

Ces zones de faiblesse peuvent "débourrer" de manière violente, en projetant à grande distance de ce matériau de remplissage, des fragments rocheux arrachés à la surface.

- *Figure 10. : des problèmes sont aussi à craindre en cas de présence de cavités non connues dans le massif (poches de dissolution dans le calcaire (karsts), anciens travaux miniers, grosses fissures vides, ...). En effet, elles constituent des poches où l'explosif peut s'accumuler de façon excessive (principalement lors de l'usage d'explosif en vrac), en formant localement de véritables bombes.*

Si au cours de la foration, on remarque que la roche comporte des vides ou des zones de moindre résistance (vitesse d'avancement, pression sur le train de tiges), on dispose des moyens de prévention suivants :

- *Si l'on peut repérer avec assez de précision la position d'une zone de moindre résistance, la portion correspondante du trou peut être comblée par un bourrage intermédiaire au cours du chargement des explosifs, afin que l'énergie soit libérée dans les zones massives.*
- *Si une cavité est repérée, il est possible de tuber le trou, par exemple au moyen d'un tube de carton ou de matière plastique, puis de charger les explosifs dans le tubage.*
- *En cas d'incertitude, le trou peut être reforé à proximité, avec une surveillance scrupuleuse de la foration.*

Effets de l'orientation des discontinuités :

- *Dans le cas d'un terrain fracturé, les fissures peuvent former des blocs prédécoupés. Dans ce cas, l'explosif n'a qu'un faible travail de fracturation à fournir, l'essentiel de l'énergie étant utilisé par les fumées de tir qui propulsent avec violence les blocs naturellement découpés.*

- *Il faut particulièrement bien observer le pied et s'assurer qu'un réseau de failles ne découpe pas une forme "en coin", la grande base apparaissant sur la face avant. Si c'est le cas, il faut alléger la charge en pied, et si cette disposition se reproduit il faut faire pivoter l'abattage.*
- *Dans la plupart des cas, les fissures affleurent à la surface du front ou du gradin. Il convient évidemment de positionner les trous entre les fissures plutôt que directement dedans, quitte à modifier localement la maille de foration de quelques décimètres dans chaque direction.*
- *Un tir en travers banc avec le pendage augmente le risque de projections.*

f) La direction du front d'abattage vis-à-vis des zones à protéger.

La direction préférentielle des projections produites par les tirs à l'explosif est souvent la direction perpendiculaire aux fronts et aux surfaces de dégagement.

Il faut donc, lorsque cela est possible, orienter les fronts d'exploitation pour minimiser les risques de projections dans les directions qui doivent être protégées, par exemple dans la direction de zones urbanisées.

Il ne sera pas toujours possible d'orienter les fronts de cette manière, que ce soit pour une nouvelle exploitation (conditions particulières de gisement) ou pour une exploitation existante (une réorientation des fronts exige peut-être une modification complète de la morphologie de l'exploitation, ce qui est généralement impossible).

Dans ce cas, on peut agir par l'intermédiaire de la séquence d'amorçage sur l'orientation des fronts "instantanés", c'est-à-dire des surfaces libres dont l'existence se limite à l'intervalle de temps entre deux départs de trous successifs.

On prévoira aussi, dans ce cas, une protection topographique artificielle (édification d'un merlon) que l'on concevra en fonction de calculs balistiques.

Si l'on a de fortes craintes de projections au sujet d'un tir, il existe encore des moyens de minimiser les risques :

- *Craintes de projections horizontales au pied : former un "bouclier" au pied avec des matériaux abattus.*
- *Craintes de projections verticales, ou horizontales sans provenir du pied : "filet" de protection, en immobilisant soigneusement la protection en crête et en pied. L'efficacité de ce système est discutable, et sa complexité de mise en oeuvre est certaine.*

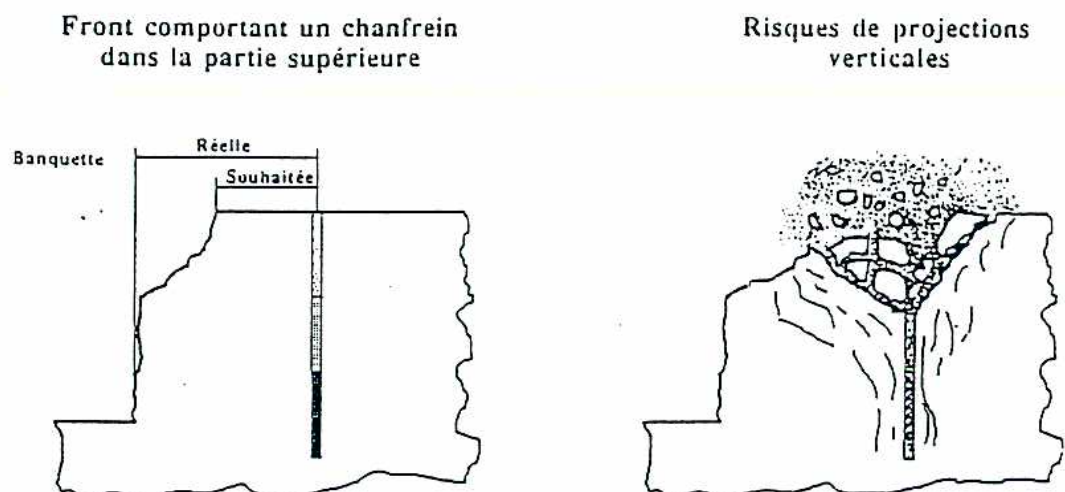


Figure 2. : Risque de projections verticales dues à un chanfrein dans la partie supérieure du front.

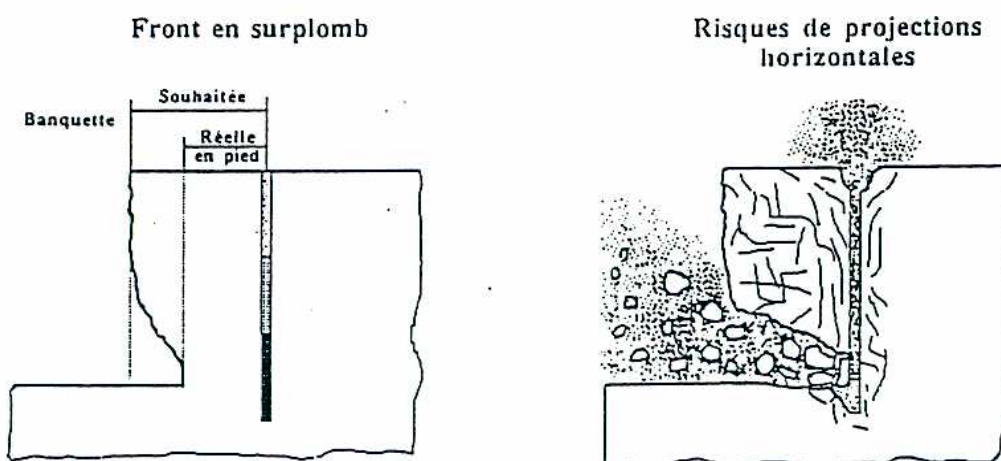


Figure 3. : Risque de projections horizontales dues à un front en surplomb.

