Diffusion du jet d'air au front du chantier en cas de ventilation secondaire soufflante

Dr.-Ing. K. RENNER,

Steinkohlenbergbauverein, Essen.

SAMENVATTING

De stroming aan het front welke een uit een luchtkoker komende straal in de mijngang produceert, wordt aan de hand van de wetten van de in een onbegrensde ruimte komende straal berekend.

De penetratie van de straal kan worden geschat wanneer het een coaxiale plaatsing van de luchtkoker in de mijngang betreft. Wordt de luchtkoker excentrisch in de gang geplaatst, dan wordt de penetratie van de straal groter dan bij coaxiale plaatsing. Zoals proeven op het ventilatiemodel en ondergronds hebben aangetoond, is de penetratie van de straal hoofdzakelijk afhankelijk van de aequivalente diameter D van de mijngang en het menggetal m (een maat voor de turbulentiegraad der uit de koker komende lucht). Bij de gebruikelijke afmetingen en plaatsing van een hulpventilatieinstallatie bedraagt de relatieve penetratie L/D 4 à 5.

Indien de afstand tussen de kokermond en het pijlerfront groter is, wordt tussen het keerpunt van de straal en het pijlerfront een kussen gevormd waarin verse lucht en schadelijke gassen eigenlijk alleen door spreiding worden gemengd. Wordt de kokermond dichter bij het pijlerfront geplaatst, dat overeenkomt met de penetratie van de uit de luchtkoker komende straal, dan ontstaan bij de kokermond grotere turbulentiegebieden. Al naar gelang de plaatsing van de kokermond in de mijngang produceren deze wervelingen terugstromingen (tegen de uitstroomrichting van de lucht in de mijngang), tegen de zijwanden, resp. in het dak.

Daarom moet worden aanbevolen :

1. *de kokermond op een afstand van het pijlerfront te plaatsen welke vrijwel overeenkomt met de penetratie van de straal en*
2. *deze tevens zo dicht mogelijk onder het dak te verplaatsen. Dan worden zeker wervelgebieden met terugstromingen bij het dak vermeden en worden de grote plaatselijke luchtsnelheden bij*

RESUME

Les conditions d'écoulement dans la galerie du jet d'air sortant d'un canar sont calculées selon le principe de l'écoulement d'un jet libre dans un espace illimité.

La profondeur de pénétration du jet peut être estimée lorsque le canar occupe une position axiale dans la galerie. Si le canar est disposé excentriquement, la profondeur de pénétration du jet est plus grande que lors de la disposition axiale. Comme des essais sur maquette avec de l'eau et des essais au fond l'ont montré, la profondeur de pénétration du jet dépend essentiellement du diamètre équivalent D de la galerie et de l'indice de mélange m (mesure du degré de turbulence de l'air sortant du canar). Dans le cas des dimensions et dispositions habituelles, l'aérage secondaire donne une profondeur de pénétration relative L/D voisine de 4 à 5.

Si la distance entre l'extrémité du canar et le front est plus grande, il se constitue entre le point de rebroussement du jet et le front un matelas dans lequel l'air frais et les gaz nocifs ne se mélangent essentiellement que par diffusion. Si l'extrémité du canar est rapprochée du front à une distance inférieure à la profondeur de pénétration du jet, des zones importantes de turbulence apparaissent autour de l'extrémité du canar. Suivant la position de la sortie du canar dans la section de la galerie, ces turbulences engendrent des contre-courants (contre la direction de sortie de l'air dans la galerie) aux parements où à la couronne.

Il y a donc lieu de recommander :

1. *de placer l'extrémité du canar à une distance du front à peu près égale à la profondeur de pénétration du jet, et*
2. *aussi près que possible de la couronne. On évitera ainsi à coup sûr les zones de turbulence à la couronne avec formation de contre-courants et on obtiendra les grandes vitesses d'air localement*

het dak verkregen welke voor het verdunnen van gaslagen wenselijk zijn.

nécessaires à la couronne pour diluer les nappes de gaz.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Strömungsverhältnisse vor Ort, die ein aus einer Lutte austretender Strahl in der Strecke erzeugt, werden anhand der Gesetzmässigkeiten des in den unbegrenzten Raum austretenden Freistrahls abgeleitet.

Die Eindringtiefe des Strahles kann für eine koaxiale Anordnung der Lutte in der Strecke abgeschätzt werden. Wird die Lutte exzentrisch in der Strecke angeordnet, so wird die Eindringtiefe des Strahles grösser als bei koaxialer Anordnung. Wie Versuche am Wassermodell und untertage gezeigt haben, ist die Eindringtiefe des Strahles im wesentlichen vom gleichwertigen Streckendurchmesser D und der Mischzahl m (ein Mass für den Turbulenzgrad der aus der Lutte austretenden Wetter) abhängig. Bei den üblichen Abmessungen und Anordnung einer Sonderbewetterungsanlage beträgt die relative Eindringtiefe $L/D \approx 4$ bis 5.

