

LA GALERIE EXPERIMENTALE DE L'UNIVERSITE LIBRE DE BRUXELLES  
CONCEPTION ET PREMIERS RESULTATS.

J.P. HUART (\*) et S. LEMAIRE (\*\*)

1. INTRODUCTION.

Les coups de poussières se produisent dans tout milieu confiné dans lequel des poussières susceptibles de donner des gaz combustibles par pyrolyse sont présentes. Le risque d'inflammation de gaz ou de poussières intéresse de nombreux secteurs de l'industrie, quel que soit le type de poussières combustibles présentes. Le danger d'un coup de poussières augmente avec la présence et la multiplicité des sources potentielles d'ignition. Dans son récent livre sur les explosions, BARTHNECHT (1) (\*\*\*) indique que pendant les douze dernières années, plus de quatre mille coups de poussières se sont produits en Europe; ce chiffre représente environ une inflammation par jour ouvrable.

De tout temps, les coups de poussières ont été le fléau des mines de charbon. Selon le mécanisme classique de propagation d'un coup de poussières, on peut décomposer celui-ci en trois étapes principales (2) (J.COCU) :

1 - La formation par une cause première d'un nuage de poussières en concentration suffisante (30 à 150 g/m<sup>3</sup>). Les particules de charbon ayant une grande surface spécifique, les réactions en phases hétérogènes y sont fortement favorisées.

2 - La présence dans ce milieu d'une source de chaleur à température élevée permet aux hydrocarbures légers produits de la pyrolyse des grains de charbon, de s'enflammer.

3 - Les gaz produits par la réaction explosive ont le temps de se détendre. Cette détente peut mettre en suspension et refouler les poussières en avant de la flamme, nous ramenant ainsi au point 1.

Au cours des dix dernières années, de nombreuses recherches ont été entreprises à l'U.L.B. pour mieux comprendre les mécanismes d'initiation et de propagation des coups de poussières. Ainsi, la description physico-mathématique de la propagation d'un coup de poussières fait actuellement l'objet de la thèse de doctorat de M. A. VASSART (6). Les études présentées ci après sont relatives à la première étape du phénomène.

La première partie de notre article est consacrée à l'étude théorique qui a permis de calculer le modèle réduit de galerie de mine fonctionnant en similitude avec la galerie expérimentale de Pâturages. Dans la deuxième partie les premiers résultats expérimentaux sont présentés.

---

(\*) Ingénieur civil des Mines, Service d'Exploitation des Mines de l'Université Libre de Bruxelles, av. F.D. Roosevelt 50, CP 165, 1050 Bruxelles.  
(\*\*) Ingénieur civil des Mines, boursier I.R.S.I.A., doctorant au Service d'Exploitation des Mines de l'Université Libre de Bruxelles.  
(\*\*\*) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie in fine.

## 2. POSSIBILITE DE SIMULATION DES EXPLOSIONS. CALCUL DE SIMILITUDE.

### 2.1. Le problème à résoudre.

L'impossibilité pratique, après 1985, de poursuivre dans la galerie de Paturages des recherches commencées six ans plus tôt, nous a conduit à concevoir la mini-galerie de l'U.L.B. (figure 1), qui fonctionne en similitude avec celle de Paturages.

A l'origine, nous nous trouvions donc confronté à la nécessité d'établir les critères de similitudes relatifs à un phénomène non encore modélisé mathématiquement. La première hypothèse faite pour parvenir à nos fins sera celle de l'écoulement automodèle d'un gaz par ondes sphériques.

### 2.2. Les écoulements automodèles.

Nous supposons un mouvement unidimensionnel d'un fluide dont toutes les caractéristiques ne dépendent que d'une seule variable géométrique et du temps. Il est défini par la vitesse  $v$  du fluide, sa masse spécifique  $\rho$ , et la pression  $p$ . A ces paramètres relatifs au fluide, il faut ajouter l'abscisse  $r$  et le temps  $t$ , les constantes incluses dans les équations et les conditions initiales et aux limites du problème.

L'analyse dimensionnelle indique qu'il existe une constante  $a$  de dimension  $M L^k T^{\lambda}$ . Nous pouvons alors réécrire la vitesse  $v$ , la masse spécifique  $\rho$  et la pression  $p$  en fonction de cette constante. Soient  $V$ ,  $R$ , et  $P$ , les paramètres obtenus par les transformations suivantes :

$$v = V \cdot r / t$$

$$\rho = a \cdot R / (r^{k+3} t^{\lambda})$$

$$p = a \cdot P / (r^{k+1} t^{\lambda+2})$$

Ces trois nouvelles variables sont des grandeurs sans dimensions qui ne dépendent que de combinaisons entre  $r$ ,  $t$ , et les autres paramètres du problème. Supposons que parmi les autres paramètres de définition du problème, il existe une et une seule constante  $b$  de dimension indépendante de  $a$  ( $b$  de dimension  $L^m T^m$ , p.e.), alors, selon l'analyse dimensionnelle, les grandeurs  $a$ ,  $b$ ,  $r$  et  $t$  figurent dans une et une seule fonction sans dimensions.

De tels écoulements sont dits automodèles, et les équations aux dérivées partielles en  $v$ ,  $\rho$  et  $p$  de l'écoulement unidimensionnel non stationnaire d'un fluide compressible peuvent être remplacées par des équations différentielles ordinaires en ces variables exprimées en fonction du paramètre  $\lambda$ .

Les équations de mouvement, de continuité et de conservation de l'énergie exprimées en  $v$ ,  $\rho$  et  $p$  dans le système  $r$ ,  $t$ , s'écrivent :

$$0 = \frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial r} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial r}$$

$$0 = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho v}{\partial r} + \frac{2 \rho v}{r}$$

$$0 = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{P}{\rho \gamma} \right) + v \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{P}{\rho \gamma} \right)$$

Le paramètre  $\lambda$  est défini à partir de  $b$  par la relation :

$$\lambda = r / (b^{1/m} t^{-m/m})$$

Nous pouvons maintenant réécrire les trois équations de conservation en fonction de  $V$ ,  $R$  et  $P$ . Soient :

$$\lambda [(\delta - V) V' - \frac{P'}{R}] = V^2 - V - (k-1) P/R$$

$$\lambda [(\delta - V) \frac{R'}{R} - V'] = -\lambda - k V$$

$$\lambda(\delta - V) \left[ \frac{p_1}{p} - \gamma \frac{R_1}{R} \right] = -\lambda(1 - \gamma) - 2[k(1 - \gamma) + 1 - 3\gamma] V$$

### 2.3. Le problème de l'explosion.

Dans l'hypothèse de l'explosion ponctuelle, nous considérerons une sphère dont le rayon croît avec le temps.

Supposons qu'à l'instant  $t=0$ , il se produit au sein d'un gaz parfait et immobile, une explosion ponctuelle dégageant instantanément une énergie finie  $E_0$ . Si nous négligeons la masse et le volume de l'explosif, le système des paramètres de définition de l'écoulement perturbé adiabatique du gaz résultant de l'explosion se compose de :

$$p_1, p, E_0, \gamma, r \text{ et } t;$$

$\gamma$  étant le rapport des chaleurs spécifiques ( $\gamma = c_p / c_v$ ).

Parmi ces données, trois ont des valeurs constantes et sont de dimensions indépendantes, soient  $p_1, p$  et  $E_0$ .

