un certain périmètre du site, néfastes aux structures et aux individus.

2.3. Les vibrations du sol

La mise à feu d'explosifs induit dans les terrains environnants une onde de choc qui s'atténue rapidement et se transforme en ondes élastiques dans le terrain. Ces ondes provoquent en un point du sol un ébranlement que l'on peut caractériser par son amplitude, sa vitesse particulaire, son accélération et sa fréquence. La vitesse de transmission (vitesse séismique) de ces ondes varie, selon la nature et l'état de fissuration du terrain traversé, de 1500 à 5000 m/s; elles s'amortissent en s'éloignant du lieu d'explosion. On observe dans certains cas que, à la même distance d'une même explosion, les vibrations peuvent être plus intenses dans des terrains non-consolidés que dans des terrains homogènes et résistants.

Par ailleurs, l'intensité des vibrations produites par un tir est sensiblement proportionnelle à la racine carrée de la charge d'explosif tirée par retards ou micro-retards espacés d'au moins 8 à 20 millisecondes, les vibrations produites par de tels tirs se composent en général sans accroître leur valeur maximale. Seule une étude sur le site permet de déterminer ces paramètres d'intensité et d'amortissement.

Depuis la publication des études du U.S. Bureau of Mines au début des années 1970[5], on caractérise souvent les ébranlements produits dans le sol par le tir d'explosifs à l'aide de mesures effectuées en employant des géophones pour identifier la vitesse particulaire des vibrations. Ces mesures sont souvent faites à différentes distances du site de façon à définir les lois d'atténuation qui peuvent s'appliquer dans un terrain particulier. Les résultats pour un site donné sont couramment présentés comme sur la figure 2 où l'on a la vitesse particulaire en fonction d'une distance pondérée. Dans la plupart des cas, on mesure aujourd'hui la vitesse particulaire simultanément dans trois directions perpendiculaires;