Ist der Abstand zwischen Luttenende und Ortsbrust grösser, so bildet sich zwischen Umkehrstelle des Strahles und der Ortsbrust ein Polster, in dem sich Frischwetter und schädliche Gase im wesentlichen nur durch Diffusion mischen. Wird das Luttenende näher an die Ortsbrust herangeführt, als es der Eindringtiefe des austretenden Strahles entspricht, so entstehen im Bereich des Luttenendes grössere Wirbelgebiete. Je nach Anordnung des Luttenaustritts im Streckenquerschnitt erzeugen diese Wirbel Rückströmungen (entgegen der Ausziehrichtung der Wetter in der Strecke) an den Stössen bzw. in der Firste.

Es ist deshalb zu empfehlen :

1. *den Luttenaustritt etwa der Eindringtiefe des Strahles entsprechend von der Ortsbrust und*
2. *möglichst dicht unter der Firste zu verlegen. Dann werden mit Sicherheit an der Firste Wirbelgebiete mit Rückströmungen vermieden und die zur Auflösung von Gasschichten wünschenswert grossen örtlichen Wettergeschwindigkeiten in der Firste erreicht.*

SUMMARY

The air-flow conditions at the coal-face created by a jet ejected from an air-duct into the roadway are deduced from the natural behaviour of the free jet entering the open space.

The depth of penetration of the jet can be estimated where the air-duct is laid coaxially in the roadway ; it is greater where the air-duct is laid eccentrically. Experiments with a water computer and underground have shown that the rate of penetration of the jet depends largely on the constant roadway diameter D and on the mingling coefficient m (an indicator of the degree of turbulence of the air ejected from the duct). Given normal measurements and an auxiliary ventilation system, the depth of penetration varies from $L/D \approx 4$ to 5.

Where the distance between air-duct nozzle and face is considerable, a cushion will be formed between the point of return of the jet and the face, in which fresh air and noxious gases will as a rule mix only by diffusion. If the distance between the air-duct nozzle and the face is reduced to less than the depth of penetration of the jet, extensive zones of turbulence will form in the vicinity of the nozzle. According to the positioning of the nozzle in the roadway section, the turbulences will produce back-flows (i.e. against the return-air current in the roadway) near the roof or along the walls.

It is therefore recommended that the air-duct nozzle be laid

1. *at a distance from the face approximately corresponding to the depth of penetration of the jet, and*
2. *as close to the roof as possible.*

This will definitely prevent the formation of zones of turbulence under the roof and will ensure that the air-velocity under the roof is high enough to disperse any layers of methane which may be present.

SOMMAIRE

1. Introduction :
   Quelques indications sur les lois régissant l'écoulement d'un jet libre circulaire dans un espace illimité.
2. Diffusion du jet dans une galerie.
   21. Profondeur de pénétration du jet lorsque le canar est disposé au milieu d'une galerie.
   22. Diffusion du jet lorsque le canar est suspendu contre le front ou à la couronne de la galerie.
3. Essais sur maquettes.
4. Etudes au fond.
   41. Profondeur de pénétration du jet.
   42. Observations sur les zones de turbulence.

1. INTRODUCTION

Les gaz nocifs présents au front des traçages doivent être dilués et évacués le plus rapidement possible. A ce sujet, Spence et Carver ont publié récemment quelques observations sur l'effet produit par le

jet d'air à front du traçage lorsque l'on a recours à une ventilation secondaire soufflante et au remblayage pneumatique. La présente étude portera sur le choix judicieux de la distance entre l'extrémité du canar et le front de la galerie et de la disposition du canar dans la galerie. Afin de clarifier les idées, nous donnerons d'abord quelques précisions sur les lois régissant l'écoulement d'un jet libre circulaire injecté dans un espace libre [voir par exemple : Prandtl (Précis d'écoulement des fluides), Tollmien, Ruden, Förthmann, Schlichting et Reichardt)].

Un jet d'air circulaire sort du canar (diamètre d) à une vitesse pratiquement constante w_0 (fig. 1).

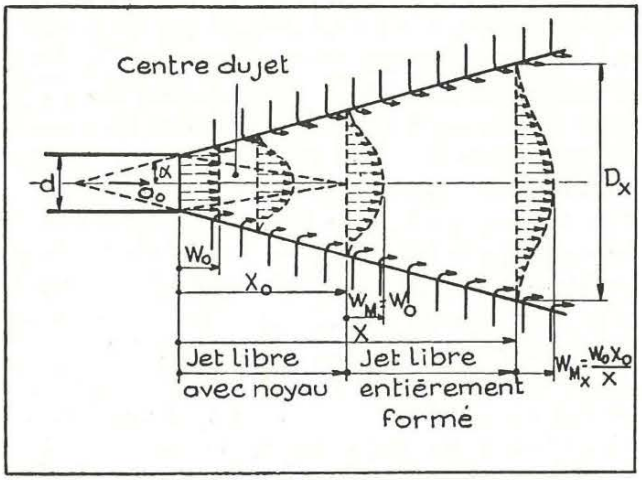

Fig. 1. — Jet circulaire libre (distribution des vitesses). Longueur du centre du jet : $X_0 = d/m$ (m = « indice de mélange »)

Diamètre du jet : $D_x = m \cdot n \sqrt{2 \ln 2} \cdot X$

Vitesse moyenne :
$W_M/W_0 \mid X = X_0/X$ pour $X > X_0$
Distribution des vitesses :
$W_{(r)}/W_M \mid X = e^{(-2/m^2)} \cdot (r/X)^2$
} Dans le jet libre complètement formé

