

263128

BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL

78243 / 455 p ¹⁸¹³²

**GUIDE POUR LA PRÉVENTION
ET LA SUPPRESSION DES POUSSIÈRES
DANS LES MINES, LES GALERIES
ET LES CARRIÈRES**

GENÈVE
1965



TABLE DES MATIÈRES

| | Pages |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| CHAPITRE PREMIER: <i>Les poussières et leurs effets pathologiques</i> | 5 |
| Les poussières en suspension | 6 |
| Les pneumoconioses | 7 |
| Poussières dangereuses | 9 |
| Incidence des pneumoconioses | 11 |
| Détermination du risque coniotique | 13 |
| Normes d'empoussiérement admissibles | 14 |
| Australie | 15 |
| Canada | 16 |
| Etats-Unis | 16 |
| Pologne | 17 |
| Royaume-Uni | 18 |
| Méthodes permettant de prévenir la formation de concentrations dangereuses | 19 |
| CHAPITRE II: <i>Alimentation des mines en eau</i> | 22 |
| Provenance | 23 |
| Qualité | 23 |
| Traitement des eaux de mine | 24 |
| Prélèvement d'échantillons | 26 |
| Comptage des particules contenues dans les échantillons | 26 |
| Besoins en eau | 27 |
| Pression | 27 |
| Canalisations | 28 |
| Pompes auxiliaires | 30 |
| Wagons-citernes | 30 |
| Agents mouillants | 32 |
| CHAPITRE III: <i>L'eau dans la lutte contre les poussières</i> | 35 |
| Les ajutages | 37 |
| Conception | 37 |
| Débit d'eau | 39 |
| Caractéristiques du jet | 40 |

| | Pages |
|--|-----------|
| Pureté de l'eau | 41 |
| Installations à commande manuelle | 41 |
| Installations à commande automatique | 42 |
| Vapeur d'eau | 43 |
| Condensation naturelle | 44 |
| CHAPITRE IV: <i>Aérage</i> | 45 |
| Aérage principal | 45 |
| Fonctions de l'aérage | 47 |
| Schémas d'aérage | 48 |
| Vitesse de l'air et débit d'air | 52 |
| Vitesse de l'air et concentration des poussières | 52 |
| Sédimentation des poussières | 54 |
| Agglomération des poussières | 54 |
| Aérage secondaire | 54 |
| Débit d'air | 55 |
| Ventilateurs | 56 |
| Canalisations | 58 |
| Aérage des traçages | 60 |
| Choix du type d'aérage | 60 |
| Aérage aspirant | 61 |
| Aérage soufflant | 63 |
| Voies parallèles | 65 |
| Aérage par aspiration et refoulement alternatifs | 67 |
| Aérage des tailles | 67 |
| Mines métalliques | 69 |
| Mines de charbon | 71 |
| Aérage des puits en cours de fonçage | 72 |
| Surveillance | 80 |
| Plans et registres d'aérage | 80 |
| CHAPITRE V: <i>Captage et filtration des poussières au fond</i> | 81 |
| Sources d'empoussiérage | 82 |
| Installations d'aspiration | 83 |
| Filtration des poussières | 87 |
| Capteurs de poussières mécaniques | 88 |
| Filtres en textile | 91 |
| Les manchons | 91 |
| Installation | 96 |
| Entretien | 96 |
| Traitement des tissus | 97 |
| Filtres à cadres | 98 |

| | Pages |
|--|------------|
| Filtres à sacs | 98 |
| Rendement des filtres en textile | 98 |
| Tissus utilisables | 99 |
| Filtres à sciure | 100 |
| Précipitateurs électrostatiques | 100 |
| Essais des filtres | 105 |
| Entretien | 106 |
| CHAPITRE VI: Contrôle du toit et soutènement | 108 |
| Lutte contre les poussières au cours du remblayage | 108 |
| Remblayage complet à la main | 109 |
| Déversement | 110 |
| Remblayage par conduite | 111 |
| Remblayage centrifuge | 112 |
| Remblayage par fausses voies | 112 |
| Remblayage hydraulique | 113 |
| Remblayage pneumatique | 113 |
| Matériaux de remblayage | 114 |
| Suppression des poussières | 116 |
| Transport des remblais | 117 |
| Modèles de remblayeuses | 117 |
| Mise en place des remblais | 120 |
| Protection des alentours de la zone de remblayage | 122 |
| Foudroyage | 123 |
| Installations de concassage au fond | 128 |
| Boulonnage du toit | 128 |
| Recoupage des épontes | 129 |
| CHAPITRE VII: Foration | 130 |
| Foration au marteau perforateur à injection d'eau | 132 |
| Marteaux perforateurs à injection centrale | 132 |
| Marteaux perforateurs à injection latérale | 138 |
| Fleurets | 140 |
| Taillants | 141 |
| Injection d'eau | 143 |
| Foration en terrains difficiles | 143 |
| Commande combinée de l'admission d'air et de l'injection d'eau | 144 |
| Foration rotative | 144 |
| Foration à sec | 145 |
| Matériel de foration à sec: normes de fonctionnement | 146 |
| Dispositifs de captage | 146 |
| Evacuation des poussières | 150 |