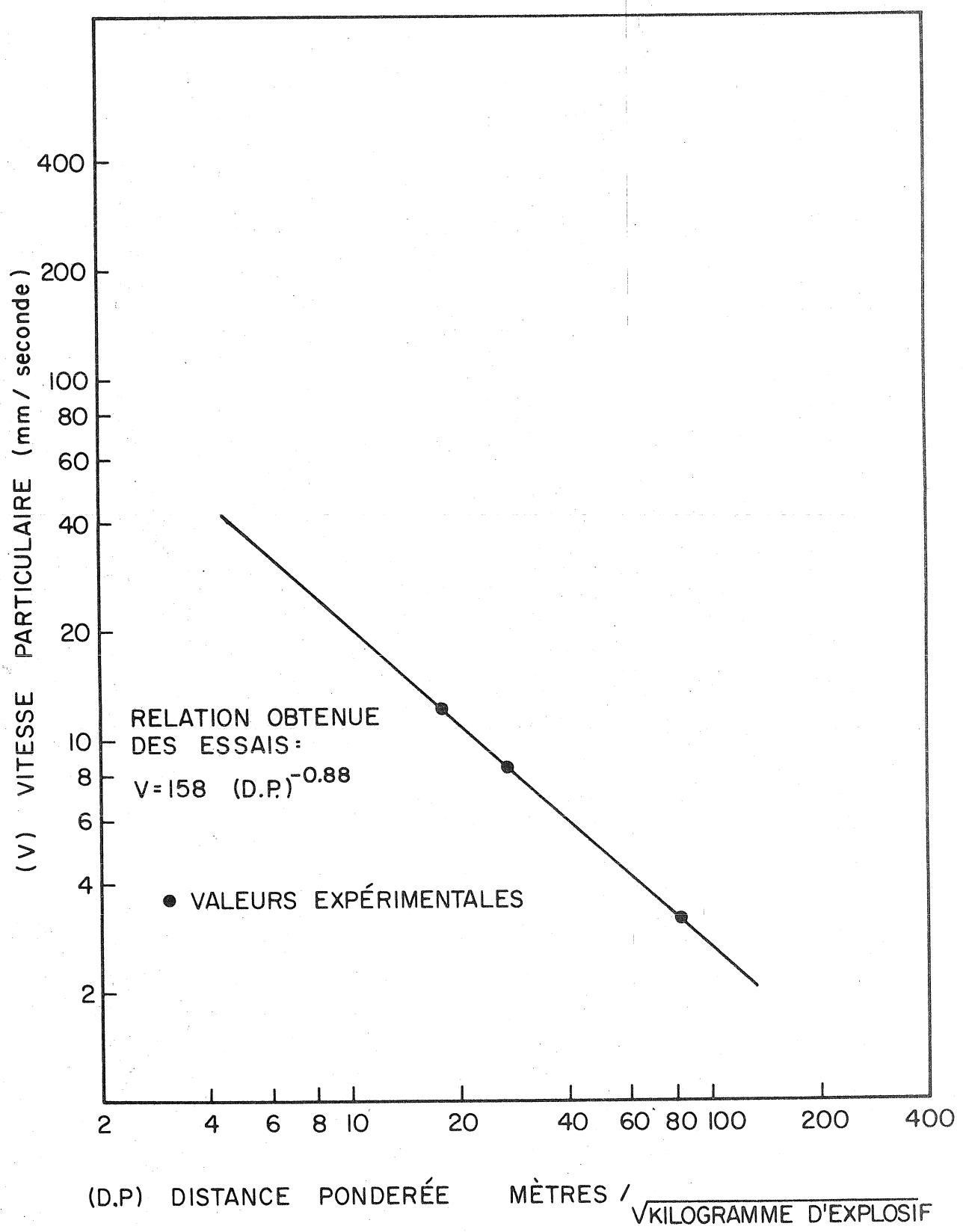

Figure 2: Vitesse particulaire produite par un tir d'explosif en fonction de la distance pondérée.

par la suite on peut s'intéresser à la vitesse particulaire résultante et/ou à la vitesse particulaire maximale dans une des trois directions.

Pour éviter des vibrations de sol excessives à proximité de sites de sautage, on peut contrôler les vibrations de sautage avec un séismographe de façon à maintenir à proximité des bâtiments à protéger des niveaux de vibration en dessous d'un seuil de dommages. Ce seuil de dommages exprimé par une vitesse particulaire à ne pas dépasser varie selon le pays et même la région de pays; de plus, le niveau du seuil a eu tendance à descendre au cours des dernières années. En l'absence d'un séismographe de sautage sur le site, différentes règles empiriques sont utilisées pour calculer les charges d'explosif permissibles par délai de sautage. La plus récente est celle qui fut proposée par Comeau[6]: elle implique un choix de vitesse particulaire limite à ne pas dépasser et un facteur de sautage qui réfère généralement au confinement de l'explosif toutefois elle néglige l'effet du site. Plusieurs juridictions en Amérique du Nord exigent l'utilisation d'une limite inférieure sécuritaire pour la distance pondérée en l'absence de l'usage d'un séismographe. Cette limite a pour effet de conduire à des calculs où la charge permissible par micro-retard est très sécuritaire. (Une distance pondérée de 50 pi/lb 1/2 permet de calculer une distance sécuritaire de 500 pieds pour une charge de 100 lb d'explosifs).