A la périphérie du jet, certaines particules de l'air ambiant sont entraînées, de sorte que la quantité d'air se déplaçant à l'intérieur du jet croît en aval. A partir de l'orifice de sortie du canar, la vitesse à proximité de l'axe du jet demeure d'abord constante (w_0) jusqu'au point terminal x_0 de ce que l'on appelle le cœur du jet. Dans les zones marginales, le jet s'élargit par suite du mouvement turbulent d'échanges, en raison directe de la distance x à l'orifice de sortie ; corollairement, la vitesse axiale décroît du centre au bord du jet. La longueur du centre du jet x_0 est directement proportionnelle au diamètre de sortie d et inversement proportionnelle à l'indice de mélange m (qui indique le degré de turbulence du jet sortant). Pour des degrés de turbulence moyens, le coefficient de mélange m varie de 0,12 à 0,16, c'est-à-dire que le cœur du jet atteint une longueur de 6 à 8 fois le diamètre du canar d.

A des distances supérieures de l'orifice de sortie ($x > x_0$), la distribution des vitesses à l'intérieur du jet comporte des profils similaires. A partir de l'extrémité du cœur du jet, la vitesse moyenne w_M décroît proportionnellement avec la distance de la sortie. Les profils de distribution des vitesses correspondent à une courbe en cloche.

Le diamètre du jet D_x est directement proportionnel au coefficient de mélange m et à la distance x de l'orifice de sortie. De même, le volume d'air Q_x qui se déplace à travers le jet en un point x croît proportionnellement au volume d'air Q_0 sortant du canar. Dès lors, le jet sortant à l'air libre présente la propriété d'avoir une forme indépendante du diamètre du canar d pour un même volume d'air Q_0 sortant du canar et pour un même coefficient de mélange m.

Le mécanisme de la diffusion du jet dans un espace libre peut être observé, par exemple les jours sans vent, en regardant les tours de réfrigération et les cheminées. Le cône du jet est linéaire, même si les lois qui commandent son évolution sont un peu différentes en raison des variations de température que présentent les gaz à l'intérieur du jet.

2. DIFFUSION DU JET DANS UNE GALERIE

21. Profondeur de pénétration du jet lorsque le canar est disposé au milieu d'une galerie.

A la sortie du canar au front d'un traçage, l'élargissement du jet d'air est limité par le volume de l'espace disponible.

Le jet ne peut pénétrer dans la galerie que si sa force suffit à renverser le courant de retour d'air. Si l'espace considéré a une longueur supérieure à la profondeur de pénétration du jet, il se forme inévitablement entre l'extrémité du jet et le front un matelas d'air dans lequel ne se produit plus aucun mélange turbulent. Il convient donc, en établissant des ventilations secondaires, de choisir une distance entre la sortie du canar et le front telle que le jet atteigne certainement celui-ci.

Nous n'avons pas à présent connaissance de mesures concernant la profondeur de pénétration du jet. Mais les règles régissant l'élargissement du jet à l'air libre permettent de faire quelques constatations.

Une maquette très simple permet d'observer l'écoulement dans un tube de diamètre D, où s'élargit de façon coaxiale un jet sortant d'un canar de diamètre d, en sens contraire du courant de retour dans le tube. La fig. 2 représente schématiquement l'allure de l'écoulement, ainsi que la répartition des

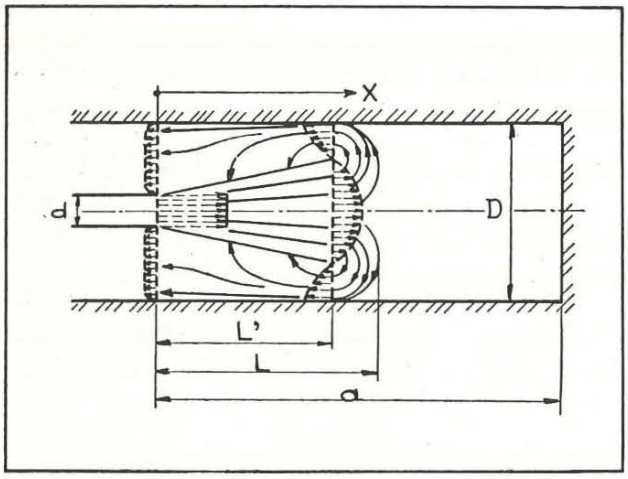

Fig. 2. — Allure de l'écoulement et distribution des vitesses d'un jet circulaire coaxial dans un tube fermé (schéma). Diffusion orientée en contrecourant de la direction du jet.

vitesses d'air à l'intérieur du jet et du retour d'air. Le jet atteint une profondeur de pénétration L ; à cet endroit, le courant s'inverse dans le sens du retour d'air, celui-ci étant encore touché jusque vers le point L.

Une étude énergétique permet, par l'application des règles régissant le jet libre, de déterminer la profondeur de pénétration du jet. On constate alors que la profondeur de pénétration du jet L est directement proportionnelle au diamètre D du tube et inversement proportionnelle au coefficient de mélange du jet. Dans certaines limites, cette profondeur de pénétration est pratiquement indépendante du rapport entre les diamètres du canar et de la galerie $(d/D)^2$. Pour un indice de mélange moyen ($m = 0{,}15$), la profondeur de pénétration d'un jet coaxial est de l'ordre de 2,5 à 3 fois le diamètre du tube D si l'extrémité du canar et le front se trouvent à une distance correspondante.