Selon la théorie dimensionnelle, toutes les grandeurs adimensionnelles dépendantes sont des fonctions de trois paramètres adimensionnés, soient :

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v}, \quad \lambda = \frac{p_1^{1/5} r}{E_0^{1/5} t^{2/5}},$$

$$\tau = \frac{p_1^{5/6} t}{E_0^{1/3} p_1^{1/2}},$$

parmi lesquels  $\lambda$  et  $\tau$  sont variables.

Si l'explosion est forte, la pression  $p_1$  en avant de l'onde de choc sera très inférieure à la pression  $p_2$  derrière l'onde, de sorte que nous pourrions négliger  $\tau$ , ce qui revient à considérer que

l'écoulement est indépendant de la pression initiale. Il ne reste que deux paramètres significatifs sans dimension,  $\gamma$  et  $\lambda$ , et l'écoulement est automodèle.

Si la pression initiale  $p_1$  ne peut être négligée, l'écoulement perturbé cesse d'être automodèle; cette situation existe à grande distance du centre d'une explosion forte ou dans le cas d'une explosion molle.

Notons que la résolution numérique du problème de l'explosion ponctuelle est possible dans les deux cas. Cette résolution sort du cadre de cet article et nous nous limiterons à la présentation des solutions obtenues par N. MELNIKOVA, V. KOROBEINIKOV et E. RIAZANOV (cités par L. SEDOV (5)). Selon les travaux de ces chercheurs, la représentation du spectre de pression en fonction du rayon de l'onde de choc est celle qui est donnée à la figure 2.

### 2.4. Interaction des gaz avec un corps situé dans le champ de l'écoulement.

Afin d'évaluer l'action de l'explosion sur certains corps entrant en interaction avec l'écoulement perturbé des gaz, nous avons considéré les poussières comme indéformables, de dimensions suffisamment faibles pour ne pas perturber l'écoulement, et inertes thermiquement et chimiquement.

Si la surface des poussières ne subit que des contraintes de pression, nous pouvons définir l'action de l'explosion sur ces corps par l'impulsion  $I$  agissant sur la surface du corps, soit :

$$I = \int_{t_0}^{t_1} [p(t) - p_1] dt$$

Supposons encore que l'action de l'explosion soit entièrement dé-

finie par l'énergie  $E_0$  (en kcal) dégagée par la réaction explosive ; il est alors possible d'introduire l'hypothèse de l'explosion ponctuelle instantanée.

Si l'explosion est forte et si elle se produit au sein d'un gaz parfait remplissant tout l'espace, l'interaction de l'écoulement automodèle et non stationnaire des gaz avec le corps considéré est entièrement déterminé par les paramètres suivants :

$$\gamma, E_0, \rho_1, \frac{D}{R}, R, \varphi, \psi$$

où  $R, \varphi, \psi$  sont les coordonnées polaires du centre d'explosion dans un référentiel lié au corps considéré (figure 3);  $D$  est une dimension caractéristique du corps;  $\rho_1$  est la densité initiale du gaz;  $E_0$  est l'énergie dégagée par l'explosion.

Pour une explosion forte ( $p_1=0$ ), les critères de similitude sont :

$$\epsilon = \frac{D}{R} = \text{constante, (éq. 1)}$$

$$\varphi = \text{constante,}$$

$$\psi = \text{constante.}$$

Notons encore que pour des corps de faibles dimensions,  $D$  ou  $\epsilon$  peut être négligé.

Si nous faisons intervenir une pression initiale  $p_1 \neq 0$ , un nouvel argument adimensionné apparaît :

$$\chi = \frac{R}{\sqrt[3]{\frac{E_0}{P_1}}}$$

Ce paramètre est proche de zéro pour  $E_0$  grand et  $R$  petit; il est significatif pour  $E_0$  quelconque et  $R$  grand.

Nous aurons donc un critère de similitude supplémentaire :

$$\chi = \frac{R}{\sqrt[3]{\frac{E_0}{P_1}}} = \text{constante. (éq. 2)}$$

## 2.5. Application des critères de similitude.

L'application de ces critères nous a permis de calculer et de réaliser la mini-galerie expérimentale de l'U.L.B. fonctionnant en similitude avec la galerie expérimentale de Pâturages.

Les caractéristiques de cette galerie et de son modèle réduit sont reproduites au tableau 1.

*****			
*	*	*	*
*	Galerie I.N.I.E.X.	Mini-galerie	*
*	Pâturages	U.L.B.	*
*****			
*	*	*	*
Galerie	*	*	*
*	*	*	*
$\varphi$	1,60	0,096	*
L	41,00	2,46	*
l	5,00	0,30	*
*	*	*	*
*****			
*	*	*	*
Poussières	*	*	*
*	*	*	*
Dp	74 $\mu$	74 $\mu$	*
R	2,62	0,157	*
$\epsilon$	2,8 10	4,7 10	*
$p_1$	1 atm	1 atm	*
$\chi$	0,407	0,407	*
$E_0$	26.873 kJ	5,819 kJ	*
*	*	*	*
*****			

TABLEAU 1

Légende :

- $\varphi$ , diamètre de la galerie;  $R$  défini à la figure 3;
- L, longueur de la galerie;  $\epsilon$  défini par l'équation 1;
- l, longueur de la chambre d'explosion;
- Dp, diamètre des poussières;  $p_1$ , pression initiale;
- $\chi$  défini par l'équation 2;  $E_0$ , énergie d'explosion.

## 2.6. Description de l'installation.

L'installation (figure 1 et 4) comprend outre la galerie, un système de préparation et de circulation du mélange gazeux, un dispositif d'ignition du gaz et des accessoires à introduire dans la galerie. La mini-galerie est constituée d'un tube en verre Pyrex de 9.6 cm de diamètre intérieur. La longueur totale est 246 cm. Le tube est divisé en 11 tronçons :

- la chambre d'explosion qui mesure 30 cm;
- 8 tronçons de prélèvement de 10 cm;
- 1 tronçon de 112 cm;
- le tronçon terminal peut être un tube Pyrex de 24 cm de long ou un tronçon en forme de T. Dans ce dernier, la jonction entre les deux tubes a été réalisée de manière à conserver la longueur totale de 246 cm.

Les différents éléments de la mini-galerie sont déposés dans un support en V en aluminium, comportant à son extrémité proximale une face verticale équipée de deux robinets pour assurer la circulation du mélange gazeux et d'une bougie d'automobile pour l'ignition du mélange. Un joint de caoutchouc assure l'étanchéité du contact face verticale-chambre d'explosion. Cette dernière est fermée à son autre extrémité par un film en cellophane, détruit à chaque expérience.

Le système d'ignition est constitué d'une bougie de voiture automobile alimentée par un circuit haute tension (6500 V) par décharge d'un condensateur.

Les accessoires sont les plaquettes et des arceaux en Pyrex qui nous permettent de nous rapprocher d'une galerie de mine avec son soutènement.

## 3. ETUDE DES PHENOMENES ENGENDRES PAR L'ONDE DE RAREFACTION SUR DES POUSSIERES INERTES MISES EN SUSPENSION PAR UN COUP DE GRISOU.