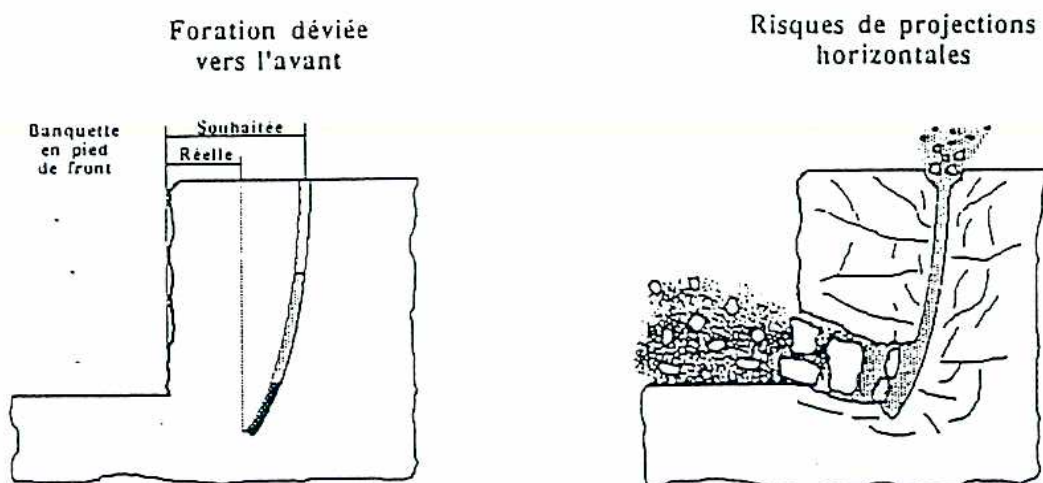


Figure 4. : Risque de projections horizontales dues à la déviation de la foration vers l'avant du front.

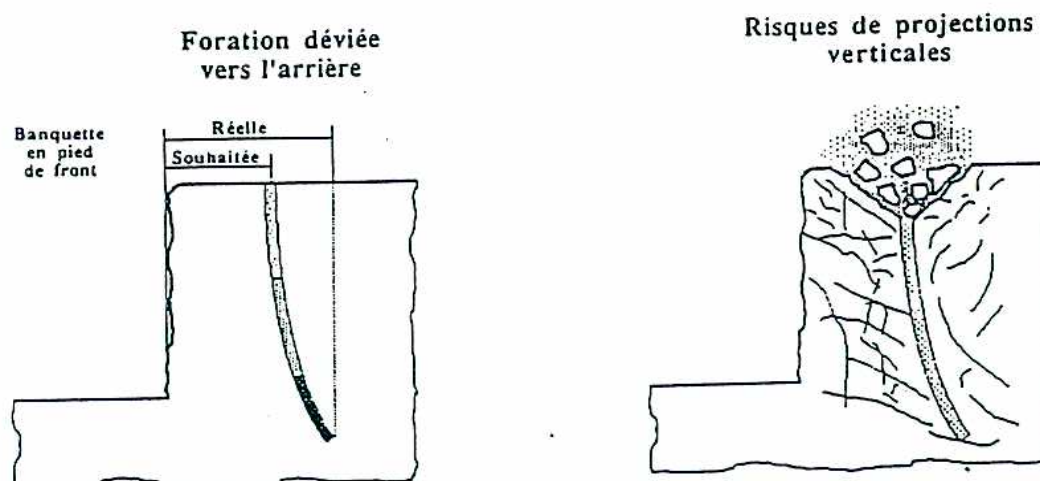


Figure 5. : Risque de projections verticales dues à une déviation de la foration vers l'arrière du front.

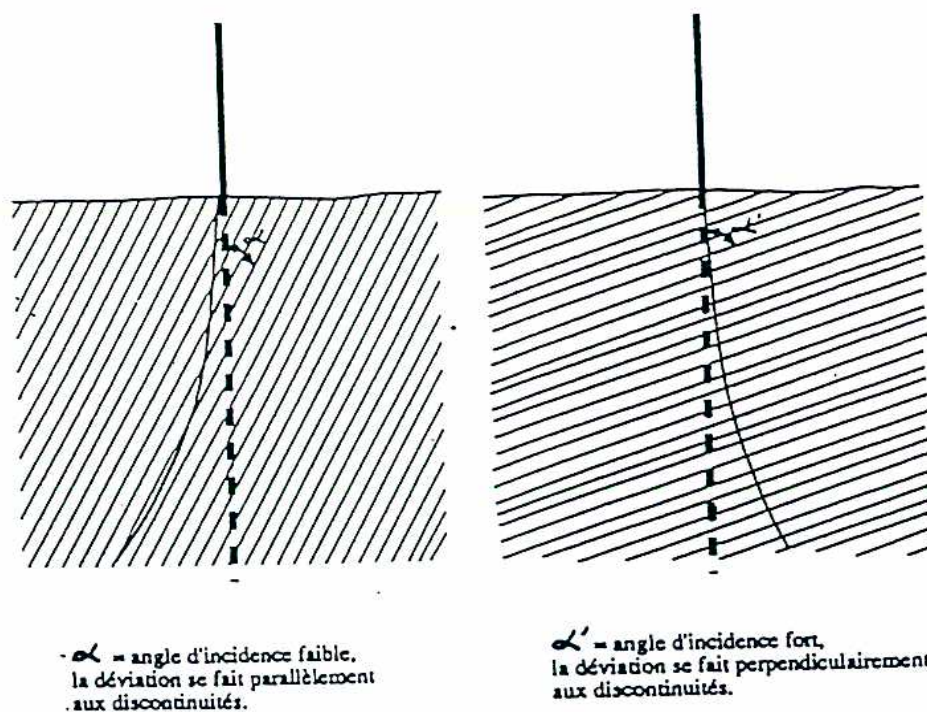


Figure 6. : Déviations de foration dues à la structure du massif.