Pour réduire le niveau de vibration, on peut décomposer la charge d'explosifs en charges élémentaires tirées avec des retards ou des micro-retards d'au moins 8 à 20 millisecondes. En effet, dans le cas d'un tir avec retards ou micro-retards le niveau des vibrations est lié à la charge élémentaire tirée avec le même retard ou micro-retard, et non pas à la charge totale. Les nouveaux systèmes de sautage séquentiel (électrique ou non) permettent aujourd'hui encore plus de versatilité à cet égard. Dans certains cas limites particuliers, il peut y avoir avantage à choisir autant que possible une orientation du front qui soit adaptée aux conditions naturelles (fissuration, pendage des couches), en sachant que les vibrations se transmettent de préférence parallèlement

aux discontinuités du massif rocheux. Occasionnellement, on peut provoquer un obstacle à la propagation des vibrations dans le sol entre l'excavation et le site à protéger. Cela peut être réalisé par :

1- des tirs de prédécoupage provoquant un plan de fissuration préalable qui amortira les vibrations;

2- des barrières de trous forés pour atténuer les vibrations au voisinage du site à protéger.

50 pi/lb

Si : W = 100 lb $D/W^{1/2} = 50$

$d = 500$

3. REGLEMENTATION AUX ETATS-UNIS ET AILLEURS DANS LE MONDE

Au cours des dernières années une des plus importantes législations concernant l'usage sécuritaire des explosifs a certainement été celle qui a été introduite aux Etats-Unis avec le "Surface Mining Control and Reclamation Act" de 1977 et plus précisement avec la réglementation finale datée de mars 1979. Cette nouvelle législation et en particulier les limites sévères imposées sont la conséquence des très mauvaises techniques de sautage utilisées par un certain nombre d'exploitants de charbon de la région des Appalaches. Suite à ces pratiques, des groupes de presssion "environnementalistes" ont monté des dossiers qui ont convaincu les législateurs que la situation demandait un resserrement des règlements qui, semble-t-il, permettaient trop d'abus qui ont conduit à de nombreux dommages à des propriétés. En particulier ces dommages ont remis en cause, à tort ou à raison, la limite sécuritaire pour la vitesse particulaire qui avait été fixée à 2 po/sec par le rapport 656 de Nichols du U.S. Bureau of Mines au début des années 1970[5].

La nouvelle législation [1, 7] qui est entrée en vigueur en 1980 est considérée une législation minimale pour les mines à ciel ouvert des Etats-Unis et pourrait bien au cours des prochaines années, de l'avis de plusieurs, devenir la législation minimale pour les autres utilisateurs d'explosifs en surface comme les entrepreneurs en travaux de construction. Aux Etats-Unis, les états ont aussi leurs propres réglementations un peu comme au Canada et il peuvent faire appliquer une réglementation encore plus sévère que celle du Federal Office of Surface Mining (OSM). Les principaux éléments de la réglementation OSM sont énumérés au tableau I. Ils comprennent les enquêtes préalables, les cédules de sautage, la protection du public contre les projections, les limites sur les vibrations du sol, une équation pour la distance pondérée, les limites pour les bruits de sautage, une distance minimale à respecter et le maintien d'un registre.

TABLEAU I

Nouvelle règlementation fédérale des Etats-Unis pour le sautage en mine à ciel ouvert(1)

Enquêtes préalables

Les personnes possédant une propriété à l'intérieur d'un rayon d'un demi-mille peuvent demander un examen de l'état de leur propriété avant l'entreprise de sautages.

Cédules de sautage

L'exploitant doit faire la publication des cédules de sautage au préalable et avec détails. Au maximum 4 heures par jour pour les sautages.

Protection du public contre les projections

Projection au maximum à la demie-distance entre le site minier et une propriété à protéger.

Limites sur les bruits de sautage

135 décibels crête pour une mesure avec un instrument dont la limite est de 0.1 Hz ou moins (0.0073 lb/po^2).

Limites sur les vibrations du sol

1.0 po/sec crête avec indication d'une réduction possible à l'avenir ... ~ 0.5 po/sec?

Equation pour la distance pondérée

La réduction à 60 de la distance pondérée exprimée en pi/lb$^{\frac{1}{2}}$

(Tableau I suite ...)

Distances minimales à respecter

Le maintien d'une distance minimale de 1000 pieds entre les sautages et des propriétés.

Registre de sautage

Le maintien des registres en dossier pour au moins 3 ans.