| | Pages |
|--|------------|
| Contrôle et entretien des marteaux perforateurs et des perforatrices | 154 |
| Machines de foration à injection centrale | 154 |
| Machines de foration à injection latérale | 155 |
| Matériel de foration à sec | 156 |
| Essai des marteaux perforateurs et des perforatrices | 156 |
| CHAPITRE VIII: Tir | 157 |
| Précautions générales | 157 |
| Tir au rocher | 159 |
| Tir au charbon | 161 |
| Tir avec infusion d'eau pulsée | 162 |
| Tir avec cartouches d'eau | 166 |
| Brouillard d'eau | 168 |
| Filtration à sec | 173 |
| CHAPITRE IX: Abatage du charbon | 176 |
| Considérations générales | 177 |
| Caractéristiques physiques du charbon | 177 |
| Etat de la veine et du front de taille | 177 |
| Machines d'abatage | 178 |
| Contrôle du toit et soutènement | 178 |
| Marteaux piqueurs | 179 |
| Conception générale | 180 |
| Utilisation de l'eau | 182 |
| Marteaux piqueurs à pulvérisation | 183 |
| Conditions d'utilisation | 183 |
| Haveuses | 183 |
| Havage humide | 183 |
| Sources d'empoussièrement secondaires | 185 |
| Alimentation en eau | 188 |
| Utilisation de la mousse lors du havage | 189 |
| Abatage et chargement mécaniques | 189 |
| Choix des machines. | 191 |
| Machines à avancement continu | 194 |
| Infusion d'eau | 196 |
| Possibilités d'emploi | 198 |
| Infusion dans les longues tailles | 199 |
| Emplacement des trous d'injection | 199 |
| Ecartement des trous | 199 |
| Profondeurs des trous | 200 |
| Foration des trous | 200 |
| Cannes d'injection | 200 |

| | Pages |
|---|------------|
| Position du bourrage | 201 |
| Approvisionnement en eau | 203 |
| Matériel d'essai | 204 |
| Infusion d'eau en exploitation par chambres et piliers | 204 |
| Infusion à haute pression | 205 |
| Qualification du personnel et contrôle | 207 |
| Procédés remplaçant le tir à l'explosif | 207 |
| Le procédé « Cardox » | 208 |
| Le procédé « Airdox » | 210 |
| Le procédé « Hydrox » | 212 |
| Le procédé « Chemecol » | 212 |
| Les vérins hydrauliques | 213 |
| Abatage par tirs de mines et infusion d'eau combinés | 213 |
| CHAPITRE X: Transport des produits | 215 |
| Chargement manuel | 216 |
| Arrosage | 217 |
| Infusion au massif | 217 |
| Engins de chargement utilisés au front | 217 |
| Les scrapers | 218 |
| Couloirs oscillants | 219 |
| Engins de chargement utilisés dans les avancements et pour le fonçage des puits | 220 |
| Descenseurs, plans inclinés et goulottes | 221 |
| Mines métalliques | 221 |
| Mines de charbon | 221 |
| Convoyeurs à bande | 223 |
| Sources d'empoussiérage | 223 |
| Mesures de lutte contre les poussières | 224 |
| Etude et installation du convoyeur | 224 |
| Dépoussiérage des bandes | 225 |
| Suppression des poussières aux stations de chargement et de transbordement | 229 |
| Pulvérisation d'eau | 231 |
| Enlèvement des poussières et des produits tombés du convoyeur | 234 |
| Berlines | 235 |
| Arrosage | 235 |
| Pertes au cours du roulage | 236 |
| Galeries | 236 |
| Locomotives | 237 |
| Circuits de voies des recettes de puits | 237 |