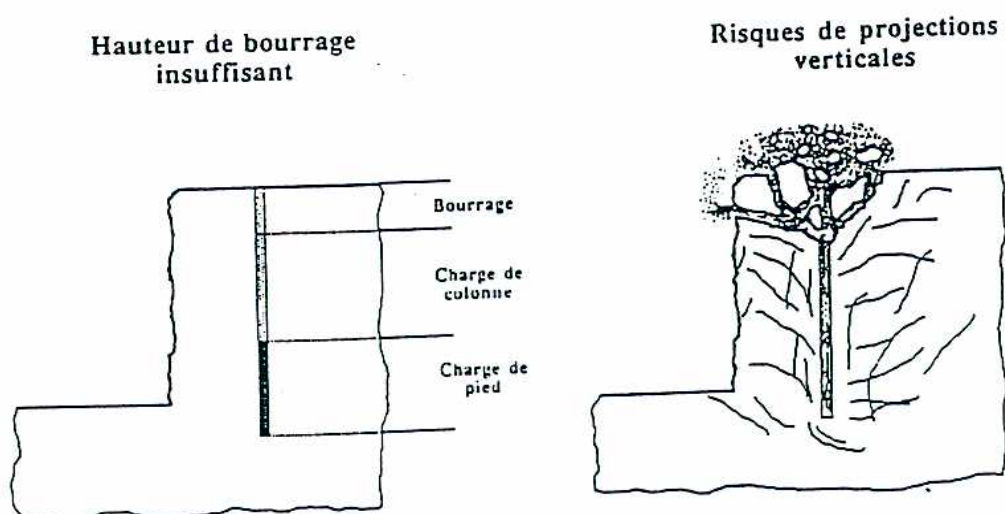
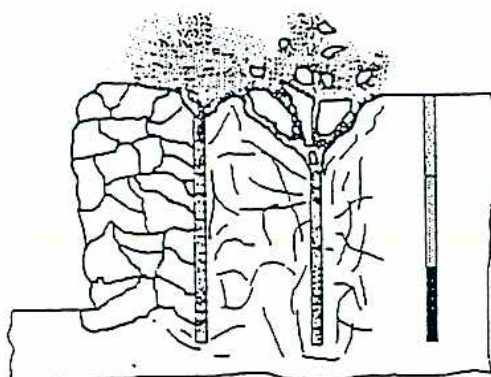


Figure 7. : Risque de projections verticales en raison d'une hauteur de bourrage insuffisante.

Délai trop court entre rangées

La rangée avant n'est pas dégagée au départ de la rangée arrière : projections verticales

**Délai trop long entre rangées**

Les matériaux abattus par la rangée avant sont retombés au départ de la rangée arrière

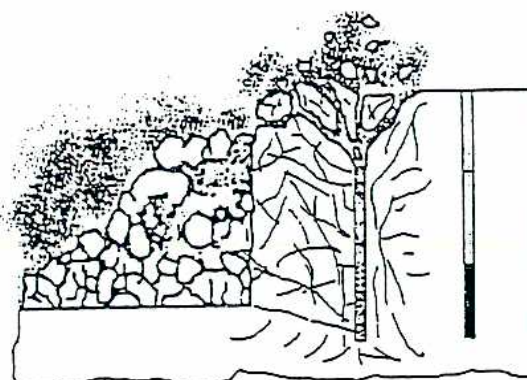


Figure 8. : Risque de projections verticales dues à des délais entre rangées mal calculés.

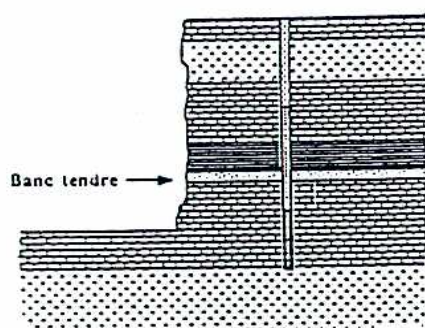
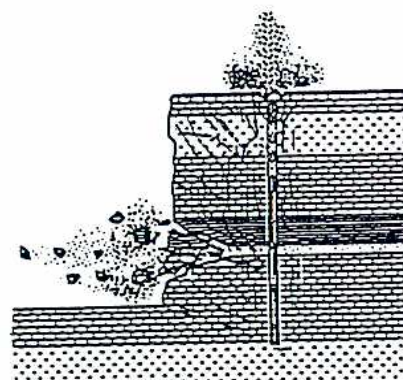
Présence d'un banc ou d'une fissure de moindre résistance**Risques de projections horizontales**

Figure 9. : Risque de projections horizontales dues à un banc de moindre résistance.

Présence d'une cavité souterraine

Par exemple: cavité karstique ou galerie abandonnée

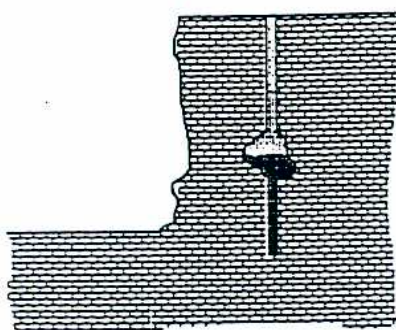
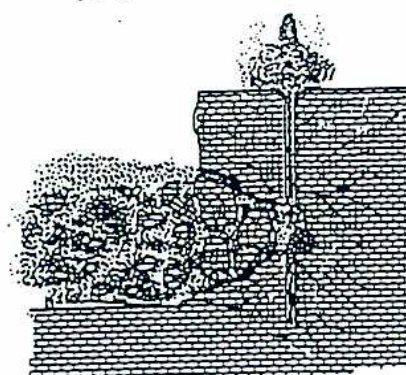
**Important risques de projections horizontales**

Figure 10. : Risque de projections horizontales dues à la présence d'une cavité souterraine.

12.4. Les vibrations.

12.4.1. Paramètres caractéristiques des vibrations.

L'effet d'un choc de tir sur un système sol-construction ne dépend que de la valeur maximale de l'impulsion, et non de l'évolution de la vibration dans le temps. Durant le bref instant où elle atteint sa valeur maximale, la vibration peut être assimilée à une sinusoïde, en vertu de la décomposition en harmoniques de Fourier.

Les paramètres de la vibration sont les suivants :

- fréquence de vibration : f , variant de 1 à 200 hertz
- déplacement ou amplitude : $a = A \cdot \sin 2\pi \cdot f \cdot t$
- déplacement maximal : A , variant de 0 à 50 microns
- vitesse : $v = \frac{da}{dt}$
- vitesse maximale : $V = 2\pi \cdot f \cdot A$, variant de 0 à 100mm/sec.
- longueur du vecteur vitesse résultante

$$V_R = (V_x^2 + V_y^2 + V_z^2)^{1/2}$$

dans des axes orthogonaux (x, y, z)

12.4.2. Facteurs influençant les vibrations.

Voici la liste, non exhaustive, des variables susceptibles d'influencer les paramètres caractéristiques des vibrations, c'est-à-dire la fréquence, l'amplitude et la vitesse :

Variables de position:

- distance du centre de tir au point de mesure,
- direction de mesure,
- angle de cette direction par rapport au front,
- lieu et étage de tir.

Variables de charge :

- charge unitaire instantanée ou charge de la volée (série de mines explosant avec le même retard) la plus chargée,
- numéro du retard de la volée la plus chargée,
- nombre de volées,
- charge moyenne par volée horizontale et verticale,
- charge totale du tir,
- nature de l'explosif.

Variables d'amorçage :

- retard entre les volées (tir instantané ou tir à retards),
- durée totale du tir,
- amorçage classique ou par le pied,
- pour les volées situées sur un même alignement, temps entre les rangées verticales successives (tir en nappe),...
- délais entre trous (tir séquentiel).