### 3.1. Intérêt des recherches.

Les méthodes de contrôle du taux de neutralisation ne tiennent aucunement compte des phénomènes intervenant au sein du nuage et donc du taux que nous qualifierons de dynamique. Dès lors, il est du plus grand intérêt d'étudier les mécanismes de mise en suspension du nuage de poussières sous l'action d'un souffle violent, afin d'établir les relations existant entre les taux de neutralisation statique et dynamique, et de déduire éventuellement les conditions permettant d'augmenter l'efficacité de la schistification et des moyens de contrôle.

A l'U.L.B., VASSART (7) a mis en évidence la formation au sein du nuage de poussières en suspension, de zones où le taux de neutralisation dynamique est beaucoup plus faible que celui existant au sein du dépôt initial. L'un d'entre nous a récemment montré (4) que, dans notre galerie expérimentale, 10% seulement des poussières du dépôt sont mis en suspension par l'explosion et que 50% au moins de celles-ci se retrouvent en amont de leur position initiale de dépôt.

Nos premiers travaux expérimentaux avaient pour objectif de mettre en évidence et de nuancer l'importance de différents phénomènes influençant la mise en suspension des poussières inertes, et en particulier, les effets de l'onde de rarefaction.

### 3.2. Les essais.

#### 3.2.1. Réalisation des expériences.

Nous avons étudié la mise en suspension de dépôts de poussières initialement disposés dans un tronçon en tête de galerie (près de la chambre d'explosion) ou en bout de galerie (près de l'extrémité ouverte). Les expériences ont été réalisées avec différentes configurations de la galerie : rectiligne ou avec jonction en T; vide ou avec sole et cadres de soutènement. Le coup de grisou, dans la chambre d'explosion, met en suspension les poussières qui se redéposent ensuite dans les différents tronçons de la galerie, où elles sont finalement recueillies.

#### 3.2.2. Galerie rectiligne vide.

Nous avons effectué dix-huit tirs en plaçant le dépôt initial de poussières dans les tronçons distants de l'extrémité fermée de la galerie de 0,4 m, 0,5 m, 0,7 m, 0,8 m, 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m, et 1,9 m.

Nous avons regroupé tous les résultats en un graphique (figure 5) donnant, en histogramme, la répartition pondérale des poussières recueillies en fonction de la distance séparant le tronçon considéré de l'extrémité fermée de la galerie; en ordonnée, le pourcentage de poussières recueillies, pour un dépôt qui, avant explosion, se trouvait à l'abscisse considérée. On peut ainsi suivre l'évolution des pourcentages de poussières recueillies en amont et en aval du dépôt initial, lorsque celui-ci occupe différentes positions dans la galerie.

La somme des pourcentages de poussières retrouvées en aval et en amont du dépôt initial représente (en première approximation) la fraction pondérale de poussières

mise en suspension. Celle-ci suit une évolution suivant une courbe en S qui passe par un minimum pour une distance extrémité fermée-dépôt de 0,6-0,7 m et par un maximum pour une distance de 1,8-1,9 m. Le pourcentage de poussières collectées en amont du dépôt suit une courbe très voisine, avec un minimum légèrement déplacé vers l'intervalle 0,7-0,8 m.

Des résultats de cette série d'essais, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

- l'existence, prévue par COCU (2), d'une onde se "réfléchissant" sur l'extrémité ouverte de la galerie et la parcourant en sens inverse du front de choc créé par le coup de grisou est indéniable;

- cette onde, dite de raréfaction, non seulement entraîne vers la chambre d'explosion les poussières préalablement soulevées par l'onde directe, mais est elle-même le moteur d'une mise en suspension. Son effet s'atténue avec l'éloignement du dépôt de l'extrémité libre de la galerie, car au fur et à mesure que l'onde de retour parcourt la galerie, elle s'affaiblit, et, qui plus est, rencontre de moins en moins de poussières soulevées par l'onde directe, car celles-ci sont en partie retombées sur le sol.

#### 3.2.3. Galerie débouchant dans une jonction en T.

La quasi totalité des études sur les coups de poussières, décrites dans la littérature, ont été effectuées dans des galeries rectilignes débouchant à l'air libre. Par l'adjonction de la pièce en T, nous avons essayé de nous rapprocher un peu plus des conditions usuelles d'une galerie de mine. L'objectif principal de cette série d'essais est de déceler, par comparaison avec les essais précédents, l'influence de la jonction sur la mise en suspension des poussières.

Nous avons également effectué dix-huit tirs, en plaçant le dépôt initial dans les mêmes tronçons que ceux choisis pour les essais décrits au paragraphe 3.2.2.

Nous avons regroupé tous les résultats en un graphique en histogramme (figure 6) semblable à celui de la figure 5.

Comme pour les essais précédents, nous obtenons une courbe en S pour les pourcentages de poussières mises en suspension en fonction de l'éloignement du dépôt de la chambre d'explosion. La courbe présente un minimum pour l'intervalle 0,5-0,6 m et un maximum pour l'intervalle 1,8-1,9 m. Le pourcentage de poussières collectées en amont du dépôt initial suit la même courbe, tandis que celui des poussières collectées en aval, bien que plus important que pour les essais avec l'extrémité ouverte, reste faible et suit une évolution monotone décroissante.

Toutes les conclusions relatives aux essais avec galerie rectiligne restent valables. Les différences apportées par le placement de la jonction en T à l'extrémité ouverte de la galerie sont de faible ampleur; tout au plus faut-il souligner une légère augmentation du pourcentage de poussières soulevées pour des dépôts en tête de galerie et une légère diminution pour ceux initialement en bout. Ces faibles variations se répercutent intégralement sur les quantités de poussières qui sont ramenées vers la chambre d'explosion (en amont du dépôt).

#### 3.2.4. Galerie équipée d'une sole et de cadres de soutènement.

Lors de ces expériences, des plaquettes couvrent toute la longueur de la galerie, tandis qu'un nombre restreint d'arceaux en verre, simulant les cadres de soutè-

ment, sont disposés dans les tronçons de prélèvement et sur les 20 cm qui suivent le dernier de ceux-ci.

Nous avons effectué huit tirs en plaçant le dépôt initial successivement dans les tronçons distant de l'extrémité fermée de la galerie de 0,5 m, 0,6 m, 0,7 m, 0,8 m, 0,9 m, 1,6 m, 1,7 m, 1,8 m et 1,9 m.

Nous avons regroupé tous les résultats en un graphique en histogramme (figure 7) semblable à celui de la figure 5.

Nous retrouvons une courbe en S pour l'évolution de la fraction pondérale de poussières mises en suspension. En comparant ces résultats à ceux des essais précédents, nous remarquons que, pour les dépôts proches de la chambre d'explosion, la quantité de poussières mises en suspension est plus importante lorsque la galerie est équipée d'une sole et d'arceaux; pour les essais avec dépôt en bout de galerie, nous assistons au contraire à une diminution de cette fraction.

Les pourcentages de poussières collectées en amont suivent une courbe en S semblable. Les poussières collectées en aval varient légèrement autour de 2,5 % avec une tendance décroissante en s'éloignant de la chambre d'explosion et ce pour chaque série de tirs en tête ou en bout de galerie séparément; il est possible que cette allure soit due au fait que la galerie n'était pas entièrement couverte d'arceaux. La quantité de poussières retrouvées en amont est cette fois beaucoup plus importante que celle retrouvée en aval, quelle que soit la position initiale du dépôt.