Les enquêtes préalables ont pour but premier de favoriser la communication entre les habitants de la région et l'exploitant de mine. En deuxième lieu, l'enquête a pour but de fournir un enregistrement des conditions préalables d'une structure et de permettre des comparaisons pour identifier des dommages suite aux sautages, s'il y a lieu. La cédule de sautage doit être publiée de 10 à 20 jours avant qu'un programme de sautage débute. On doit en informer les habitants jusqu'à un demi-mille du site. La protection du public est considérée primordiale et à cet effet les règlements traitent de la protection des voies d'accès au site et spécifient le sautage de jour seulement. Les limites sur les bruits de sautage tout comme celles pour les vibrations dans le sol sont réduites et ont été le sujet de beaucoup de critiques. Toutefois en ce qui concerne les limites pour les vibrations dans le sol celles-ci ont été conservées supérieures aux limites proposées par les groupes de pression qui demandaient une limite maximale de 0.5 po/sec soit une valeur qui s'approche de la limite de perception par les individus. En accord avec le changement de la limite pour la vitesse particulaire, on a haussé la valeur de la distance pondérée (D.P.) à 60. C'est cette valeur qui doit être utilisée pour calculer la charge permissible par délai de sautage de 8 à 20 msec et plus dans le cas où on n'utilise pas de séismographe. Le poids de la charge C se calcule comme suit:

$$C = (D/D.P.)^2,$$

où D est la distance qui sépare le site de sautage de la structure à protéger. Par ailleurs, la distance minimale de 1000 pieds à respecter entre un site de sautage et les propriétés environnantes a été sujet à beaucoup de controverses.

A la lecture de ce bref compte-rendu sur la nouvelle législation, on ne peut s'empêcher de noter l'ampleur des restrictions par rapport aux règlements qui s'appliquent ailleurs. On doit faire remarquer cependant que déjà certains règlements ont été rejetés par des magistrats de cours inférieures. Ces règlements sont à suivre...

Au tableau II, on présente les normes de différents pays pour les seuils admissibles de vibrations dans le sol[3]. Mis à part les nouvelles normes pour les mines à ciel ouvert de charbon les normes courantes aux Etats-Unis sont pour le moment telles que présentées au tableau II. La Suède accepte des normes un peu moins sévères alors qu'en Allemagne, on est beaucoup plus détaillé dans l'écriture des prescriptions réglementaires. En France, on n'a pas encore de normes ou prescriptions pour les seuils admissibles, le tout étant encore au stage de projet de règlement.

Récemment le "International Standard Organization" (ISO) a eu à considérer l'acceptation de normes très sévères concernant les vibrations de sautage. Celles-ci sont présentées sur la figure 3 où sont également illustrés les normes américaines du OSM. Heureusement pour l'exploitant le projet de normes volontaires sévères du ISO a été jusqu'ici refusé par les pays participants[2, 8, 9]. Les proposeurs reviendront à l'attaque; aussi il serait opportun que les utilisateurs d'explosifs québécois fassent connaître leur point de vue aux représentants canadiens à ces corps internationaux. Il est certain qu'à long terme les normes volontaires acceptées par cet organisme auront une influence sur les législations acceptées au pays.

TABLEAU II

Normes concernant les niveaux à respecter pour les vibrations dans le sol à proximité de structures à protéger (3)

Vitesse maxi. mm/s	USA Résultats USBM	SUEDE Langefors 1958	RFA Norme provisoire DIN 4 150	FRANCE Recommandations AFTES	
				Qualité de construction	V.L. (m/s) dans terrains
75		Seuil de dégâts légers		Bonne	4 500
50	Probabilité de dégâts ≤ 5%			Bonne	3 000
40			Seuil de dégâts pour: Bâtiments solides		
30					
25				Bonne	1 500
				Moyenne	4 500
15				Moyenne	3 000
10	Probabilité de plaintes faible				
8			Habitations normales	Moyenne	1 500
7,5				Mauvaise	4 500
5				Mauvaise	3 000
4			Maisons peu solides, Monuments		
2,5				Mauvaise	1 500
	$V_{résultante}$	$V_{verticale}$	$V_{résultante}$	$V_{résultante}$	