Ce résultat présente une bonne concordance avec certaines observations. La zone de mélange se raccourcit quand on accroît la turbulence du jet sortant, c'est-à-dire par exemple quand on imprime, dans le cas extrême, une rotation au jet sortant grâce à des dispositifs aménagés dans l'ajutage.

Lorsqu'on approche l'extrémité du canar du front de façon que la distance entre le canar et le front soit égale à la profondeur de pénétration du jet, on assure un mélange turbulent de l'air à front, et dès lors un mélange uniforme du courant d'air entrant et des gaz nocifs. Le mélange du jet sortant et du retour d'air est très intense.

Pour un rapport entre les diamètres du canar et de la galerie $d/D = 0{,}2$, le volume d'air perturbé à l'intérieur du jet représente à peu près 3 fois le volume d'air soufflé. Dans ce cas, la vitesse moyenne du jet à la fin de la zone de mélange, qui peut être considérée comme un critère de sa vitesse d'entraînement, est à peu près la moitié de la vitesse de soufflage à la sortie du canar. Ce résultat correspond à la constatation générale selon laquelle on trouve désagréable le jet sortant d'un canar quand on se trouve dans la galerie près de l'axe du jet.

Lorsque la sortie du canar se trouve à une distance du front inférieure à celle correspondant à la profondeur de pénétration du jet, il se produit une retenue. La zone de mélange se situe alors plus ou moins dans le secteur du retour d'air. Ces phénomènes sont décrits par Spence et Carver dans l'étude « Incidence du remblayage pneumatique sur l'aérage d'une mine ». Au moyen d'expérimentations avec des fumées, les auteurs ont constaté la présence de zones de turbulence à l'extrémité du canar dans les cas où celle-ci se trouvait à une distance du front inférieure à celle correspondant à la profondeur de pénétration du jet. Ils n'ont fourni aucune indication sur cette profondeur de pénétration.

22. Diffusion du jet lorsque le canar est suspendu contre le parement ou à la couronne de la galerie.

En traçage, le canar est ordinairement posé à la couronne ou sur la sole contre le parement. Le jet sortant n'est pas coaxial par rapport à la section de la galerie. De ce fait, l'image de l'écoulement du mélange est modifiée. Dans un article intitulé « Luftbewegung in klimatisierten Räumen » (Les mouvements de l'air dans les locaux climatisés). Regenscheidt a traité de la profondeur de pénétration du « demi-jet plat » dans un espace limité.

Si l'on assure par exemple l'aérage d'un local en insufflant de l'air à travers une fente située directement au-dessous du plafond, la profondeur de pénétration du jet augmente sensiblement (fig. 3). Le jet

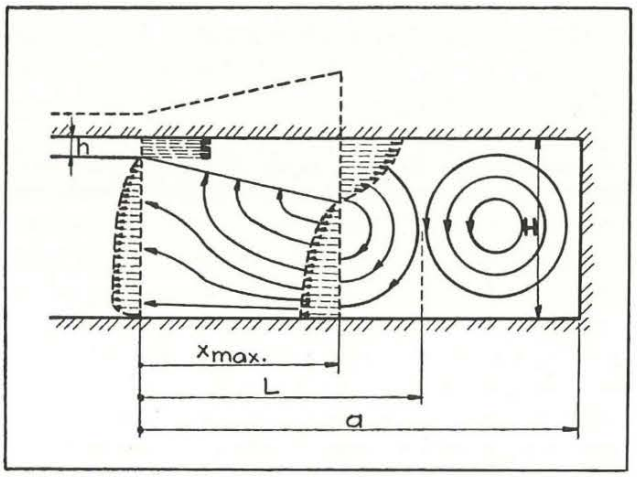

Fig. 3. — Profondeur de pénétration et schéma de la distribution des vitesses d'un jet plan dans un espace limité. Diffusion orientée en contre-courant de la direction du jet.

se comporte comme un jet plat complet débouchant à l'air libre à travers une fente de largeur double. La figure 3 représente schématiquement l'allure de

l'écoulement et la répartition des vitesses. Le jet plat ne peut entraîner les particules d'air du côté du plafond. Le mélange demeure limité au bord inférieur du jet.

Un canar posé dans la galerie ne se trouve qu'en partie dans cette situation. La partie du jet tournée vers la couronne ou vers le front se mélange inévitablement avec l'air provenant de la partie opposée de la galerie. Il en résulte dans l'espace un mouvement de mélange, de forme hélicoïdale (fig. 4).

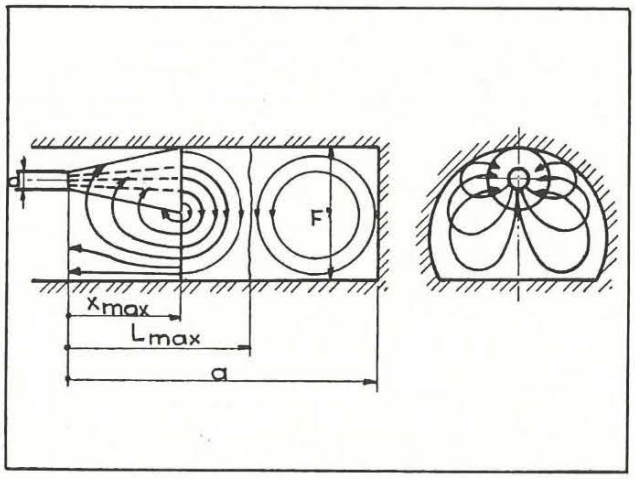

Fig. 4. — Allure de l'écoulement à l'extrémité d'une ligne de canars de ventilation auxiliaire soufflante.