Toutes ces constatations nous amènent à formuler les conclusions suivantes :

- les cadres créent, par réflexions, des perturbations qui accroissent la quantité de poussières mises en suspension par l'onde directe (dont l'action est plus marquée en tête de galerie) et affaiblissent l'effet de l'onde de raréfaction, comme le montre la diminution (par comparaison avec les résultats des essais précédents) des poussières soulevées en bout de galerie;

- la composante majeure de ces réflexions serait néanmoins dirigée vers la chambre d'explosion;

- les dépressions créées aux dos (par rapport au sens de l'écoulement) des arceaux pourraient contribuer à la mise en suspension des poussières. Sans nier l'existence de telles "suctions", nous pensons qu'elles ne jouent qu'un rôle secondaire.

#### 4. ANALYSE DE QUATRE CLICHES PHOTOGRAPHIQUES.

Nous analysons ci-après quatre photographies prises après le tir.

Avant le tir, la galerie était parfaitement propre et le dépôt de poussières calcaires déposé longitudinalement sur la longueur d'un tronçon (10 cm).

##### 4.1. Premier cliché.

La photographie reproduite sur la figure 8 représente l'extrémité de la galerie munie de la jonction en T; nous sommes en bout de galerie, la chambre d'explosion se trouve à 1,2 m vers la gauche. Les anneaux qui apparaissent sont les joints entre les différents tronçons. Le dépôt se trouvait initialement dans le tronçon entre le 3° et le 4° joint en partant de la gauche.

Nous remarquons que la quasi-totalité du dépôt a été ramenée vers la chambre d'explosion; seule une très mince couche de poussières s'est déposée en aval. Cette constatation montre que l'onde de retour joue aussi un rôle moteur dans la mise en suspension et ne participe pas uniquement au transport de celle-ci. Nous devinons quelques perturbations, dans le dépôt en amont, (surtout dans la partie comprise entre le 2° et le 3° joint à partir de la gauche) qui pourraient être en relation avec les tubes dynamiques hélicoïdaux évoqués par GILBERT (3) et VASSART (7).

##### 4.2. Deuxième cliché.

La photographie de la figure 9 représente aussi la partie distale de la galerie après un tir réalisé dans des conditions identiques à celles du tir analysé au paragraphe précédent:

Nous constatons à nouveau l'importance de la quantité de poussières ramenées en amont du dépôt originel.

Mais, la constatation la plus importante concerne la disposition des poussières sur le long tronçon de gauche. Nous y distinguons clairement un dépôt en hélice dont le rayon décroît à partir de l'extrémité ouverte de la galerie vers l'extrémité fermée. Il s'agit donc d'une preuve de l'existence des tubes dynamiques qui se créent au sein du nuage de poussières. Nous retrouvons le mouvement des tubes au sein de la galerie tel qu'il a été mis en évidence par VASSART (7) dans la galerie de Faturages.

Les "hélices" sont peu ou pas visibles lors de nos essais en tête de galerie, sans doute à cause de la faible quantité de poussières mise en suspension dans ces conditions. Pourtant, ces pseudo-hélices

ont été observées pour la premières fois par l'un d'entre nous (4), lors des tout premiers tirs, avec un dépôt initial proche de la chambre d'explosion; le pas semblait relativement constant. Il est évident que lors de nos essais, c'est l'onde de retour qui était responsable des manifestations visibles des tubes dynamiques.

Les caractéristiques de la pseudo-hélice peuvent être estimées sur notre cliché grâce à l'échelle placée parallèlement à la galerie. Nous avons pu suivre sans solutions de continuité cette pseudo-hélice sur un pas et demi, d'une longueur totale d'environ 730 mm; au-delà, le dépôt devient plus homogène. Le pas n'est, en réalité, pas constant; il diminue avec l'éloignement de l'extrémité ouverte de la galerie.

#### 4.3. Troisième et quatrième clichés.

Ces clichés ont été pris dans la galerie rectiligne, garnie de plaquettes et d'arceaux.

Le cliché n°3 (figure 10) a été pris de l'extrémité libre de la galerie. Le dépôt initial était concentré au centre de la plaquette apparaissant bien nettement sur la photographie. Nous constatons que les arceaux en aval du dépôt sont restés parfaitement propres sur leur face aval et légèrement recouverts de poussières dans le bas de leur face amont (ombres floues); les arceaux se trouvant en amont du dépôt, sont, en revanche, très chargés en poussières sur leur face aval et ce jusqu'au sommet de la galerie; la partie en aval du dépôt a été littéralement balayée par l'onde de raréfaction. Le dépôt après le tir est étalé, sur les plaquettes de sol en amont et y compris celle du dépôt, de façon symétrique par rapport à l'axe de la galerie.

Le cliché n°4 (figure 11) a été pris de la chambre d'explosion vers l'extrémité ouverte de la galerie. La limite amont du dépôt initial arrivait au segment de droite nettement visibles sur la photographie. Il est intéressant de constater que, en amont du dépôt, la quantité de poussières déposée sur la face amont des arceaux est très faible contrairement à la face aval. Cette petite quantité déposée est probablement due aux turbulences qui se créent en amont de l'arceau, lorsque l'écoulement dû à l'onde de raréfaction parcourt la galerie.

#### 5. CONCLUSIONS GENERALES.

La galerie expérimentale de l'U.L.B. a été conçue et fabriquée à la suite de l'impossibilité de poursuivre l'expérimentation dans la galerie de Pâturages.

Les premières expériences ont montré le grand intérêt d'une mini-galerie; cette étape constitue pour nombre de recherches, un préalable indispensable au passage à une échelle plus grande. En effet, la galerie expérimentale de l'U.L.B. permet de voir, de photographier et, par certains paramètres, de mesurer les coups de grisou et le soulèvement des poussières. Elle permet également de multiplier les expériences et de reproduire des conditions existant dans une galerie de mines en prévoyant, entre autres, une sole et des arceaux de soutènement et un tronçon terminal en T.

C'est ainsi que nous avons pu vérifier et partiellement quantifier l'importance de l'onde de retour qui non seulement contribue au soulèvement du dépôt initial, mais est le vecteur principal du transport important des poussières

qui s'effectue vers l'amont, c'est à dire, vers la chambre d'explosion.

Prochainement, des mesures de pressions et de vitesses compléterons l'information accessible lors d'un tir. Nous équiperons aussi notre galerie expérimentale d'un système d'acquisition de données par ordinateur afin de traiter statistiquement des mesures indiscutablement comparables.

Enfin, la galerie expérimentale de l'U.L.B. étant conçue en similitude de fonctionnement avec celle de Faturages, il faut espérer que les résultats obtenus pourront être confirmés à plus grande échelle, et que les considérations sur l'efficacité des moyens de lutte contre les coups de poussières trouveront des applications dans le domaine des techniques de prévention de ce genre d'accidents.

## BILBIOGRAPHIE

- (1) W.BARTHNECHT Explosions, Course - Prévention - Protection, (Translation from the german by H. BURG and T. ALMOND)-Springer-Verlag, Berlin, 1981.
- (2) J.COCU Mécanisme du coup de poussières, Public. Cerchar n° 1900, in Documents Techniques 1-69, pp. 31-45, 1969.
- (3) D.GILBERT Etude de quelques paramètres influençant le taux de neutralisation des poussières inflammables dans les galeries de charbonnages-T.F.E., ULB, 1981, non publié, pp.132-143.
- (4) S.LEMAIRE Etude de la mise en suspension des poussières lors du passage d'un coups de poussières-T.F.E., ULB, 1986 non publié, pp. 149-177.
- (5) L.SEDOV Similitude et dimensions en mécanique-Editions de Moscou, 1972, pp. 263-277.
- (6) A.VASSART Thèse de doctorat (en préparation).
- (7) A.VASSART Mécanisme de passage des coups de poussières dans les mines de charbon-T.F.E., ULB, 1982, non publié, pp. 180-182.