Variables de configuration du front de tir :

- épaisseur du pied en avant des premières volées,
- tir régulier ou tir irrégulier tel que tir d'élargissement du front, tir d'approfondissement, tir de reprise de stot,...
- front ouvert ou front fermé n'ayant qu'une seule surface de dégagement.

Variables liées aux conditions géologiques :

- nature de la roche,
- point de mesure en relation étroite avec les bancs de roche du gisement ou séparé par des morts-terrains.

12.4.3. Loi d'amortissement des vibrations.

D'une manière générale, la vitesse de vibration diminue avec la distance entre le front de tir et le point de mesure, et elle augmente avec la charge unitaire instantanée (d'où l'intérêt des tirs à retards et du tir séquentiel).

En se basant sur les travaux de l'U.S. Bureau of Mines, il existe une relation de la forme : $V_z = k (D/\sqrt{C})^\alpha$

où V_z = vitesse verticale de vibration , en mm/sec,

D = distance front - point de mesure, en m,

C = charge unitaire instantanée, en kg,

k = coefficient de vitesse

α est un exposant.

Le coefficient k et l'exposant α sont déterminés expérimentalement en traçant la droite d'équation $y = ax + b$, sur papier logarithmique

$$\log V_z = \alpha \log D/\sqrt{C} + \log k$$

Ces coefficients sont cependant spécifiques à la direction de mesure et à l'étage du tir.

C'est ainsi que, dans une carrière de roche calcaire, l'INIEX (Institut National des Industries Extractives) a mesuré les vitesses de vibration lors de plus de 300 tirs en masse et a déterminé les relations suivantes, dans la même direction de mesure :

étage supérieur $V_z = 3,3 (D/\sqrt{C})^{-0,106}$

étage intermédiaire $V_z = 13,3 (D/\sqrt{C})^{-2,6}$

étage inférieur $V_z = 86,33 (D/\sqrt{C})^{-0,994}$

A titre d'exemple, pour l'étage inférieur, avec une charge d'explosif de la volée la plus chargée de 313 kg et à une distance de 117 m, on a une vitesse de vibration de 13,2 mm/sec.

12.4.4. Effet des vibrations

- sur les constructions :

En l'absence de normes belges, nous retiendrons les critères suivants : caractéristiques des dégâts provoqués par les tirs de mine :

*C'est la **vitesse de vibration** qui caractérise le mieux les dégâts aux constructions.*

*La composante verticale de la **vitesse de vibration** est en pratique toujours la plus élevée, donc la plus dangereuse.*

La vitesse de 40 mm/sec peut généralement être choisie comme limite supérieure des vitesses qui ne créent aucun risque de dégât pour des constructions moyennes, normalement entretenues.

Au-delà de 50 mm/sec, apparaissent certainement des dégâts légers, tels des fissures dans les plâtres.

Entre 100 et 200 mm/sec, surviennent des dégâts moyens à importants, tels des fissures dans les murs.

A environ 250 mm/sec, des petites fissures se produisent dans les massifs rocheux, et des chutes de pierres dans les galeries.

- sur l'être humain :

Si une construction en bon état peut supporter une vitesse de vibration de 40 à 50 mm/sec, l'être humain par contre ressent une vibration dès que sa vitesse atteint 0,75 mm/sec et il la trouve insupportable dès 25 mm/sec.

D'après les enquêtes réalisées, pour une composante verticale de la vitesse de vibration inférieure à 10 mm/sec, le pourcentage de plaignants est faible; il double pour des vitesses comprises entre 10 et 15 mm/sec et quintuple pour des vitesses comprises entre 15 et 25 mm/sec.

12.4.5. Critères de référence.

- 1974 - Le groupe de travail de l'Aftes (Association française des travaux en souterrain) recommande un niveau maximum de la vitesse particulière compris entre 2,5 mm/s pour les habitations vétustes ou de mauvaise qualité et 75 mm/s pour les bâtiments les plus résistants, pour des terrains de caractéristiques différentes. En prenant la célérité des ondes longitudinales, VL, comme indice de qualité du terrain, l'Aftes propose les niveaux maxima de vibrations dans la gamme des fréquences supérieures à 10 hertz.

-1980 - (Siskind D.E., Stagg M.S. & al.). Les limites s'appliquent principalement aux structures de type pavillonnaire ou résidentiel classique de robustesse moyenne (fondations, murs en plâtre). Dans la gamme de fréquence courante, 4 à 15 hertz, les limites de vitesse particulière sont comprises entre 13 et 19 mm/s déterminée à partir de l'analyse spectrale (méthode de Fourier).

- 1983 - Tenant compte des projets de normes étrangères, des études réalisées par l'INIEX et de son expérience, l'Administration des Mines tend à faire limiter la composante verticale de la vitesse entre 15 et 20 mm/sec, suivant les cas, dans les habitations situées dans le voisinage des carrières.

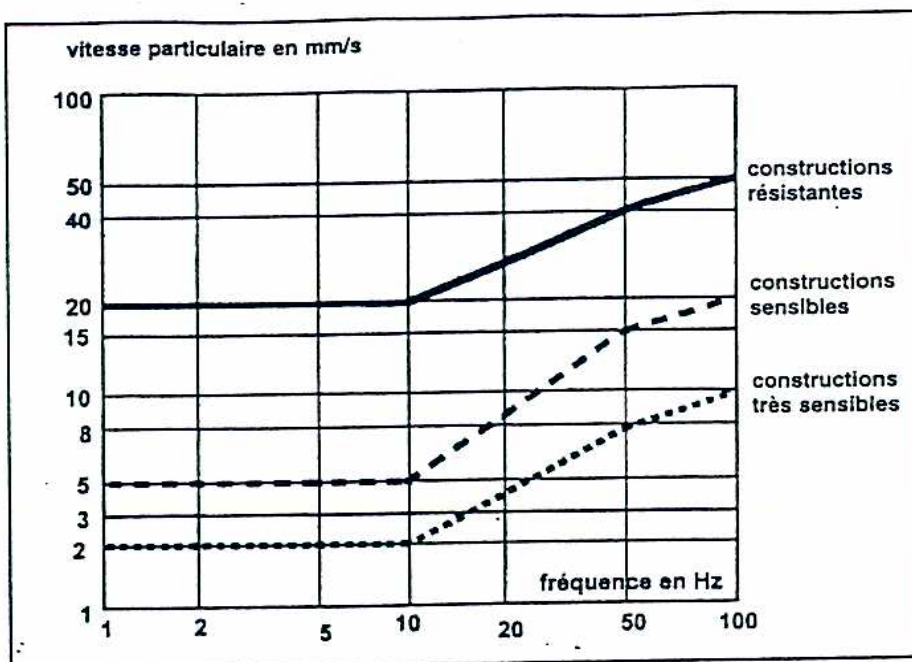
En effet, cette fourchette permet de pondérer équitablement, d'une part :

- la susceptibilité humaine,
- le maintien en bon état des constructions, même vétustes ;