On ne peut qu'évaluer la profondeur de pénétration maximale du jet excentrique. Sans atteindre tout à fait la valeur double, comme pour le jet plat, elle est pourtant supérieure à celle correspondant à la disposition coaxiale. La zone d'inversion du courant au front de la galerie s'étend également. Selon le degré d'excentricité du canar dans la galerie, le jet atteint dans les conditions habituelles par ailleurs une profondeur de pénétration L de l'ordre de 4 à 4,5 fois le diamètre D correspondant à la section de galerie F.

Tout comme dans la position coaxiale, la vitesse d'entraînement au front de la galerie peut se comparer à la vitesse moyenne du jet. Elle s'établit dès lors au tiers ou à la moitié de la vitesse de soufflage à la sortie du canar. Par rapport à la vitesse moyenne de l'air dans la galerie, la vitesse d'entraînement au front est de 7 à 12 fois plus grande.

Cela semble être suffisant pour dissoudre des nappes de gaz au front de la galerie, à condition de faire en sorte que la profondeur de pénétration du jet corresponde à la distance séparant l'extrémité du canar du front. Cette dissolution est encore accélérée par le mouvement transversal du courant de mélange.

3. Essais sur maquettes.

Il est malaisé de mesurer le courant de mélange au voisinage du jet à l'extrémité d'une ventilation secondaire, mais on peut l'observer parfaitement sur une maquette.

L'écoulement est identique sur maquette et à grande échelle si, dans les deux cas, le nombre de Reynolds est le même. Un essai sur maquette avec de l'eau permet, en raison des viscosités différentes de l'air et de l'eau, de se contenter de dimensions plus faibles pour des vitesses de déplacement identiques.

A titre de démonstration nous avons, pour simplifier les choses, construit avec des tubes de verre une petite maquette à eau, que nous avons raccordée à la conduite d'eau (fig. 5).

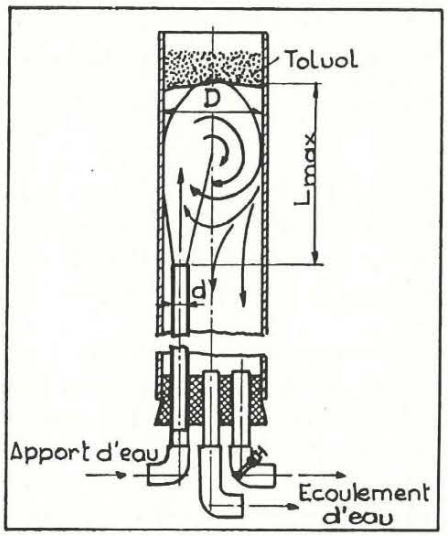

Fig. 5. — Maquette à eau représentant l'élargissement du jet d'un canar de ventilation soufflante dans des traçages.

Diamètre de la maquette de canar d = 15 mm, diamètre de la maquette de galerie D = 75 mm.

La vitesse de déplacement de l'eau dans la maquette s'élève à $w_0 \approx 2$ m/s, et dans la maquette de galerie à $w_0 \approx 0{,}08$ m/s.

Pour l'expérimentation, il est plus simple de disposer la maquette verticalement. Le mécanisme d'entraînement au front de la galerie apparaît nettement quand on abaisse le niveau d'eau. On peut par exemple imiter une nappe de gaz au front de la galerie en versant de l'huile ou du toluol teinté (ν = 866 kp/m^3). Dès que le jet atteint la couche d'huile, des gouttelettes d'huile sont arrachées et demeurent suspendues dans la zone de turbulence du jet.

On peut alors mesurer convenablement la profondeur de pénétration du jet. En cas de disposition excentrique du « canar » dans la « galerie », la profondeur de pénétration du jet représente environ 5 fois le diamètre du tube et, en cas de disposition concentrique des 2 tubes de verre, environ 3 fois, même si l'on diminue alors sensiblement la vitesse de déplacement, ou si l'on modifie le diamètre de la maquette de canar.

4. ETUDES AU FOND

Grâce au concours de la Hibernia-Bergbau AG, nous avons eu l'occasion d'étudier les processus d'écoulement au fond dans un travers-bancs du siège Waltrop, équipé avec une installation spéciale d'aérage soufflant. Le jet sortant du canar était rendu visible par l'injection dans le canar d'ammoniaque en bonbonne. De cette manière, il était relativement facile de mesurer au fond la profondeur de pénétration du jet. Les processus d'écoulement et de rinçage à front et en couronne pouvaient également être observés grâce à cette fumée.

Au cours des études, on a fait varier la distance de l'extrémité soufflante du canar au front et la position du canar dans la section du travers-bancs. La vitesse de l'air a également pu être réduite légèrement.