VIII PRÉVENTION DES POUSSIÈRES DANS LES MINES

| | Pages |
|--|----------------|
| Points de déversement situés sur les puits | 237 |
| Cheminiées principales | 239 |
| Extraction par cages | 239 |
| Extraction par skips | 239 |
| Chargement | 240 |
| Pertes au cours de l'extraction | 241 |
| Inspections et contrôle | 241 |
| Transport du matériel au fond | 242 |
| CHAPITRE XI: <i>Circulation dans les voies du fond</i> | 243 |
| Transport des travailleurs | 244 |
| Aménagement de galeries de circulation spéciales | 245 |
| Enlèvement des poussières déposées | 245 |
| Consolidation des poussières déposées dans les galeries | 246 |
| Méthodes de consolidation | 247 |
| Arrosage de la couche de poussières | 248 |
| Epanchage de chlorure de calcium | 249 |
| Entretien de la galerie | 251 |
| Utilisation de chlorure de magnésium | 252 |
| Utilisation de chlorure de sodium | 252 |
| CHAPITRE XII: <i>Installations de préparation et ateliers du jour</i> | 254 |
| Principes généraux à appliquer | 254 |
| Emploi de l'eau | 255 |
| Disposition des bâtiments | 255 |
| Ventilation générale | 256 |
| Ventilation auxiliaire | 256 |
| Hottes | 257 |
| Canalisations | 260 |
| Captage des poussières | 264 |
| Types d'installations de captage des poussières | 265 |
| Evacuation des poussières | 269 |
| Poussières déposées | 269 |
| Installations pour la préparation du charbon | 271 |
| Culbuteurs | 271 |
| Cribles | 272 |
| Bandes de triage | 274 |
| Installations de concassage et de broyage | 274 |
| Installations de transport | 274 |
| Convoyeurs | 275 |
| Trémies | 275 |

| | Pages |
|---|------------|
| Installations pour la préparation des minerais | 276 |
| Manutention et transport des minerais | 277 |
| Installations de concassage | 277 |
| Convoyeurs à bande | 280 |
| Trémies | 280 |
| Cribles | 280 |
| Bandes de triage | 282 |
| Épaisseurs à tambours rotatifs | 282 |
| Fonderies | 282 |
| Autres opérations génératrices de poussières | 282 |
| Laboratoires de contrôle | 283 |
| Ateliers des mines | 284 |
| Ateliers pour l'affûtage des taillants | 285 |
| Ateliers de forge et de chaudronnerie | 285 |
| Ateliers de soudage | 286 |
| Ateliers d'électricité | 287 |
| Réparation des broyeurs à barres | 290 |
| Vestiaires et lampisteries | 290 |
| Carrières | 290 |
| Débitage de la roche | 291 |
| Concassage, criblage et triage mécaniques | 291 |
| Façonnage à la main ou avec des outils pneumatiques | 292 |
| Façonnage à la machine | 293 |
| Chargement et transport | 294 |
| Surveillance | 294 |
| CHAPITRE XIII: Percement des tunnels et des galeries | 296 |
| Foration | 297 |
| Orifices supplémentaires d'échappement avant | 297 |
| Injection d'un mélange d'air et d'eau | 298 |
| Alimentation en eau | 298 |
| Foration à sec | 299 |
| Tir | 299 |
| Ventilation | 300 |
| Systèmes de ventilation | 301 |
| Conduits de ventilation | 303 |
| Chargement, transport et déchargement | 303 |
| Chargement | 303 |
| Transport | 304 |
| Déchargement | 304 |
| Soutènement temporaire | 304 |

| | Pages |
|---|------------|
| Gunitage | 305 |
| Maintien du chantier en état de propreté | 305 |
| Surveillance | 306 |
| CHAPITRE XIV: Quelques problèmes spéciaux | 307 |
| Schistification dans les mines de charbon | 307 |
| Altitude | 308 |
| Température et humidité | 309 |
| Élimination des poussières et des fumées après les tirs | 310 |
| Installations souterraines de concassage de la roche | 311 |
| Radioactivité | 313 |
| CHAPITRE XV: Protection individuelle | 314 |
| Conditions auxquelles doivent satisfaire les appareils filtrants | 315 |
| Essais et homologation | 316 |
| Construction générale | 316 |
| Masque proprement dit | 318 |
| Soupapes | 318 |
| Élimination de la transpiration | 319 |
| Sangles de fixation | 319 |
| Filtres | 319 |
| Appareils à adduction d'air | 321 |
| Entretien des respirateurs | 322 |
| Nettoyage | 324 |
| Séchage | 325 |
| Emmagasinage | 325 |
| Contrôle des filtres | 325 |
| Surveillance | 327 |
| CHAPITRE XVI: Échantillonnage, mesure et analyse des poussières en suspension dans l'air | 328 |
| Objet des contrôles | 328 |
| Concentration des poussières | 329 |
| Répartition granulométrique | 329 |
| Composition minéralogique | 331 |
| Composants non minéraux | 332 |
| Facteurs influant sur l'échantillonnage | 332 |
| Principes fondamentaux | 334 |
| Échantillonnage | 335 |
| A. Appareils | 335 |
| Appareils fonctionnant par sédimentation | 336 |
| Conduit échantillonneur à fente | 336 |