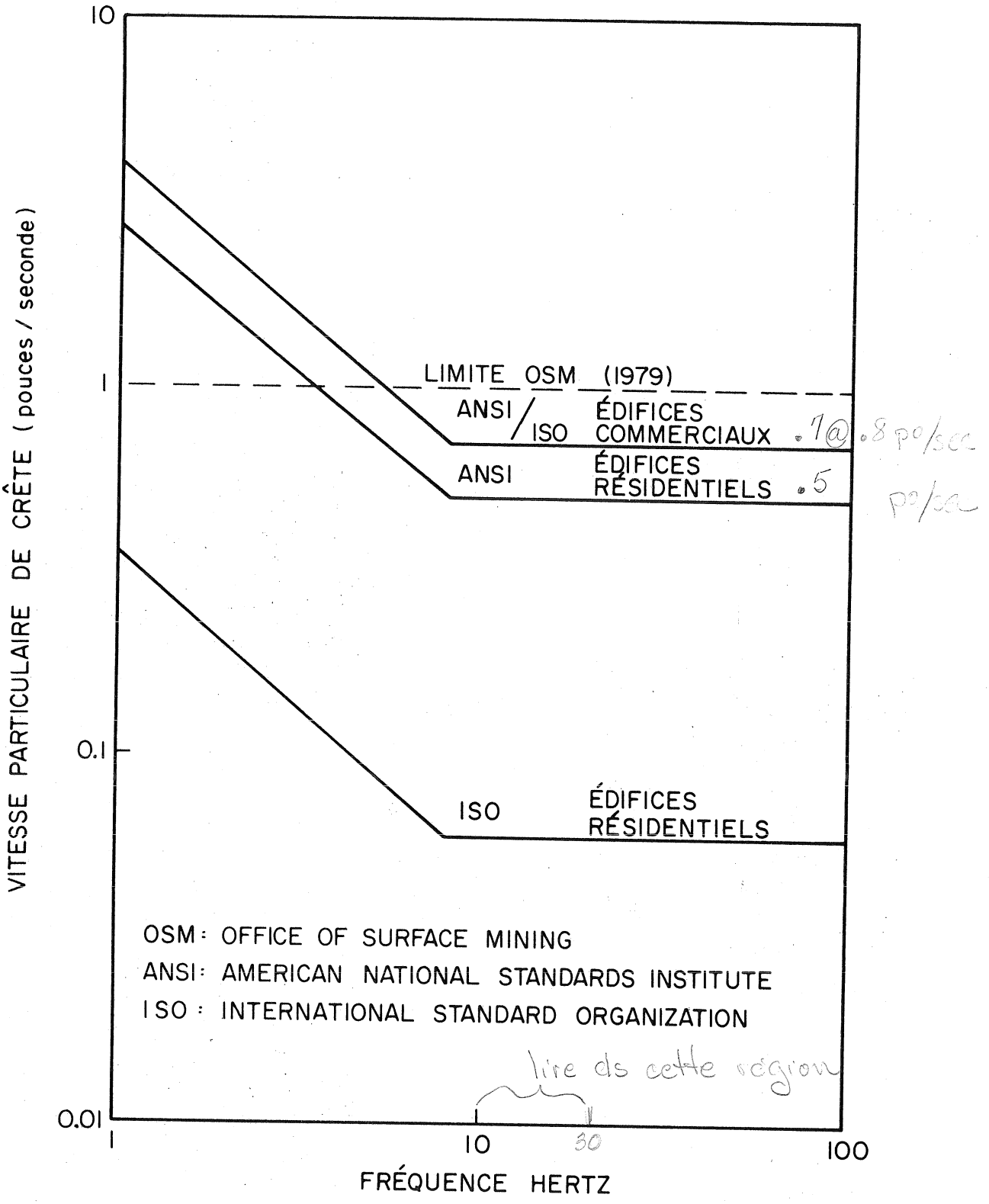

Figure 3: Différentes normes pour la vitesse particulaire en fonction de la fréquence (2, 8)