Le soutènement du travers-bancs consistait en cintres d'une section $F = 12{,}5\ m^2$, soit un diamètre $D = 3{,}5$ m (fig. 6). Au front, une ligne de canars

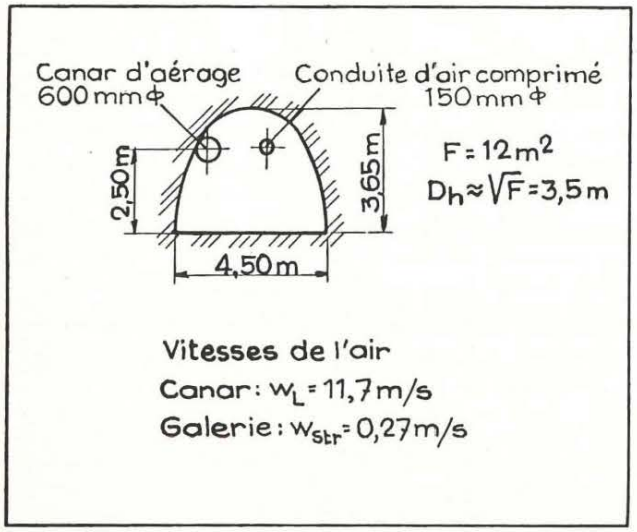

Fig. 6. — Coupe de la galerie utilisée pour l'étude des dispositifs de ventilation auxiliaire soufflante.

en contreplaqués d'un diamètre $d = 600$ mm était fixée à 2,5 m au-dessus de la sole. La vitesse moyenne de soufflage était de $w_L = 11{,}7$ m/s, ce qui correspondait dans le travers-bancs à $w_{Str} = 0{,}26$ m/s.

41. Profondeur de pénétration du jet.

Afin de déterminer la profondeur de pénétration du jet émis par le canar, la distance L de l'extrémité du canar a été portée de 5,7 à 24 m, toute autre dis-

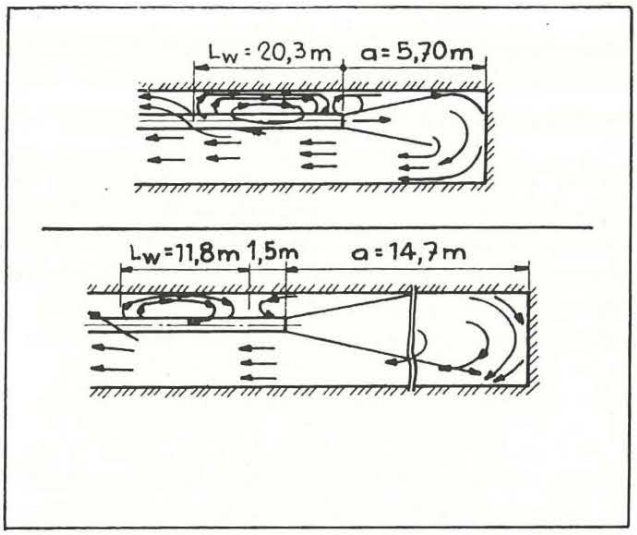

Fig. 7. — Allure de l'écoulement à l'extrémité d'une ligne de canars de ventilation auxiliaire soufflante située à différentes distances du front (schéma).

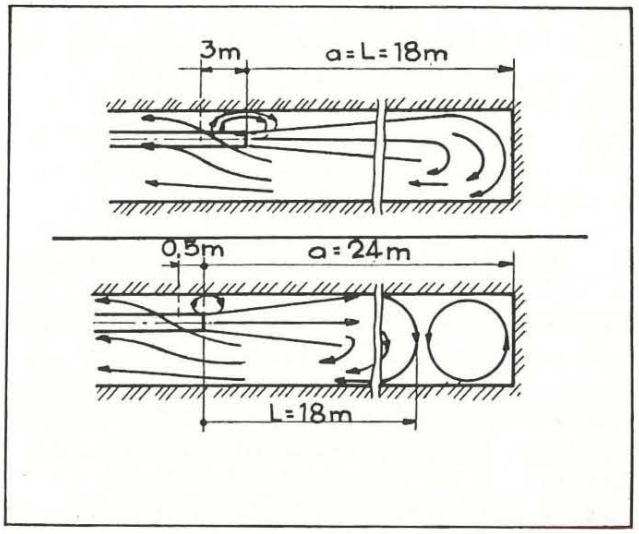

Fig. 8. — Allure de l'écoulement à l'extrémité d'une ligne de canars de ventilation auxiliaire soufflante située à différentes distances du front (schéma).

position demeurant inchangée de même que la vitesse de l'air. Les figures 7 et 8 reproduisent schématiquement l'écoulement du jet sortant. On a mesuré une profondeur de pénétration $L = 18$ m. Cela correspond à une profondeur relative de pénétration de $L/D = 5{,}1$ soit la même valeur que celle trouvée dans la maquette à eau, lorsque le canar en modèle réduit était branché excentriquement au conduit. Même à vitesse plus faible de l'air $w = 8{,}7$ m/s, le jet atteignait encore une profondeur de pénétration $L = 18$ m lorsque l'extrémité du canar se trouvait suffisamment près du parement ou immédiatement en couronne. Le résultat de l'essai sur modèle réduit, dans lequel le rapport entre les sections du canar et de la galerie était à peu près le même que

dans l'essai au fond, concorde bien avec celui de l'essai au fond.