| | Pages |
|--|-------|
| Appareils optiques | 337 |
| Appareils fonctionnant par impact | 338 |
| Le midget impinger | 338 |
| Le midget scrubber | 340 |
| Le pré-impinger | 340 |
| Les conimètres | 341 |
| Appareils filtrants | 344 |
| Appareil de prélèvement Le Bouchet | 346 |
| Capteur CERCHAR | 346 |
| Filtre Göthe | 347 |
| Filtre Füssel | 347 |
| Pompe à mercure Zurlo | 347 |
| Pompe à main P.R.U. | 348 |
| Pompe Dräger | 348 |
| Filtre Soxhlet | 349 |
| Appareil de prélèvement à sélection granulométrique Hexhlet | 350 |
| Appareil de Gast | 350 |
| Appareils continus | 350 |
| Appareils sélecteurs Conicycle | 351 |
| Le SIMGARD | 352 |
| Précipitateur thermique continu Conduit à échantillonneur à fente | 352 |
| Précipitateurs électrostatiques | 353 |
| Echantillonneur électrostatique | 354 |
| Balance de Gast | 354 |
| Précipitateur thermique | 354 |
| Appareils utilisés pour la recherche | 362 |
| B. Opérations | 362 |
| Etudes générales | 362 |
| Echantillonnages courants | 364 |
| Choix de l'appareil | 364 |
| Lieux de prélèvement | 365 |
| Périodicité des prélèvements | 366 |
| Données à recueillir | 367 |
| Etudes spéciales | 367 |
| Méthodes appliquées dans certains pays | 368 |
| France | 368 |
| Royaume-Uni | 370 |
| République sud-africaine | 372 |
| Mesures | 374 |
| Appareils optiques | 375 |

| | Pages |
|---|------------|
| Echantillons prélevés au moyen d'appareils à impact | 375 |
| Midget impinger et midget scrubber | 375 |
| Usage d'un pré-impinger | 376 |
| Conimètres | 377 |
| Echantillons prélevés au moyen d'appareils filtrants | 379 |
| Filtre Göthe | 381 |
| Filtre Füssel et pompe Dräger | 381 |
| Pompe P.R.U. | 382 |
| Appareil Le Bouchet | 382 |
| Propriétés des filtres à membrane | 383 |
| Précipitateur thermique | 383 |
| Balance de Gast | 385 |
| Examen des particules | 387 |
| Classification granulométrique des particules | 387 |
| Détermination du risque coniotique | 389 |
| République fédérale d'Allemagne | 389 |
| France | 391 |
| Analyse | 392 |
| Procédés chimiques | 393 |
| Dosage du charbon | 394 |
| Examens au microscope | 395 |
| Procédés diffractométriques aux rayons X | 395 |
| Analyse thermique différentielle | 396 |
| Archives | 397 |
| CHAPITRE XVII: Education et formation | 399 |
| Formation destinée aux cadres | 400 |
| Formation destinée aux travailleurs | 401 |
| Formation destinée aux agents du service de lutte contre les poussières | 403 |
| ANNEXES | |
| 1. <i>Méthode de comptage au microscope des particules contenues dans les eaux de mine</i> | 409 |
| 2. <i>Essai des marteaux perforateurs et des perforatrices</i> | 416 |
| 3. <i>Installation de filtration des fumées et des poussières de tir</i> | 429 |
| 4. <i>Méthode proposée pour le comptage au microscope des échantillons de poussières prélevés à l'aide de précipitateurs thermiques</i> | 433 |
| 5. <i>Types de formules employées pour l'enregistrement des résultats des prélèvements de poussières dans les mines de charbon et les mines métalliques</i> | 437 |
| INDEX | 447 |

TABLEAU DANS LE TEXTE

| | |
|--|---------|
| Récapitulation des caractéristiques de quelques appareils de prélèvement | 360-361 |
|--|---------|

LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE

| | |
|--|----|
| 1. Courbe granulométrique type de poussières de charbon en suspension | 9 |
| 2. Bassin de filtration d'eaux de mine: coupe longitudinale | 25 |
| 3. Coupe des installations d'alimentation et des bassins d'eau dans l'exploitation d'un gisement incliné | 29 |
| 4. Wagon-citerne sous pression | 31 |
| 5. Coupe d'un modèle simple d'ajutage de pulvérisation | 37 |
| 6. Ajutage à nettoyage automatique | 38 |
| 7. Diagramme montrant la tendance au rebrassage de l'air du fait de goulots d'étranglement dans le circuit d'aéragé | 46 |
| 8. Turboventilateur pour l'aéragé des mines | 49 |
| 9. Courbe de variation du débit d'air en fonction du diamètre des voies d'aéragé | 51 |
| 10. Courbe de variation de la concentration des poussières en suspension en fonction de la vitesse de l'air | 53 |
| 11. Types de ventilateurs utilisés pour l'aéragé secondaire | 57 |
| 12. Joints à colliers pour l'assemblage des canars de tôle galvanisée | 59 |
| 13. Aéragé des traçages | 62 |
| 14. Coupe d'une voie de roulage à aéragé par aspiration et refoulement simultanés | 64 |
| 15. Plan d'aéragé de plusieurs chantiers au cours des travaux préparatoires dans une mine de charbon | 65 |
| 16. Aéragé de voies parallèles | 66 |
| 17. Système de portes d'aéragé permettant d'inverser le sens de l'aéragé lors du fonçage des puits et du creusement des galeries | 68 |
| 18. Murs d'aéragé dirigeant l'air sur une taille | 70 |
| 19. Murs d'aéragé dirigeant l'air sur un chantier en dressant non relié au niveau supérieur | 70 |
| 20. Plan d'aéragé pour un quartier de mine de charbon en exploitation | 71 |
| 21. Plan d'exploitation en continu et système d'aéragé | 73 |
| 22. Système d'aéragé pour mineurs continus | 74 |
| 23. Mineurs continus: captage des poussières avec aéragé secondaire | 75 |
| 24. Canars d'aéragé sur un mineur continu | 76 |
| 25. Méthodes d'aéragé dans le fonçage des puits | 78 |
| 26. Ventilation d'une station de culbutage et de sa grille | 84 |

| | Pages |
|---|-------|
| 27. Dépoussiérage de l'air aux stations de culbutage | 85 |
| 28. Coupe d'une installation de culbutage dans une station de transbordement | 86 |
| 29. Capteur de poussières centrifuge sec | 89 |
| 30. Capteurs centrifuges humides | 90 |
| 31. Installation de filtration horizontale à manchons de flanelle | 92 |
| 32. Filtre vertical à manchons multiples (secouage manuel) | 94 |
| 33. Filtre vertical à manchons multiples avec dispositif de nettoyage à air comprimé | 95 |
| 34. Coupe d'un filtre à sciure | 101 |
| 35. Précipitateur électrostatique au fond | 103 |
| 36. Courbes types de rendement du précipitateur électrostatique en fonction de la tension, de la vitesse de l'air, de la durée d'utilisation et des dimensions des particules | 104 |
| 37. Remblayage pneumatique: courbe de variation de l'empoussiérage en fonction de la teneur en eau et de la cohésion du remblai | 115 |
| 38. Remblayeuse pneumatique avec dispositif de captage des poussières par aspiration | 119 |
| 39. Captage des poussières dans une remblayeuse à cellules ¹ | 120 |
| 40. Remblayage pneumatique avec utilisation de toiles d'aérage | 123 |
| 41. Variation de l'empoussiérage lors du foudroyage | 125 |
| 42. Utilisation de pulvérisateurs au cours du foudroyage | 127 |
| 43. Marteau perforateur à injection centrale et à orifices supplémentaires d'échappement avant | 133 |
| 44. Orifices d'échappement avant | 134 |
| 45. Courbes de l'empoussiérage produit par des marteaux perforateurs avec et sans orifices d'échappement avant | 135 |
| 46. Principe du marteau perforateur muni d'un piston à cannelures hermétiques | 136 |
| 47. Utilisation d'un manchon de plastique pour assurer l'étanchéité de la conduite d'eau | 137 |
| 48. Marteau perforateur à injection latérale | 140 |
| 49. Orifices de sortie de l'eau sur les taillants | 142 |
| 50. Capuchon d'aspiration | 147 |
| 51. Evacuation des poussières par le canal axial du fleuret | 148 |
| 52. Perforatrice « Dryductor » | 149 |
| 53. Détail du filtre utilisé pour la foration à sec | 151 |
| 54. Disposition des cyclones et du filtre à poussières utilisés pour la foration à sec | 152 |
| 55. Différents dispositifs utilisables avec les foreuses à sec | 153 |
| 56. Tir avec infusion d'eau pulsée (coupe et élévation) | 162 |