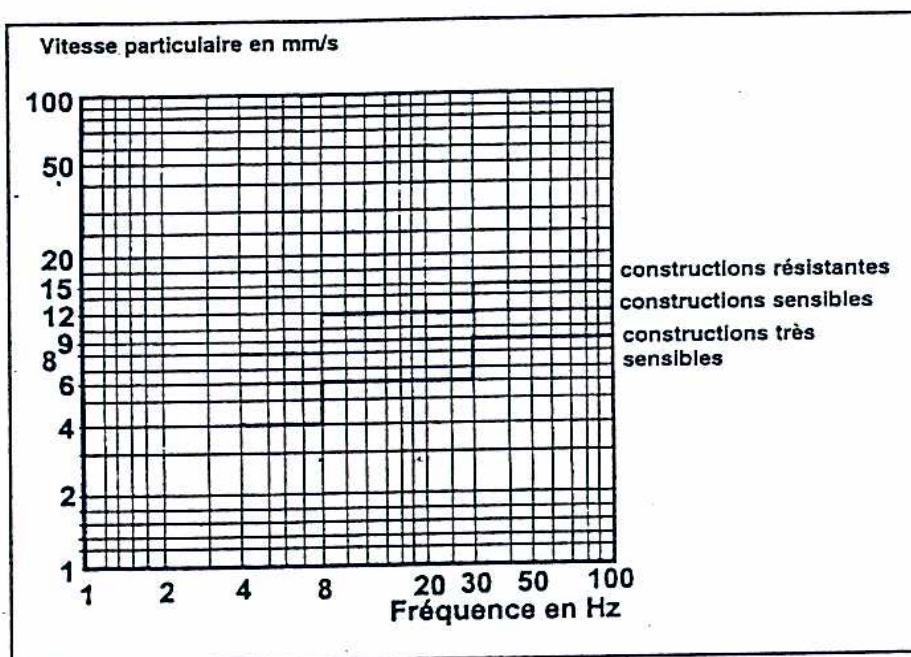
d'autre part :

- la nécessité de procéder à des tirs en masse, même fréquents suivant les productions à réaliser.

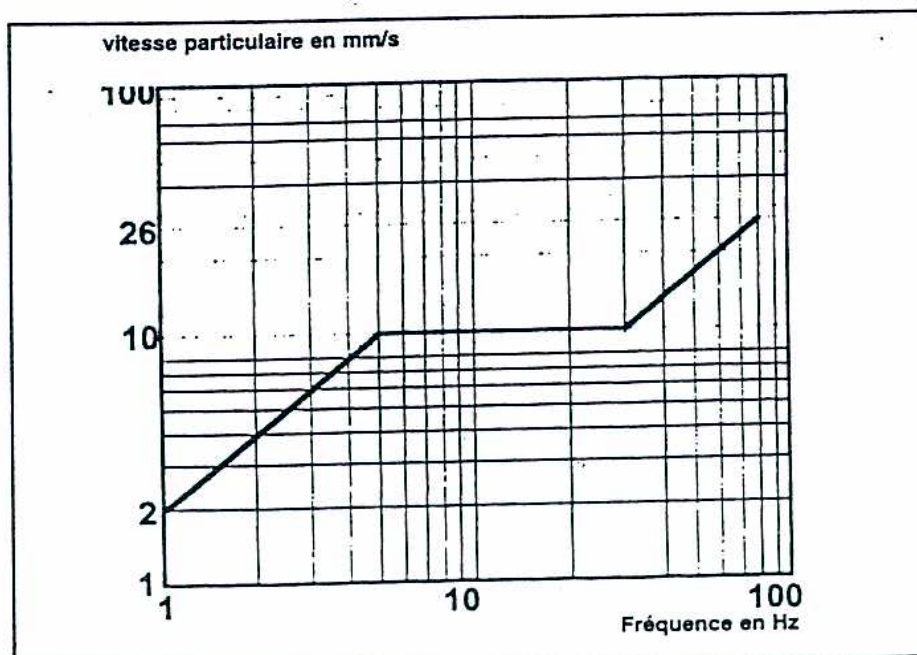
- 1986 - (Norme DIN 4150) La norme DIN 4150 présente des valeurs de vitesse particulière dans différentes gammes de fréquence en fonction de trois classes de bâtiments. Pour apprécier l'effet des vibrations du sol (de courte durée) sur les constructions, on fait appel à la valeur maximale des trois composantes de la vitesse particulière V_i mesurée au niveau de la fondation des structures pour les différentes classes de bâtiments (voir graphique).



Norme DI 4150
(1986).



Circulaire du DPP du ministère
de l'Environnement (23/07/86)



- 1986 - Circulaire n° 23 du 23/07/86 relative aux vibrations mécaniques émises dans l'environnement (direction de la Prévention des Pollutions, du ministère français chargé de l'Environnement). Trois catégories de constructions y sont définies. Les valeurs maximales des vitesses particulières correspondent à des mesures effectuées sur des éléments porteurs rigides de la construction des fondations aux étages supérieurs. Elles sont établies pour trois bandes de fréquences : 4 à 8 Hz ; 8 à 30 Hz ; 30 à 100 Hz. Ce critère impose à chaque variation de bande de fréquence des seuils de limitation dont la discontinuité rend l'utilisation difficile en pratique (voir graphique). Il ne prend pas en compte les vibrations de fréquence inférieure à 4 Hz dont les effets sont pourtant reconnus comme étant les plus nocifs.

- 1994 - Arrêté du 22 septembre 1994 émis par le ministère français de l'Environnement relatif aux exploitations de carrières et aux installations de premier traitement des matériaux de carrières. L'article 22 définit les règles concernant les valeurs à prendre en compte pour limiter les vibrations dues aux tirs de mines. Des dispositions plus ou moins contraignantes que celles-ci peuvent être fixées par l'arrêté d'autorisation après étude par un organisme compétent. Les tirs de mines ne doivent pas être à l'origine de phénomènes vibratoires susceptibles d'engendrer dans les constructions avoisinantes des vitesses particulières pondérées supérieures à 10 mm/s mesurées suivant les trois axes de la construction (voir graphique).

12.4.6. Appareils de mesure.

Il existe plusieurs types d'appareils détecteurs des vibrations.

Par exemple, un sismographe enregistre un déplacement (déplacement de la masse inerte par rapport au support de l'appareil), un géophone mesure la vitesse de vibration, un accélérographe enregistre l'accélération de la vibration (dérivée seconde de l'amplitude), etc...

En carrière, on utilise les appareils suivants :

Vibrographe Tellus

L'appareil Tellus enregistre uniquement la composante verticale des vibrations. Sur l'enregistrement, on mesure l'amplitude et la fréquence de l'impulsion dominante, c'est-à-dire de celle qui correspond à la vitesse maximale de vibration. On calcule ensuite la vitesse de vibration à partir de l'amplitude et de la fréquence.

L'utilisation de cet appareil est réservée à des spécialistes.