## Légendes des figures

- Figure 1. - Photographie de l'installation complète de la galerie expérimentale de l'Université libre de Bruxelles.
- Figure 2. - Rapport des pressions derrière l'onde de choc ( $p_2$ ) et initiale ( $p_1$ ) en fonction du rayon  $r$  de celle-ci (exprimé en  $m$ ) (d'après (5)).
- Figure 3. - Système de coordonnées sphériques ( $R, \varphi, \psi$ ) rapporté au centre d'explosion  $C$ .  $A$  est le centre de masse du corps considéré,  $N$  un point quelconque de ce corps et  $p$  la pression agissant en ce point.
- Figure 4. - Plan coté de la galerie expérimentale de l'U.L.B.  
G : amenée du mélange gazeux;  
B : bougie d'ignition;  
T : Jonction en T;  
J : Joint.
- Figure 5. - Moyenne des essais en galerie rectiligne.  
A : % de poussières collectées en aval du dépôt initial;  
B : % de poussières restées en place;  
C : % de poussières collectées en amont du dépôt initial;  
D : évolution estimée.
- Figure 6. - Moyenne des essais avec jonction en T.  
A : % de poussières collectées en aval du dépôt initial;  
B : % de poussières restées en place;  
C : % de poussières collectées en amont du dépôt initial;  
D : évolution estimée.
- Figure 7. - Moyenne des essais avec sole et cadres de soutènement.  
A : % de poussières collectées en aval du dépôt initial;  
B : % de poussières restées en place;  
C : % de poussières collectées en amont du dépôt initial;  
D : évolution estimée.
- Figure 8. - Photographie de l'extrémité de la galerie munie de la jonction en T.
- Figure 9. - Photographie de la partie distale de la galerie.
- Figure 10. - Photographie prise de l'extrémité libre de la galerie rectiligne.
- Figure 11. - Photographie prise de la chambre d'explosion vers l'extrémité ouverte de la galerie rectiligne.