Les essais de Spence et Carver également donnent à peu près le même résultat pour la profondeur maximale possible de pénétration du jet émis par un canar, pour autant que l'on puisse en cette matière tirer des conclusions des publications de ces auteurs. Lorsque la distance de l'extrémité du canar au front s'accroît, il se forme entre le point de rebroussement du jet et le front un matelas dans lequel ne se produit pratiquement aucun mouvement d'air.

42. Observations sur les zones de turbulence.

Les processus d'écoulement au front pouvant être rendus visibles au moyen de fumée, cette possibilité a été mise à profit pour observer les zones de turbulence à l'extrémité du canar, observées précédemment par Spence et Carver. Dans les figures ci-après, l'écoulement dans ces zones de turbulence et leur extension ont été reproduits à peu près à l'échelle. L'évolution de l'écoulement peut être décrite comme suit.

Lorsque la distance de l'extrémité du canar au front est inférieure à la profondeur maximale de pénétration du jet et que l'extrémité du canar est aménagée latéralement dans la galerie, il en résulte en couronne une zone de turbulence dans laquelle l'air se trouvant immédiatement sous la couronne s'écoule en sens contraire au courant d'aérage. Dans cette zone de turbulence, la vitesse d'écoulement est supérieure à la vitesse moyenne de l'air dans la partie de galerie se trouvant en amont. Cette vitesse est tellement grande que des bouchons de fumée derrière le garnissage sont rapidement dissipés. Immédiatement à l'extrémité du canar se forme en outre un tourbillon secondaire très rapide mais d'ampleur réduite.

Lorsque la distance de l'extrémité du canar au front devient égale à la profondeur de pénétration du jet, ce petit tourbillon subsiste (fig. 8). Lorsque cette distance devient supérieure à la profondeur maximale de pénétration du jet, il se forme un bouchon entre le point de renversement du jet et le front. Dans cette zone, la fumée injectée ne progresse que très lentement. Elle monte en couronne, principalement sous l'influence d'effets thermiques, et se propage en rampant vers le point de renversement où elle est entraînée à grande vitesse par le jet vers la sole.

Il faut éviter autant que possible la formation des zones de turbulence étendues que l'on peut observer lorsque la distance entre l'extrémité du canar et le front est faible et dont la présence n'est pas du tout souhaitable lorsqu'il y a des nappes de grisou en couronne. Il était logique d'essayer de le faire en changeant la disposition de l'extrémité soufflante du canar dans la galerie. A l'aide d'un canar en accordéon, l'extrémité soufflante fut amenée immédiatement sous la couronne à une distance a = 7 m du front (fig. 9)). Le grand tourbillon s'est alors formé à la sole, à l'extrémité du canar, ainsi

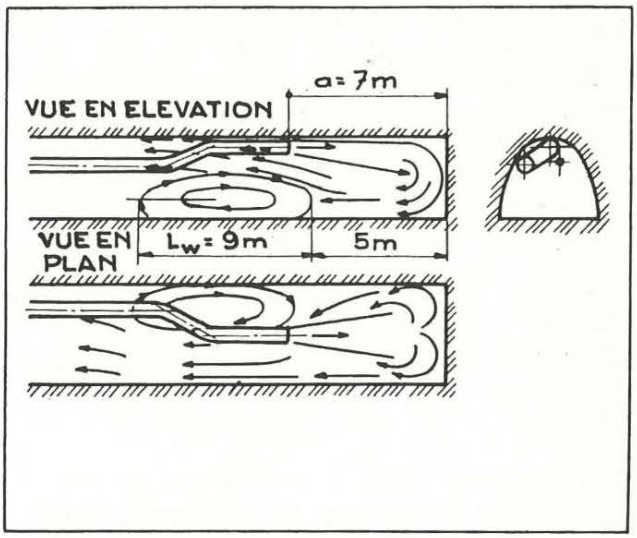

Fig. 9. — Allure de l'écoulement à l'extrémité d'une ligne de canars de ventilation auxiliaire soufflante. Sortie du canar à la couronne (schéma).

qu'il est reproduit schématiquement sur la figure 9. En couronne, la vitesse d'éjection était très grande entre l'extrémité du canar et le front. Les nuages de fumée, même s'ils se trouvaient derrière le garnissage, étaient rapidement dissipés. Pour faire un essai de contrôle, l'extrémité du canar a été placée contre la paroi sur la sole, à une distance a = 5 m du front, toute autre condition demeurant égale. Dans ce cas, la grande zone de turbulence se constitue en couronne, à l'extrémité du canar, ainsi qu'il ressort de la figure 10.

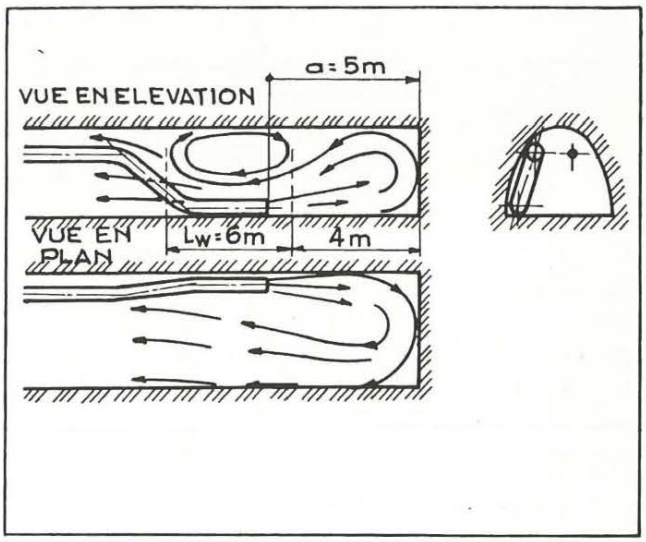

Fig. 10. — Allure de l'écoulement à l'extrémité d'une ligne de canars de ventilation auxiliaire soufflante. Sortie du canar à la sole de la galerie (schéma).