Appareil Tri-Max

La mesure directe de la vitesse est de pratique courante en Allemagne et aux Etats-Unis. L'appareil Tri-Max permet de mesurer et d'enregistrer la vitesse résultante d'une vibration en fonction du temps, ainsi que la vitesse résultante maximale de la vibration:

$$V_r \max = |\sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}| \max$$

où v_x = composante horizontale dans la direction du front de tir.

v_y = composante horizontale perpendiculairement au front de tir.

v_z = composante verticale.

La chaîne de mesures de cet appareil comporte des géophones tridirectionnels, un calculateur analogique donnant la valeur de V_r , un enregistreur permettant d'enregistrer simultanément les trois composantes de la vitesse de vibration et V_r en fonction du temps ainsi qu'un appareil indicateur de la lecture $V_r \max$.

Malheureusement, cet appareil est beaucoup plus coûteux que le vibrographe Tellus et son emploi reste fort limité.

Appareil INIEX

L'INIEX a mis au point un appareil qui mesure et indique la composante verticale maximale de la vitesse de vibration $v_z \max$.

Il s'agit d'un appareil "de chantier" comportant un capteur, à placer à l'endroit de la mesure, et une petite console avec un cadran de lecture, fonctionnant soit sur batterie, soit sur secteur.

L'utilisation de l'appareil INIEX est simple et son prix d'achat est modéré.

Cet appareil est donc l'auxiliaire idéal des exploitants de carrières qui désirent déduire des règles de bonne pratique assurant à la fois le meilleur rendement des tirs et la sécurité de l'environnement.

12.4.7. Solutions.

Nous disposons d'appareils de mesure fiables permettant de mesurer les vitesses de vibrations, critères de dégâts, et nous savons que nous devons les maintenir en dessous des critères admis.

Par tous les moyens, nous devons réduire la vitesse de vibration, produit de l'amplitude par la fréquence.

Nous n'avons que peu d'influence sur la fréquence, car celle-ci dépend essentiellement des variables liées aux conditions géologiques ainsi que des variables de position géométrique du front de tir et de l'endroit exposé à la vibration.

Par contre, nous pouvons agir directement sur l'amplitude, par un choix judicieux des retards et une réduction de la charge unitaire instantanée.

Nous pouvons minimiser, par un plan d'exploitation correctement étudié, les variables de configuration du front de tir.

Cependant, la charge unitaire et la distance au tir ne semblent pas être les seuls paramètres qui ont une influence sur la vitesse particulière et la fréquence de vibrations. Des travaux actuellement menés en France par l'Ineris (Institut national de l'environnement industriel et des risques) montrent que d'autres paramètres ont également de l'importance : charge totale, délais entre trous en particulier dans le cas du tir séquentiel.

13. TERRORISME A L'EXPLOSIF. (14)

13.1. Considérations générales

L'article 1 de la loi de base de 1956 vise la sécurité publique. Son article 6 prévoit des peines d'emprisonnement pour les personnes coupables, en matière d'explosifs, d'avoir l'intention de commettre un crime ou un délit.

Dans l'intérêt de la sûreté publique, et pour lutter contre le vol, le règlement belge a prévu, comme il a été évoqué plus haut : gardiennage, escorte, convoyeur assermenté, conducteur des explosifs, registre spécial des explosifs, numérotation des cartouches, etc....

Jusqu'à cette décennie, les actes de terrorisme ou de malveillance, avec utilisation d'explosifs, étaient peu courants et ils avaient principalement lieu loin des pays industrialisés; l'Europe et les Etats-Unis étaient généralement épargnés.

Dans la majorité des attentats contre la sécurité publique ou les personnes, les explosifs étaient détonants et non déflagrants, du type dynamite à usage industriel ou militaire, la charge explosive étant amorcée par un détonateur.

Les quantités par attentat étaient de l'ordre de 1 à 10 kilos équivalent T.N.T., rarement plus de 50 kilos équivalent T.N.T.

Une variante est à signaler dans la fabrication de ces bombes artisanales : l'application de la charge explosive sur des bouteilles de propane ou de butane liquéfié.

Les dégâts occasionnés par ces bombes étaient augmentés par les projections des débris de bonbonnes ainsi que par la chaleur dégagée lors de la combustion des liquides brusquement vaporisés, sans toutefois que les gaz ne participent à la détonation.

Depuis le début de cette décennie, la situation s'est modifiée au point de vue :

- fréquence et localisation des attentats;*
- composition de la charge et quantité d'explosifs.*

Le tableau ci-dessous reprend trente-quatre explosions survenues ces dernières années :

<i>Date</i>	<i>Lieu</i>	<i>Charge d'explosifs</i>	<i>Dégâts</i>	<i>Victimes</i>	
				<i>Morts</i>	<i>Blessés</i>
23.10.1983	Caserne marines Beyrouth	camion suicide		241	
20.9.1984	Ambassade U.S. Beyrouth	voiture		16	96
26.2.1993	W.T.C. New York	camionnette 800 kg nitrate d'ammonium	cratère 30 m large 60 m profond	6	1.000
19.4.1995	Building fédéral Oklahoma City	camion 1.800 kg nitrate d'ammonium	8 étages détruits + 300 immeubles endommagés	168	500
25.7.1995	Métro St Michel Paris	bonbonne 13 kg		8	117
13.11.1995	Bâtiment national Riyad	voiture		8	60
1.1.1996	Métro Moscou	bombe		4	12
9.2.1996	Canary Wharf London	camion	4,6 milliards FB dégâts	2	100
12.2.1996	Maison Presse Alger	voiture	locaux détruits	17	50
16.6.1996	Base militaire Dahran	camion	Caserne détruite	19	386

28.6.1996	Gare routière Naltchik - Caucase	bombe		6	40
10.11.1996	Cimetière Moscou	3 kg équiv. T.N.T.	Cratère 3,7 m diamètre	14	70
12.11.1996	Alger	voiture	autocar projeté à plusieurs mètres	10	20
16.11.1996	Bâtiment militaire Kaspiak Daghestan	bombe	Caserne détruite	64	
3.12.1996	Métro Port Royal Paris	bonbonne 13 kg		4	86
23.4.1997	Gare Armavir Région Krasnodar (Sud)	bombe		3	10
28.4.1997	Gare Piatigorsk Région Stavropol	Bombe		2	17
27.6.1997	Train Moscou – Saint Pétersbourg	bombe		5	11
15.7.1997	Marché Alger	bombe		21	40
31.7.1998	Marché Alger	bombe		3	22
1.8.1998	Banbridge Irlande du Nord	voiture 225 kg		-	35
7.8.1998	Ambassade U.S. Nairobi Kenya	voiture 250 kg	18,5 milliards FB de dégâts 1 immeuble de 6 étages détruits 40 immeubles endommagés	247	5.000

7.8.1998	Ambassade U.S. Dar es-Salaam Tanzanie	voiture		10	72
14.8.1998	Omagh Irlande du nord	voiture 250 kg		28	220
20.8.1998	Marché Sud Alger	bombe		13	39
4.9.1998	Makhatchkala Daghestan	bombe		17	90
19.3.1999	Marché Vladikavkaz Ossétie du Nord Caucase	bombe 10 kg équiv. T.N.T.	Cratère 1m large	62	102
31.8.1999	Centre commercial Kremlin	bombe		1	
4.9.1999	Bâtiment militaire Bouïnaksk Daghestan	voiture		64	
9.9.1999	Immeuble Moscou	300-400 kg équiv. T.N.T.	8 étages soufflés	92	
13.9.1999	Immeuble Moscou			118	
16.9.1999	Immeuble Volgodonsk Caucase	camion 300-350 kg équiv. T.N.T.	Façade détruite (10 étages)	17	25

L'information nous amène à appréhender l'acte de terrorisme dans notre vie quotidienne ou dans nos proches déplacements.