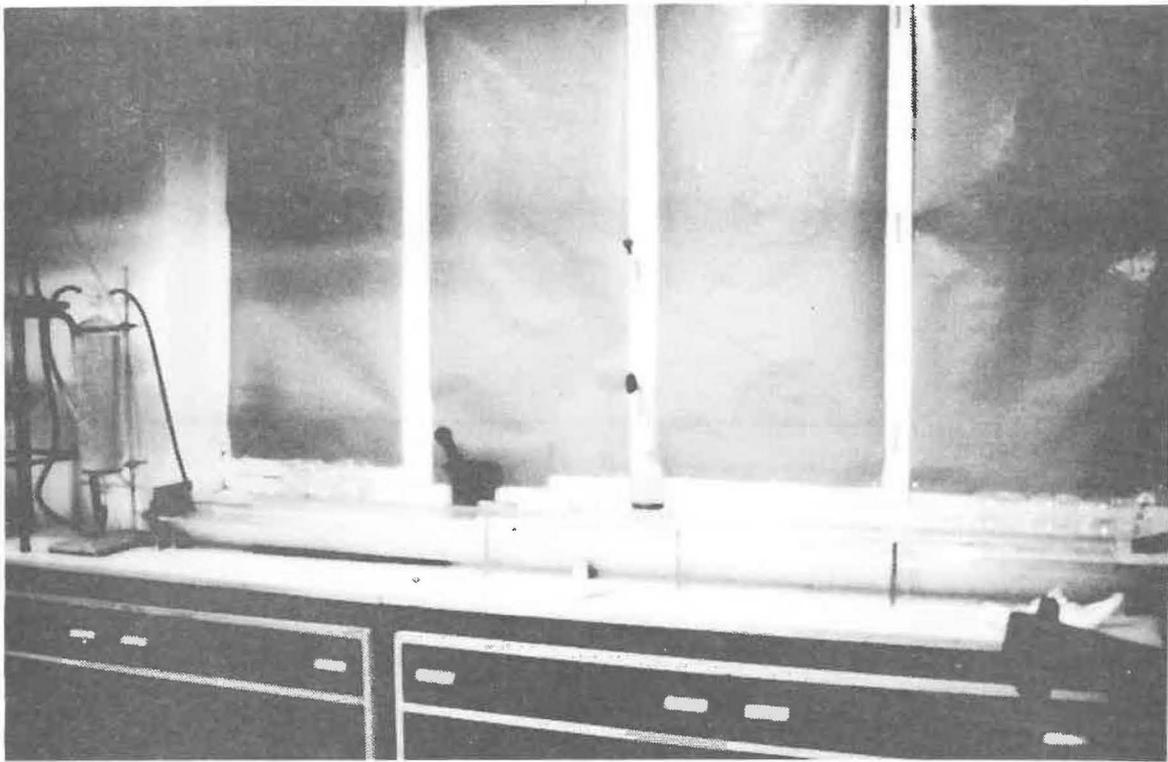


Figure 1

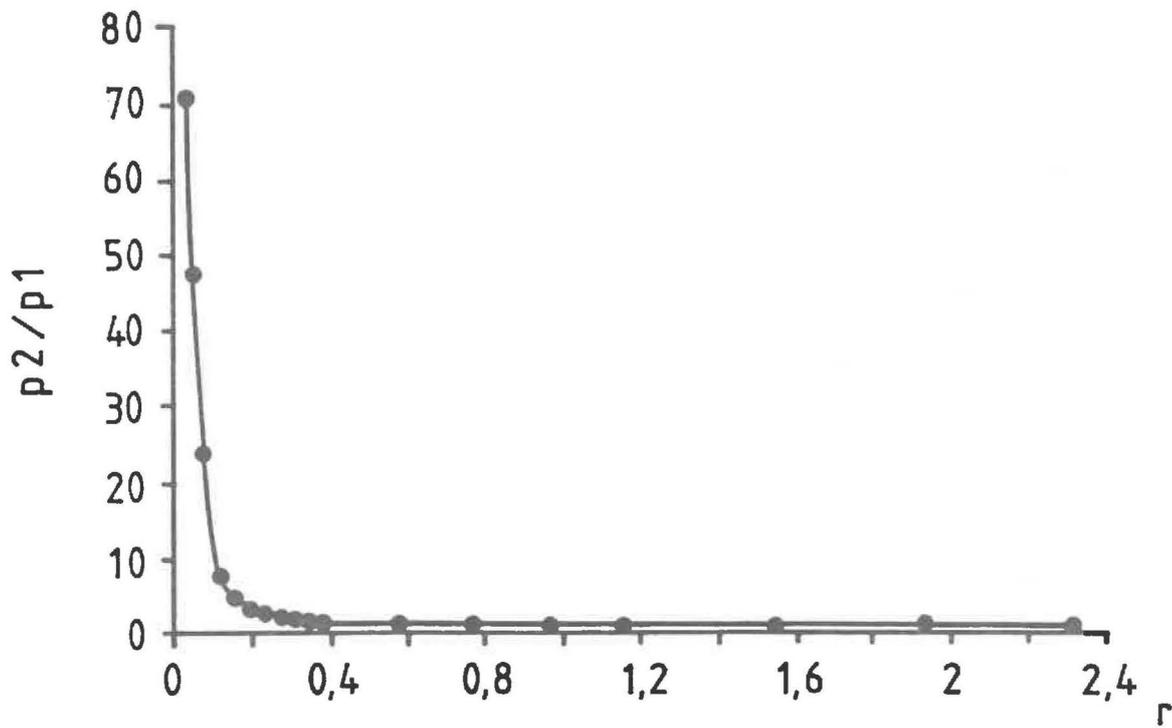


Figure 2

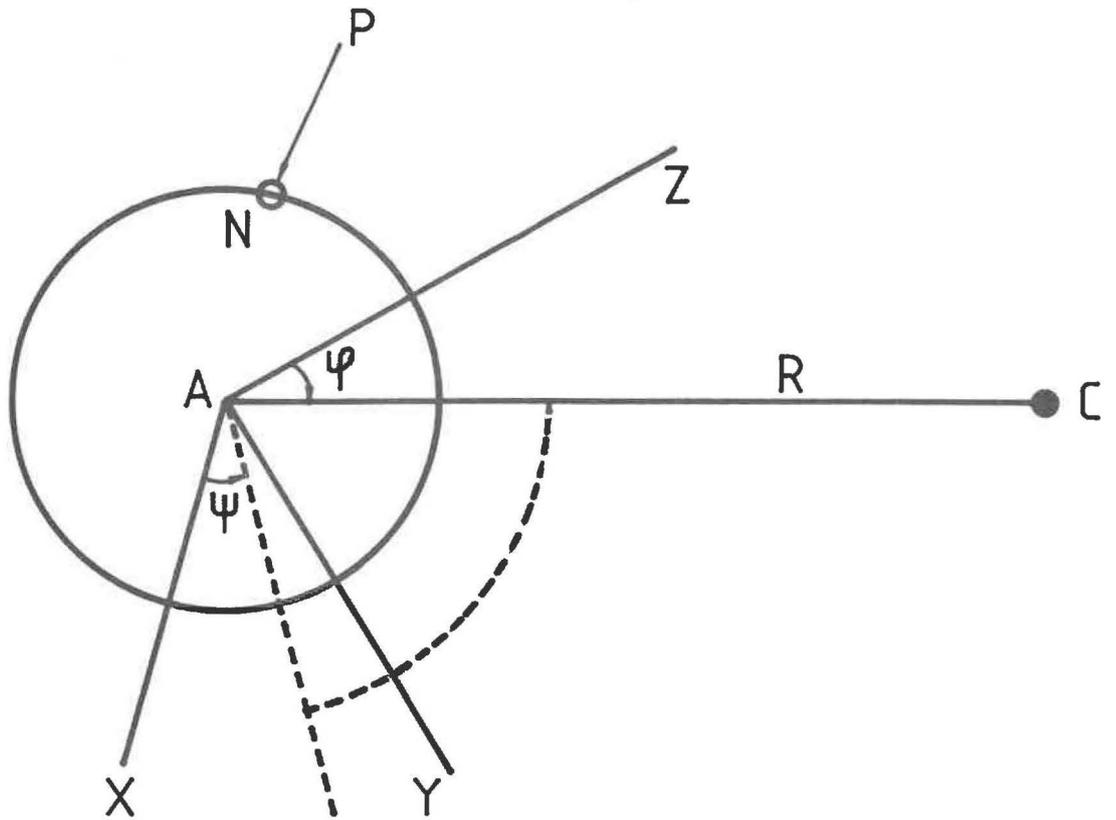


Figure 3

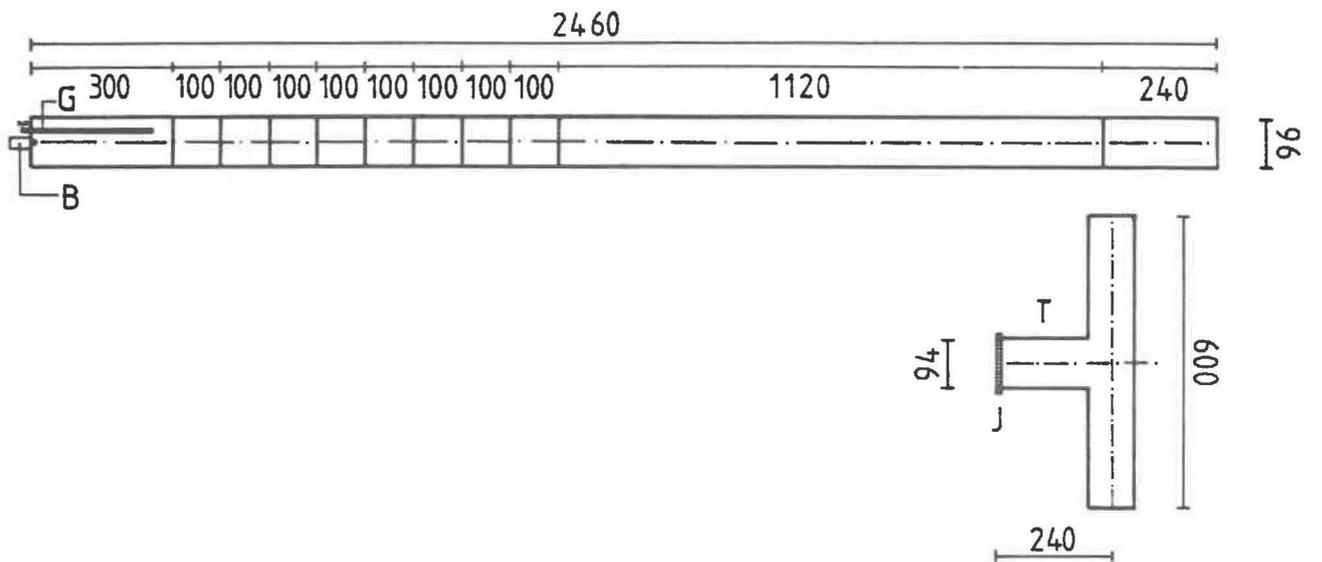