| | Pages |
|---|---------|
| 57. Attaque du front au moyen de trous orientés sous différents angles | 163 |
| 58. Tir au charbon compact (coupe et élévation) | 164 |
| 59. Remplacement des trous perpendiculaires au front par un seul trou parallèle à celui-ci | 165 |
| 60. Bourre à eau « Parisis » à fermeture automatique | 167 |
| 61. Pulvérisateurs air-eau pour la projection de brouillard | 169-170 |
| 62. Position du projecteur à brouillard dans un avancement | 171 |
| 63. Projection d'un brouillard d'eau | 172 |
| 64. Précipitation des poussières dans un canar de retour d'air | 173 |
| 65. Filtre mobile pour l'élimination des poussières de tir | 174 |
| 66. Guide-aiguille perforé faisant office de déflecteur pour écarter de la taille les fuites d'air d'un marteau piqueur | 180 |
| 67. Marteau piqueur à pulvérisation périphérique et amenée d'eau commandée par l'air comprimé | 181 |
| 68. Marteau piqueur à pulvérisation d'eau, avec amenées d'air et d'eau à commande unique | 181 |
| 69. Pulvérisateurs extérieurs montés sur une haveuse longwall | 184 |
| 70. Installation de pulvérisation montée sur une haveuse arcwall | 184 |
| 71. Bras de haveuse avec alimentation d'eau intérieure | 186 |
| 72. Bras de havage humide du Central Engineering Establishment, Royaume-Uni | 187 |
| 73. Alimentation en eau d'une taille | 190 |
| 74. Haveuse-chargeuse « Gloster Getter », avec l'alimentation en eau du bras horizontal supérieur | 193 |
| 75. Haveuse-chargeuse « Meco Moore », avec l'alimentation des bras en eau | 194 |
| 76. Pulvérisateurs sur une haveuse à trépan (trepanner) | 195 |
| 77. Canne d'injection | 201 |
| 78. Manchon hydraulique pour canne d'injection | 202 |
| 79. Infusion d'eau simultanée en plusieurs points d'une taille | 206 |
| 80. Cartouche « Cardox » | 209 |
| 81. Cartouche « Airdox » | 211 |
| 82. Chargeuse avec projecteur à brouillard | 218 |
| 83. Goulotte contournée (à un confluent de voies) | 222 |
| 84. Brosse métallique pour courroie de convoyeur | 226 |
| 85. Brosse rotative pour courroie de convoyeur | 227 |
| 86. Dispositif à secousses pour nettoyage des courroies de convoyeur | 228 |
| 87. Point de déchargement d'un convoyeur | 230 |
| 88. Point de chargement avec installation de pulvérisation | 232 |
| 89. Dépoussiérage d'un point de transbordement | 233 |

| | Pages |
|--|-------|
| 90. Point de déversement | 238 |
| 91. Ouvertures de hottes | 257 |
| 92. Hottes pour l'aspiration des fumées et des vapeurs | 258 |
| 93. Quelques types de hottes et de capots de forme adaptée à des machines différentes | 259 |
| 94. Baisse des vitesses de l'air avec la distance à l'entrée d'un canar circulaire d'aspiration | 261 |
| 95. Changement de section d'une conduite d'air | 262 |
| 96. Forme correcte et incorrecte d'éléments de canalisation d'air | 263 |
| 97. Modèle simple de capteur humide à venturi | 268 |
| 98. Schéma d'un système fixe de nettoyage par aspiration, montrant la façon d'utiliser les aspirateurs | 270 |
| 99. Encoffrement et dispositif d'aspiration d'un point de transbordement de convoyeurs | 273 |
| 100. Schéma d'une installation de dépoussiérage dans des halles de concassage | 278 |
| 101. Hottes d'aspiration sur des convoyeurs | 279 |
| 102. Dispositif d'aspiration sur un crible | 281 |
| 103. Table d'examen des échantillons en laboratoire | 284 |
| 104. Capots d'aspiration de meules | 286 |
| 105. Ventilation, par aspiration, d'un atelier de soudage | 287 |
| 106. Aspiration des fumées produites par le soudage électrique au moyen d'une bouche d'aspiration mobile | 288 |
| 107. Dépoussiérage des moteurs électriques | 289 |
| 108. Ventilation d'un tunnel au moyen de deux ventilateurs en série . . . | 302 |
| 109. Respirateur à adduction d'air | 321 |
| 110. Schéma d'un atelier d'entretien des respirateurs | 323 |
| 111. Rétention alvéolaire des particules de densité égale à 1 g/cm ³ | 330 |
| 112. Midget impinger | 339 |
| 113. Coupe d'un conimètre Witwatersrand | 343 |
| 114. <i>Bergbau-Konimeter</i> | 345 |
| 115. Porte-filtre pour filtre Soxhlet | 349 |
| 116. Échantillonneur électrostatique | 353 |
| 117. Schéma de principe de la balance de Gast | 355 |
| 118. Principe du précipitateur thermique | 356 |
| 119. Précipitateur thermique | 357 |
| 120. Coupe de la tête du précipitateur thermique | 358 |
| 121. Réticule pour examen des échantillons prélevés au conimètre | 379 |