Pour des raisons politiques, économiques ou idéologiques, l'Europe et les Etats-unis sont visés et touchés en plein centres urbains :

- *en 1993, building de 110 étages à New York;*
- *en 1995, métro et place de l'Etoile à Paris, building fédéral à Oklahoma City;*
- *en 1996, métro à Paris, centre financier à Londres, parc aux jeux olympiques à Atlanta.*

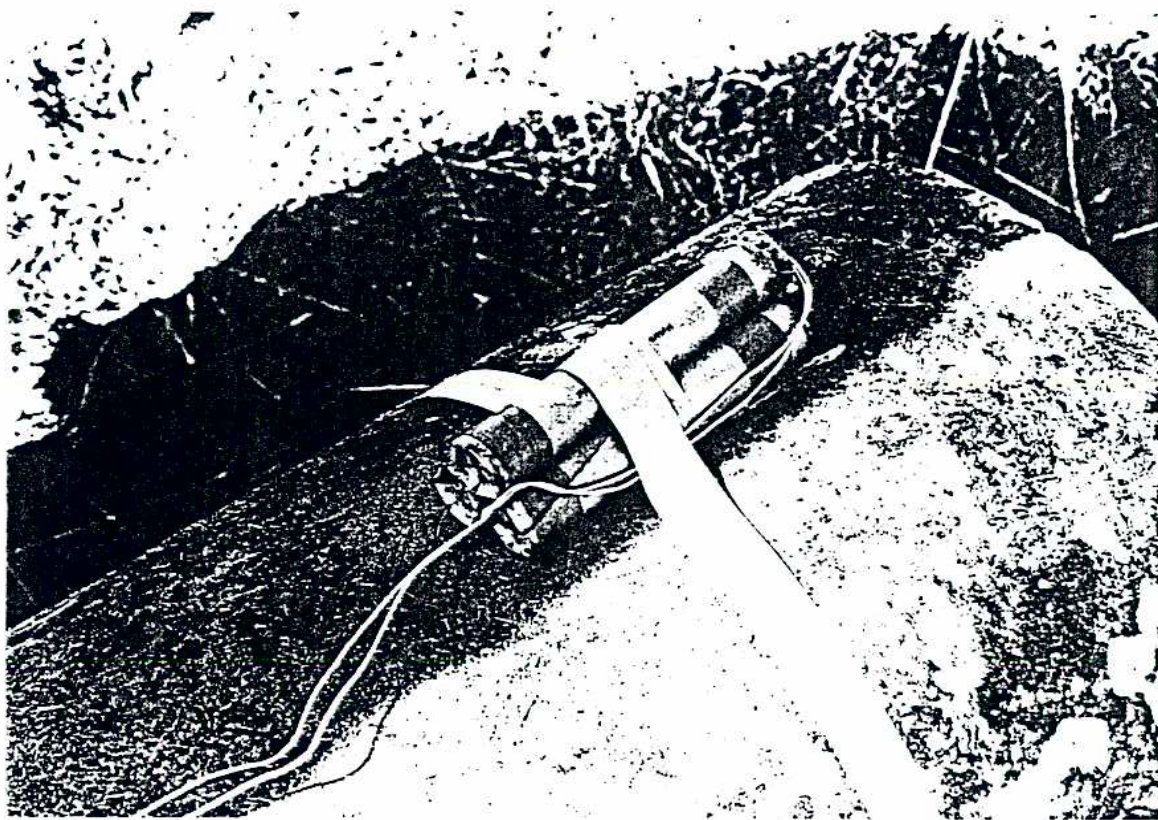
En 1995, 1996 et 1998, deux attentats à la bombe ont pris comme cibles directes des citoyens américains.

En ce qui concerne les avions, on se rappelle, en 1987, l'explosion en vol, du Boeing 747 de la Pan Am au-dessus de Lockerbee avec 270 personnes à bord. En 1996, un Boeing 747 de la TWA a explosé après son décollage de New York avec 230 personnes à bord; la cause de l'accident serait l'explosion d'un réservoir, mais on a décelé des traces d'explosifs d'amorçage (nitropenta) sur les débris !

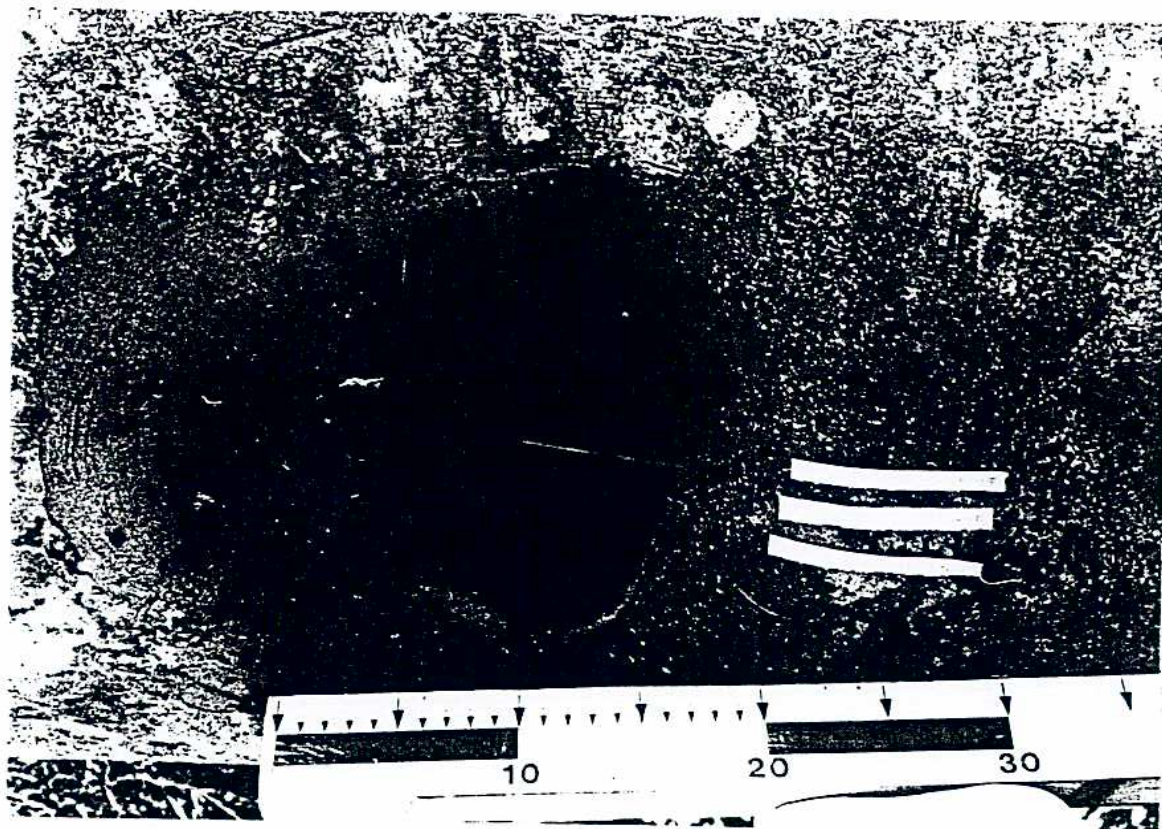
En Algérie, fin 1997, une attaque terroriste a fait exploser le Trans-Med, le gazoduc qui approvisionne l'Italie en gaz naturel en passant sous la Méditerranée. En février 1998, deux bombes artisanales de forte puissance ont soufflé sur près de 80 mètres l'un des six pipes qui relient les champs de production au port d'expédition par navires du gaz liquéfié, près d'Oran.