Figure 4

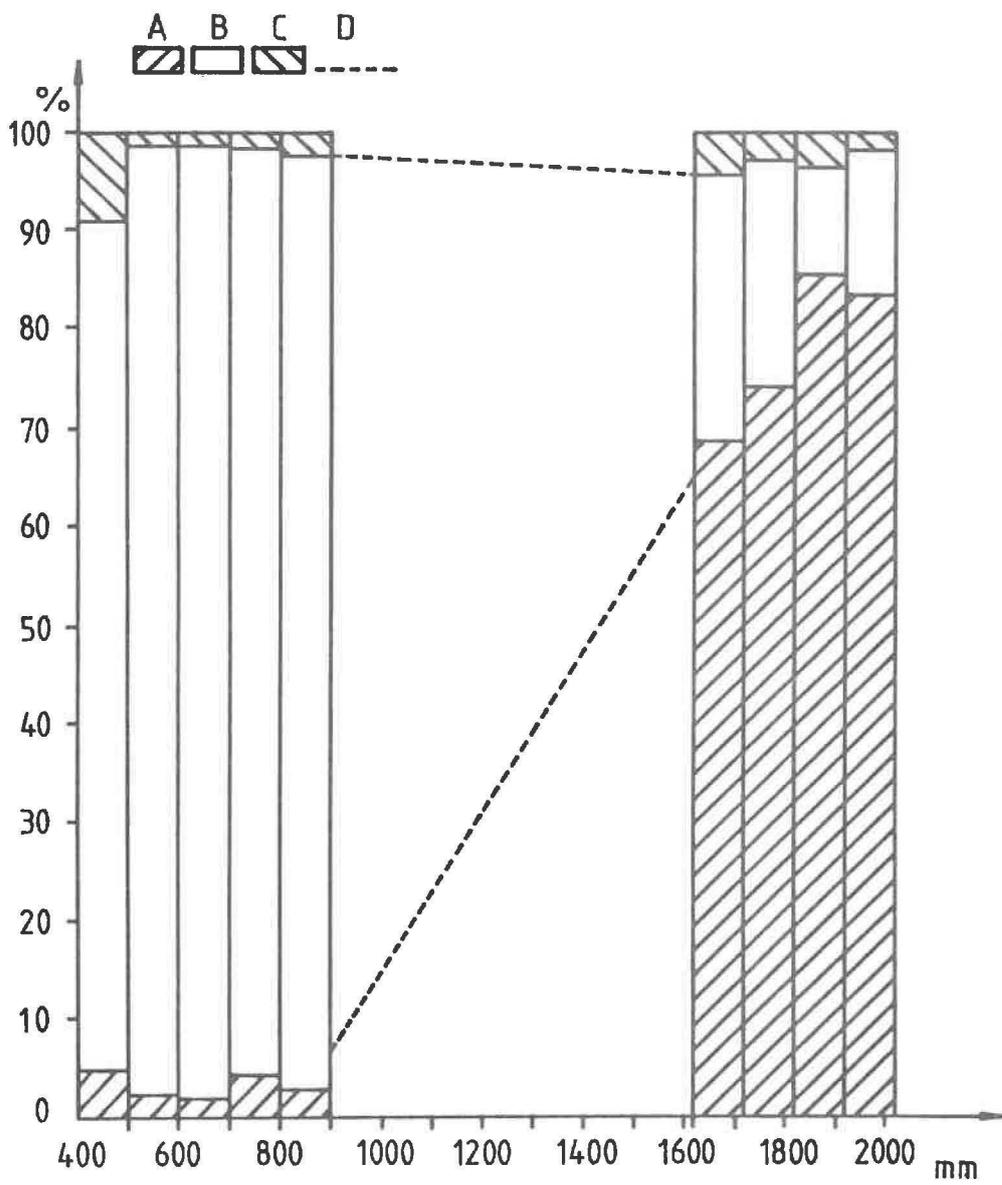


Figure 5

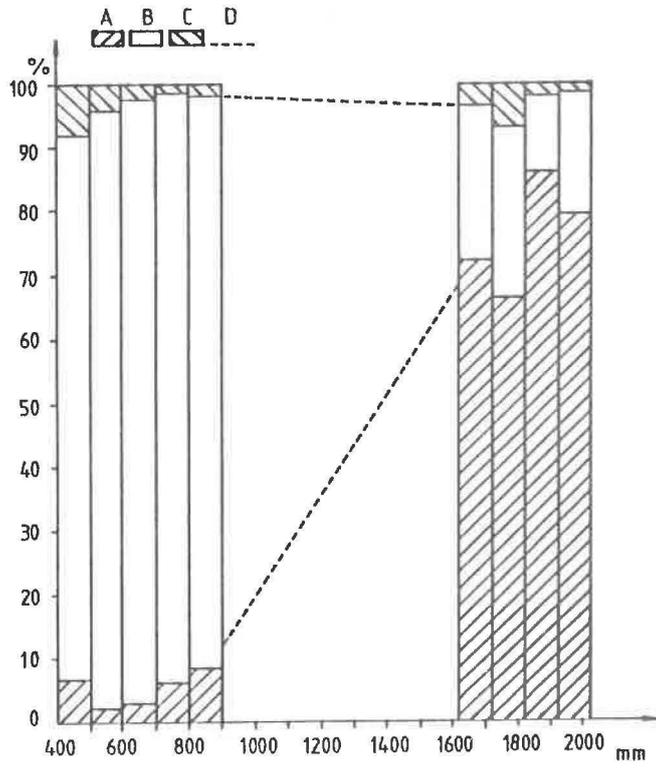


Figure 6

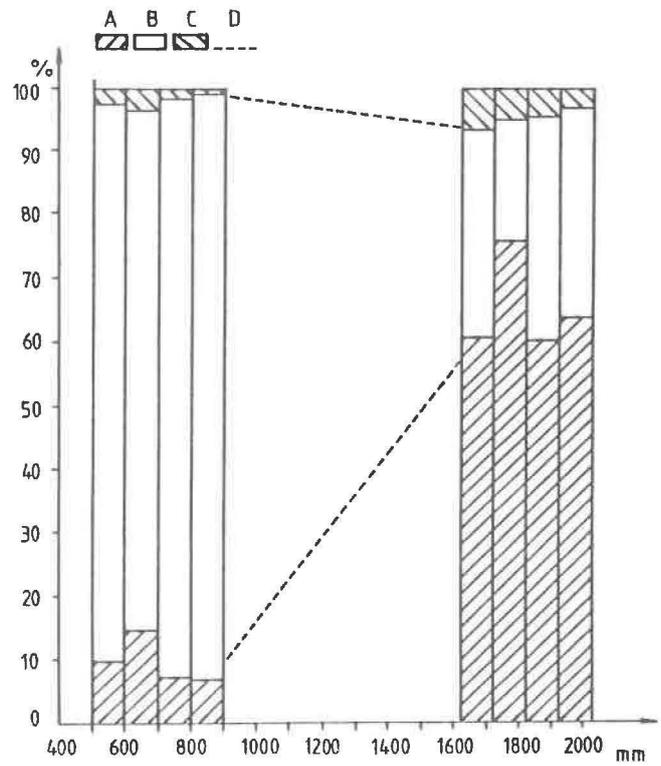