4. REGLEMENTS AU QUEBEC

En général la réglementation qui s'applique au Québec en matière des nuisances de sautage n'est pas très précise ou du moins beaucoup moins précise que la réglementation aux Etats-Unis tant au niveau fédéral que dans divers états. Par contre, notre législation a les mêmes buts de protéger le public et ses biens. La législation moins exigeante pourrait peut-être s'expliquer par les meilleures relations qu'entretiendrait l'exploitant ou l'entrepreneur québécois avec son entourage?

La réglementation québécoise sur les nuisances de sautage pourrait apparaître dans trois documents principaux qui suivent:

- Les règlements sur la santé et la salubrité dans les mines[11]
- Les règlements sur la protection de l'environnement[12]
- Le code de sécurité pour les travaux de construction[12]

Seulement dans les deux derniers retrouve-t-on quelques mentions de tels règlements et d'une écriture très succincte. Au sujet des carrières dans le document sur la protection de l'environnement[11], on mentionne la nécessité de maintenir la vibration dans le sol à 30 mètres d'une structure ou d'un puits artésien à une valeur inférieure à 4 cm/seconde (article 34). Dans le même document, on exige de maintenir une distance sécuritaire de 600 m entre une nouvelle carrière et une habitation (article 11). Dans le répertoire de règlements relatifs aux travaux de construction[12], on mentionne la nécessité de maintenir les charges d'explosif à un niveau sécuritaire et on demande l'utilisation de tapis de sautage à proximité des édifices. Par ailleurs, plusieurs villes ont des règlements locaux concernant les nuisances de sautages.

5. COMMENTAIRES SUR LA MISE EN DOUTE DU CRITERE DE LA VITESSE PARTICULAIRE DE SEUIL A RESPECTER

Une étude récente de Medearis[13] met en doute le bien-fondé du critère de la vitesse particulaire de seuil à respecter. L'auteur indique que le critère de vitesse particulaire néglige de prendre en ligne de compte les caractéristiques dynamiques prédominantes du terrain et de la structure ébranlée. Au cours de ses études, il a noté à une certaine occasion une vitesse particulaire dans le sol de 3 po/sec à proximité d'une maison alors que sur le toit il pouvait enregistrer une valeur de 9 po/sec. Il considère que ce degré d'amplification devrait intervenir dans l'évaluation des dommages potentiels.

Après étude du comportement d'un nombre de résidence privées aux Etats-Unis, il en vient à la conclusion que la fréquence de résonnance de ces bâtiments est de l'ordre de 5 à 30 Hz. Les maisons les plus hautes avaient une fréquence plus faible que les maisons d'un étage. Medearis a également examiné les possibilités d'une amplification de certaines vibrations avec la nature du sol et de la distance du point de tir.

Les idées de Medearis sont partagés par un certain nombre d'experts américains en vibration de sorte qu'il ne faudrait pas se surprendre de voir apparaître dans les réglementations futures des critères beaucoup plus complexes pour juger des seuils de dommages potentiels.

Il semble en effet, cette fois d'après Foster[14], qu'à des valeurs de vitesse particulaire très faibles, si la fréquence de la vibration dans le terrain est similaire à celle de la structure, l'énergie est transmise dans la structure et une perception humaine considérable en résulte. Alternativement si une structure est soumise à un haut niveau

d'énergie de vibration en termes de vitesse particulaire mais si la fréquence dans le terrain est différente de celle de la structure alors peu d'énergie est transmise à la structure et il en résulte une faible perception humaine.