| | Pages |
|---|-------|
| 122. Plaque de métal pour le montage provisoire des lamelles de verre en vue du comptage des échantillons prélevés au précipitateur thermique | 385 |
| 123. Réticule d'oculaire utilisé pour le comptage des échantillons prélevés au précipitateur thermique | 386 |
| 124. Cellule d'immersion pour le traitement des échantillons de poussières | 388 |
| 125. Disposition des lamelles pour le comptage en cellule profonde . . . | 412 |
| 126. Galerie expérimentale de foration dans la République sud-africaine | 423 |
| 127. Plan d'une installation pour l'élimination simultanée des fumées et des poussières de tir | 430 |

LISTE DES PLANCHES HORS TEXTE ¹

- I. Particules recueillies à une station de culbutage, photographiées au microscope électronique.
- II. Pulvérisation d'eau: A: dans une zone de foudroyage; B: après un tir.
- III. Dispositif d'arrosage des berlines.
Pulvérisateur monté sur une remblayeuse.
- IV. Berline avec pompe pour l'arrosage des voies.
Régulateur automatique de débit pour pulvérisateurs de convoyeur à bande.
- V. Filtre à poussières humide.
Installation de filtration dans une voie de mine.
- VI. Ventilation aspirante dans des installations du jour.
- VII. Encoffrement et dispositif d'aspiration: à une station de transbordement; au-dessus de cribles.
- VIII. Quelques masques antipoussières pour les travaux au fond.
- IX. Filtres de masques antipoussières.
X. *Bergbau-Konimeter*; conimètre Zeiss; filtre Göthe.
- XI. Précipitateur thermique utilisé au fond.
- XII. Montage d'une foreuse au cours d'essais pour la mesure de l'empoussiérage lors de la foration au rocher.

¹ Les planches hors texte se trouvent entre les pages 206 et 207.

SYMBOLES

Les symboles ci-après sont employés dans le présent guide:

| | |
|---------------|-------|
| centimètre | cm |
| degré Celsius | °C |
| gramme | g |
| heure | h |
| kilogramme | kg |
| kilomètre | km |
| kilovolt | kV |
| litre | l |
| mètre | m |
| micron | μ |
| milligramme | mg |
| millimètre | mm |
| minute | mn |
| seconde | s |
| volt | V |
| watt | W |

INTRODUCTION

Dans tous les pays miniers du monde, les pneumoconioses, la silicose en particulier, continuent de poser le plus ardu peut-être des problèmes auxquels l'industrie doit faire face dans le domaine de l'hygiène du travail, comme l'un des plus graves et des plus coûteux.

Du point de vue médical, ce problème n'a pas reçu à ce jour de solution satisfaisante, pas plus du côté de la prévention que de celui du traitement. Bien que les recherches se poursuivent toujours plus activement, il semble peu probable que de nouvelles découvertes puissent permettre de vaincre les pneumoconioses dans un avenir proche. A considérer le problème en fonction des connaissances actuelles, il ne fait pas de doute que les méthodes de lutte les plus efficaces contre les pneumoconioses doivent être recherchées parmi celles qui tendent, soit à empêcher la formation de poussières dans les opérations minières, soit à éliminer les poussières au point, ou aussi près que possible du point où elles se forment.

Dans les pays qui, à cet égard, ont été à l'avant-garde — ceux qui ont été conscients les premiers du danger que les poussières en suspension dans l'air présentaient pour la santé des travailleurs; qui ont veillé, en adoptant les dispositions législatives voulues, à ce que les entreprises engagent la lutte contre les poussières et à ce que les travailleurs passent régulièrement des visites médicales et qui, en instituant l'indemnisation obligatoire des victimes de la silicose, ont encouragé l'application de ces mesures — de grands progrès ont été accomplis, comme les statistiques le prouvent sans doute possible, qu'il s'agisse de l'état sanitaire des travailleurs du fond ou des conditions de travail dans les mines.