Les études sur la propagation du jet, faites à l'aide d'installations spéciales d'aérage soufflant, ont fourni les indications suivantes.

1) La profondeur maximale de pénétration L de l'air éjecté par le canar dans une galerie de section F (m^2) est environ égale à 4,5 à 5 fois le diamètre équivalent de la galerie

$$L = 4{,}5 \text{ à } 5 \qquad D_h \approx 4{,}5 \text{ à } 5 \qquad \sqrt{F}\,(m)$$

lorsque la sortie du canar est disposée selon l'habitude parallèlement à l'axe de la galerie et à la périphérie de la section (c'est-à-dire lorsque la sortie du canar se trouve le plus près possible de la paroi ou sous la couronne) et que l'air éjecté est exempt de turbulence.

Dans le tronçon de galerie entre la sortie du canar et la zone de renversement du jet, les vitesses locales de l'air sont toujours nettement supérieures à la vitesse moyenne de l'air de la galerie. On a pu constater que dans cette partie les nuages de fumée étaient très rapidement dissipés, même derrière le garnissage, par suite d'une turbulence accrue.

2) Lorsque la distance « a » de l'extrémité du canar au front est supérieure à la profondeur de pénétration L du jet ($a > L$), il se forme, indépendamment de la position de l'extrémité du canar dans la section de la galerie, un bouchon entre la zone de renversement du jet et le front. Dans cette zone, il n'y a pratiquement aucun mouvement d'air.

3) Lorsque la distance « a » de l'extrémité du canar au front est inférieure à la profondeur de pénétration possible L du jet ($a < L$), des zones de turbulence d'étendue plus ou moins grande se forment à l'extrémité du canar en direction du retour d'air. Ces zones de turbulence provoquent des courants (contre-courants) de sens contraire au courant de retour d'air en certains points de l'extrémité du canar : aux parois, à la sole, ou en couronne de la galerie.

La position de ces zones de turbulence dans la section de la galerie dépend de la disposition de l'extrémité du canar dans la galerie.

4) Il est opportun de placer la sortie du canar en couronne :

1. de toute façon, pour éviter les contre-courants en couronne à l'extrémité du canar ;
2. pour obtenir précisément en couronne les vitesses locales les plus grandes de l'air éjecté entre l'extrémité du canar et le front.

Les études au fond ont été possibles grâce au concours cordial de la Berggewerkschaft Hibernia AG. Aussi l'auteur tient-il à marquer sa gratitude vis-à-vis de la direction de l'Hibernia AG pour les moyens qu'elle a bien voulu mettre à sa disposition et vis-à-vis de MM. les Dipl. Ing. Escher et Dr. Böhm pour l'aide et les conseils qu'ils ont bien voulu lui apporter lors de l'exécution des essais.

BIBLIOGRAPHIE

(1) L. PRANDTL : Führer durch die Strömungslehre. **F. Vieweg u. Sohn,** Braunschweig, 1944.
(2) W. TOLLMIEN : Berechnung turbulenter Ausbreitvorgänge. **Zamm,** 1926, S. 468/478.
(3) P. RUDEN : Turbulente Ausbreitvorgänge im Freistrahl. **Die Naturwissenschaften,** 1933, S. 374/378.
(4) E. FOERTHMANN : Ueber turbulente Strahlausbreitung. **Ing. Archiv 5** (1934), S. 43/53.
(5) H. SCHLICHTING : Grenzschichttheorie. **E. Braun,** Karlsruhe, 1958.
(6) H. REICHARDT : Gesetzmässigkeiten in der freien Turbulenz. **VDI-Forschungsheft** 414, 1951.
(7) W. LINKE : Strömungsvorgänge in künstlich belüfteten Räumen. **Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministerium Nordrhein-Westfalen** N° 259.
(8) W. LINKE : Strömungsvorgänge in zwangsbelüfteten Räumen. **VDI-Berichte 21** (1957). S. 29/39.
(9) B. REGENSCHEIDT : Luftbewegung in klimatisierten Räumen. **Kältetechnik II** (1959), S. 3/11.
(10) J. SIMECEK : Untersuchung des Wirkungsgrades der Sonderbewetterung von Strecken. **« Rudy 1957 »,** N° 12, S. 414/423. Uebersetzung Ue 339 des Stbv.
(11) J.V. SPENCE u. J. CARVER : Effect of pneumatic Stowing on Ventilation. **Colliery Guardian 200** (1960). Uebersetzung BV 5 127 des Stbv.
(12) G. FLUEGEL : Berechnung von Strahlapparaten. **VDI-Forschungsheft 395.** 2. Auflage 1951.
(13) R. JUNG : Die Berechnung und Anwendung von Strahlgebläsen. **VDI-Forschungsheft** 479/1960.