Les photos qui suivent montrent le placement de 300 gr de dynamite sur la génératrice d'une conduite de transport de gaz en acier et le résultat de l'explosion de cette charge.

En septembre 1999, sur une quinzaine de jours, cinq explosions ont endeuillé la Russie, faisant 292 morts et de nombreux blessés. Mais, depuis 1996, plusieurs attentats avaient précédé cette série d'explosions.



Placement de 3 x 100 g de DYNAMITE III.



Résultat de l'explosion de 3 x 100 g de DYNAMITE III.

Dans les actes de terrorisme récents, les bombes sont fabriquées à partir de nitrates ammoniques pour engrais auxquels on ajoute 2 à 4 % de mazout.

On peut ainsi mettre en oeuvre des charges détonantes énormes à partir de un ou deux kilos de dynamite et d'un détonateur !

On évalue l'équivalent T.N.T. de l'ANFO à 0,8.

Au W.T.C. de New York, la camionnette contenait 800 kg de nitrate ammonique, avec un équivalent T.N.T. estimé à 0,7, c'est-à-dire 560 kg équivalent T.N.T.

A Oklahoma City, le camion contenait 1.800 kg de nitrate ammonique sensibilisé à l'aluminium, avec un équivalent T.N.T. estimé à 1,05, c'est-à-dire 1.890 kg équivalent T.N.T.

13.2. Mesures de sécurité

Petites charges : paquets et valises piégés.

Il ne sera jamais possible d'éviter que des paquets piégés ne soient déposés sur la voie publique, dans des parcs, etc...; la surveillance et la vigilance sont les seules mesures préventives.

Il en est de même des attentats-suicide et des bombes humaines.

Au niveau précaution, à signaler que des études sont entreprises pour limiter les dégâts occasionnés par l'explosion d'une poubelle.

En ce qui concerne les bâtiments ouverts au public, les fouilles et les moyens de détection à l'entrée sont préventifs.

En cas d'explosion, à l'intérieur du bâtiment, le souffle, c'est-à-dire l'onde de pression, sera atténué par des éléments, appelés "ventings" ou événements, chargés de limiter la surpression : fenêtres, cloisons légères, planchers grillagés, etc...

Des études sont également faites pour concevoir des structures capables de résister totalement à une explosion : il s'agit des locaux destinés au contrôle des valises à l'aéroport.

Grosses charges : voitures et camions piégés.

La meilleure mesure de prévention sera la distance (la pression de détonation chute de moitié sur 10 mètres), c'est-à-dire l'éloignement des voies carrossables et des parkings par rapport aux bâtiments à protéger, par exemple les ambassades,...

Des obstacles doivent en plus être prévus pour empêcher l'approche des véhicules.

Si un parking existe dans un bâtiment, il faudra limiter la hauteur d'accès par le placement d'une poutre.

En cas d'explosion, à l'extérieur ou à l'intérieur d'un bâtiment, des mesures de précaution contre l'effondrement ou la ruine consistent à prévoir, à la construction, des structures hyperstatiques dont les éléments, poutres et colonnes, sont surdimensionnés en conséquence.

BIBLIOGRAPHIE

1. **WATERLOT L.** (P.R.B. - Nobel Explosifs) : *Les explosifs industriels et leur amorçage - Les techniques de démolition par explosifs* - C.S.T.C., session 1985-1986.
2. **MAINJOT M.** : *Mesures de prévention et de précaution dans l'emmagasinement, le transport et l'emploi des produits explosifs* - Université de Liège, 1983.
3. **CALZIA J.** : *Les substances explosives et leurs nuisances* - DUNOD - Paris 1969.
4. **VUILLAUME P.** (Cerchar), **THIARD R.** (SNPE), **PUNTOUS R.** (Nitro-Bickford) : *Les explosifs industriels*, Revue de l'industrie minière (numéro spécial TIRS) - juin 1988.
5. **MOREAUX J.P.** : *Les explosifs du type émulsion* - Administration des Mines - Notes - juillet 1991.
6. **BLANCHIER A.** (Explo-Tech), **PUNTOUS R.** (Nitro-Bickford), **VUILLAUME P.** (INERIS) : *Précision dans l'initiation des explosifs*, Congrès 1995 de l'Industrie minière, Reims.
7. **BOUQUELLE V.** (P.R.B. - Nobel Explosifs) : *Utilisation pratique des explosifs et des systèmes d'amorçage - Les techniques de démolition par explosifs* - C.S.T.C., session 1985 - 1986.
8. **SARTENAER J., NOEL J.** (Administration des Mines) : *Emploi des explosifs en surface, en Belgique* - Les techniques de démolition par explosifs - C.S.T.C., session 1985 - 1986.
9. **QUINCHON J., AMIABLE R., CHEREAU P.** : *La sécurité et l'hygiène du travail dans l'industrie des substances explosives. Technique et documentation* 1985.
10. **ROUSSEAU E.** : *Les tirs dans les masses chaudes - Les techniques de démolition par explosifs* - C.S.T.C., session 1985 - 1986.

11. **SCHWENZFEIER A. (CETU) : Apport du tir séquentiel pour le respect des contraintes de vibrations, Revue Tunnels et ouvrages souterrains, n ° 134, mars-avril 1996.**
12. **Les nuisances dues aux tirs de mines; effets sur l'environnement - HIGH & DEEP S.A. - Explosifs, session 1993.**
13. **KISZLO M. (Ineris) : Tirs d'abattage à l'explosif et protection de l'environnement, Revue de l'industrie minière, novembre 1995, volume 77.**
14. **BOURGEOIS R. : Constructions soumises à des sollicitations d'explosions, Ecole Royale Militaire, 1995.**