6. CONCLUSION

Les nuisances de sautage ont depuis longtemps été identifiées. Aujourd'hui on comprend bien la plupart des problèmes qui se posent et on connaît les techniques pour les limiter au maximum selon les besoins pour un site de sautage donné.

Particulièrement aux Etats-Unis la législation en matière de contrôle des nuisances de sautage est en train de devenir excessive suite à certains abus par un groupe très restreint d'entrepreneurs et d'exploitants. D'autre part, sur le plan international, il est possible que des réglementations volontaires très restrictives soient introduites s'il n'y a pas une certaine vigilence de la part des utilisateurs d'explosifs.

Au Québec, la réglementation en matière de nuisances ne semble pas encore excessive pour le moment. Par contre, suite à ce qui se passe ailleurs et particulièrement aux Etats-Unis, l'industrie des utilisateurs d'explosifs devra s'auto-discipliner pour éviter que ne se détériorent les bonnes relations qui existent présentement entre les utilisateurs et le public au Québec. Dans le cas contraire, les législateurs locaux auront tout le loisir de choisir des règlements plus restrictifs sans peine suivant la réglementation des organismes américains ou d'ailleurs.

Finalement, étant donné l'amélioration de la compréhension des problèmes de vibrations des structures suite à des sautages, il faut s'attendre à certaines modifications de la réglementation dans les années à venir en particulier en ce qui a trait au critère de dommages potentiels par vibration et du remplacement de celui-ci par un système plus complexe rendu possible par des meilleures techniques d'analyse qui prendront tout probablement en compte les dynamiques du terrain et de la structure.

7. REFERENCES

1. Dick, Richard, A., "A Review of the Federal Surface Coal Mine Blasting Regulations", Proceedings of the Fifth Conference on Explosives and Blasting Technique, p. 1-8, Society of Explosives Engineers, 1979.

2. Coonan, Gerald R., "Potential Limits for Regulations of Environmental Effects of Blasting", Proceedings of the Fifth Conference on Explosives and Blasting Techniques, p. 251-254, Society of Explosives Engineers, 1979.

3. Dejean, M. et Tritsch, J.J., "Réduire les nuisances due à l'emploi des explosifs dans les carrières", Revue de l'industrie minérale, p. 85-89, février 1980.

4. Kerulis, Frederic, J., "Control of Vibration and Noise Resulting from Surface Mine Blasting", Mining Congress Journal, p. 36-39, July, 1977.

5. Nichols, Harry., Johnson, Charles F., and Duvall, Wilbur I, "Blasting Vibrations and Their Effects on Structure", Bureau of Mines, Bulletin 656, U.S. Department of Interior, Washington, D.C., 1971

6. Comeau, Wilfrid, "Blasting and Its Control at Hydro Quebec", Proceedings of the Third Conference on Explosives and Blasting Techniques, p. 63-73, Society of Explosives Engineers, 1977.

7. Arthur, Jack D., "Blasting Safety Requirements Under the New Surface Mining Law", Mining Engineering, p. 1568-1569, November 1979.

8. SEE News, p.3, Society of Explosives Engineers, March, 1980.

9. SEE News, p. 3, Society of Explosives Engineers, June, 1980

10. Réglements concernant la salubrité et la sécurité du travail dans les mines et carrières. Commission de la santé et de la sécurité du travail au Québec, janvier 1980.

11. "Loi de la qualité de l'environnement (Textes réglementaires)", Gazette officielle du Québec, 17 août 1977.

12. "Code de sécurité pour les travaux de construction", Ministère du Travail et de la Main d'oeuvre et l'Office de la Construction du Québec, juin 1978.

13. Medearis, K., "Developing Rational Yardsticks for Blasting Damages", Engineering and Mining Journal, p. 113-116, April, 1979.

14. Rose, Bill and Foster Alan, "Precision Blasting in the Nation's Capital", Proccedings of the Fifth Conference on Explosives and Blasting Techniques, p. 194-205, Society of Explosives Engineers, 1979.