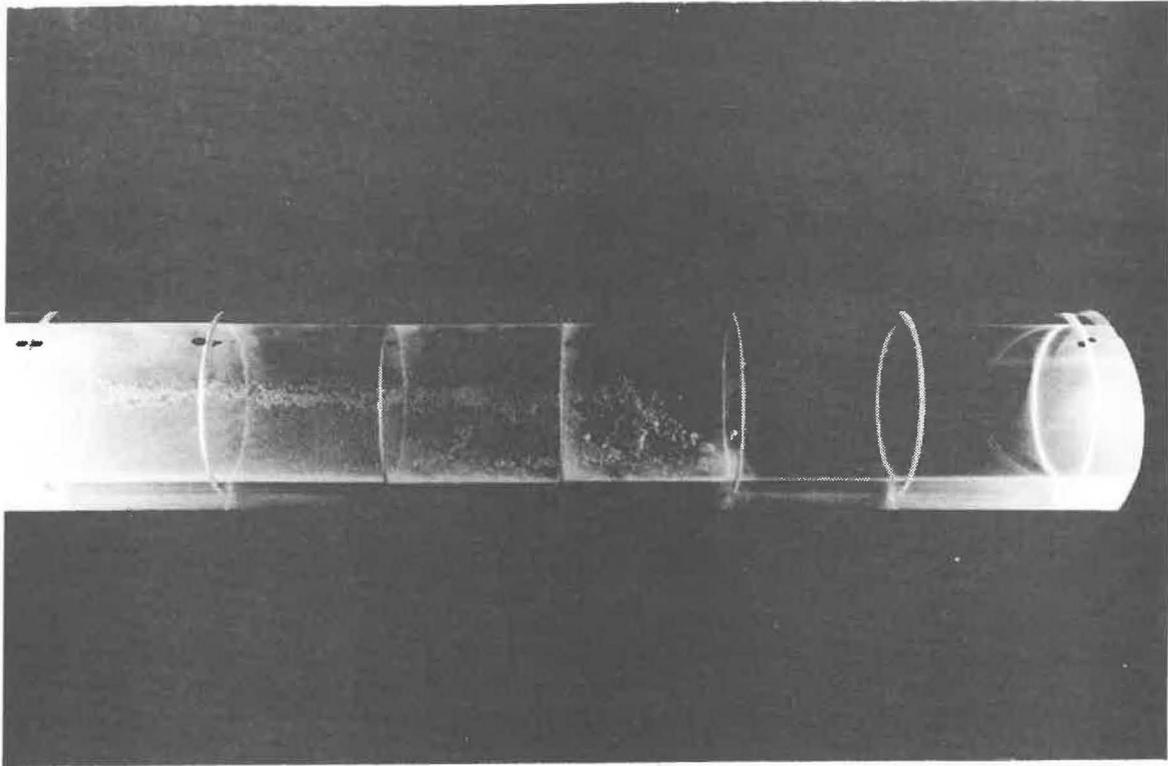
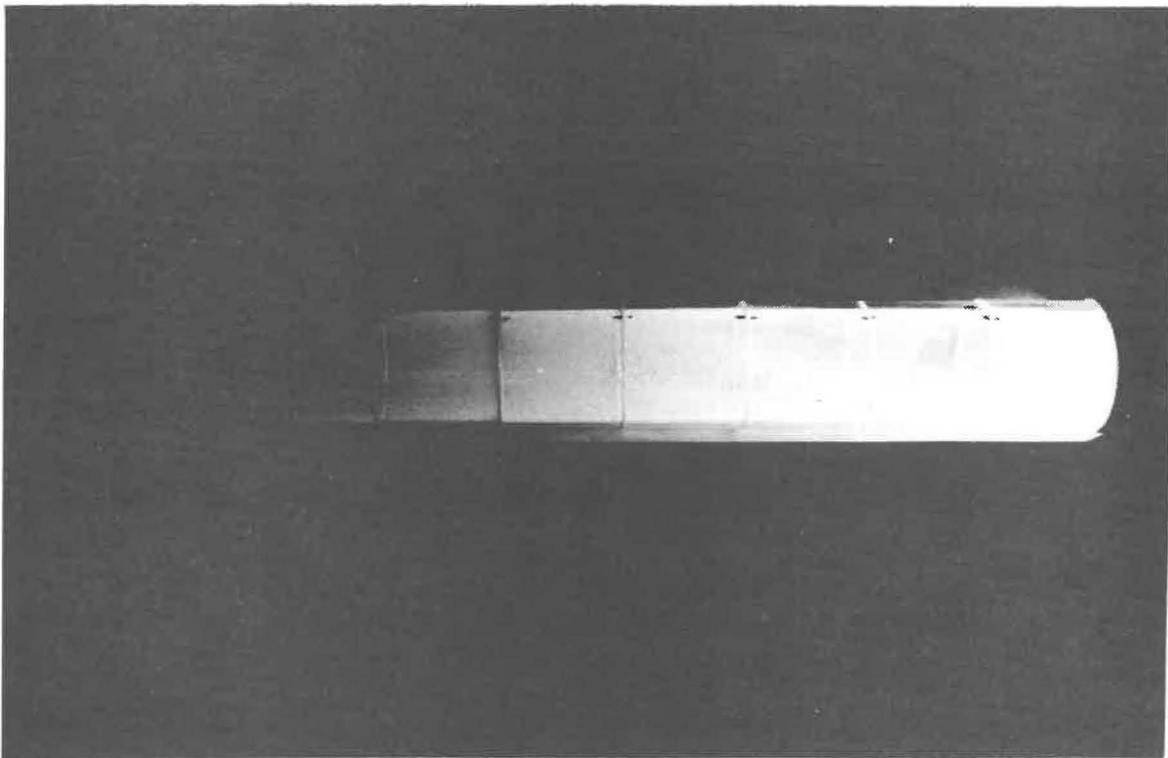


Figure 7



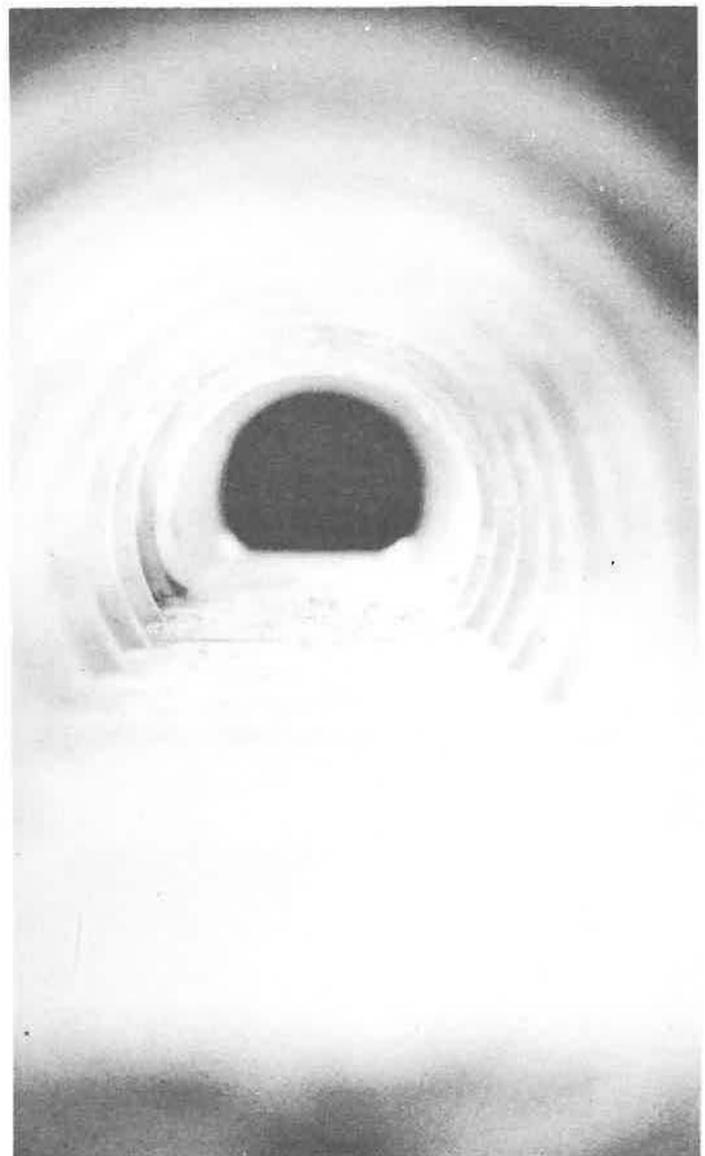
**Figure 8**



**Figure 9**



**Figure 10**



**Figure 11**