Dans de nombreux pays, cependant, la protection technique contre les poussières n'en est encore qu'à ses débuts, et il ne

faut pas se dissimuler qu'elle ne portera ses fruits qu'à la longue, et grâce à un effort systématique et persévérant. Preuve en soit l'exemple des mines métalliques d'un pays d'Europe où, vers 1935, une vaste campagne de lutte contre les poussières fut entreprise, à une époque où les cas graves de silicose étaient fréquents. Une enquête entreprise vingt ans plus tard dans la même région devait montrer que les cas graves de silicose étaient désormais pratiquement inconnus et que l'espérance de vie moyenné des mineurs avait augmenté de quelque 30 pour cent au cours de cette période.

Comment une action efficace peut-elle être entreprise contre le risque qui menace ainsi la santé des travailleurs? La réponse à cette question, ce sont tous ceux qui, à des titres divers, dépendent de l'industrie minière qui peuvent la fournir, car eux surtout ont les moyens et la possibilité d'entreprendre pareille action. La direction des mines, le personnel d'encadrement du fond, les travailleurs des fronts de taille et tous les autres ouvriers du fond, mais aussi les fabricants et les fournisseurs de machines et de matériel d'exploitation, tous ont un rôle à jouer. Aussi longtemps que tous les intéressés n'auront pas une idée générale des causes de l'empoussiérement de l'atmosphère, du danger que les poussières peuvent présenter et de la manière dont la lutte contre les poussières devrait être menée, il sera difficile de remporter quelque succès que ce soit sur les pneumoconioses: on peut même affirmer que les progrès réalisés se mesureront au degré d'information des intéressés.

Pour résumer le problème, on peut être d'accord ou non sur l'étendue du risque que présentent les poussières ou sur la nature des affections qu'elles provoquent, mais il est un point universellement admis, à savoir que la présence de poussières en suspension dans l'air doit être évitée.

Cela posé, l'objet du présent guide est double: étudier les opérations d'exploitation ou de creusement au cours desquelles l'atmosphère risque de se charger de poussières et indiquer certains moyens de déterminer l'empoussiérement et de supprimer les poussières ou d'en abaisser la concentration. Les mesures tech-

niques de lutte contre les poussières qui y sont décrites sont appliquées dans toutes sortes de pays miniers et dans toutes sortes de mines. Les solutions qui ont pu être mises au point, il faut le rappeler toutefois, doivent être adaptées pour pouvoir être reprises dans différentes catégories de mines et avec différentes méthodes d'exploitation. Les résultats à atteindre, en outre, ne sont pas les mêmes dans tous les cas: ils dépendent en effet des caractéristiques locales, à commencer par la composition de la roche où l'exploitation est située. Enfin, face à l'évolution des méthodes et du matériel d'exploitation, de nouvelles armes doivent être continuellement forgées.

C'est dire qu'on ne saurait envisager de formuler de façon rigide des règles concises d'application universelle pour la suppression des poussières. Il convient dès lors de préciser ce que l'on a voulu faire dans le présent manuel. En 1952 et en 1955, le Bureau international du Travail a convoqué à Genève deux réunions d'experts sur la suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières, en vue desquelles une abondante documentation a été réunie, et qui ont formulé un grand nombre de recommandations. Par la suite, il est apparu que ces matériaux pourraient utilement, moyennant les explications et les adjonctions nécessaires, être publiés sous la forme d'un guide conçu de façon à pouvoir servir aux grandes entreprises minières établies de longue date dans certains pays, mais aussi aux petites exploitations qui se rencontrent dans toutes les régions du monde. A l'intention de ces dernières, en particulier, le manuel devait contenir les nombreux détails qui renseigneraient le chef de la petite exploitation sur les principes de la lutte contre les poussières au fond et sur telle ou telle méthode de suppression des poussières dont il pourrait faire son profit.

Sans doute, pour une bonne part, les techniques de lutte contre les poussières décrites dans l'ouvrage ne sont nullement nouvelles, et, dans de nombreux pays, elles sont même d'application courante dans les grandes entreprises minières. En en faisant l'objet d'un guide et en leur assurant une grande publicité, on espère néanmoins, jusqu'à un certain point, faire œuvre utile

et contribuer à faire admettre, partout où cet ouvrage sera lu, qu'il est possible de lutter contre l'empoussiérement et de réduire, par les moyens indiqués, la fréquence des pneumoconioses. Les lecteurs qui désireraient étudier de façon plus approfondie tel ou tel aspect de la question trouveront, dans les rapports internationaux publiés par le B.I.T. sur la question, des listes d'ouvrages auxquels ils pourront se reporter ¹.

Le B.I.T. tient à dire ici sa gratitude pour l'aide qu'il a reçue de nombreuses sources lors de l'élaboration du présent ouvrage. C'est ainsi que le plus large usage a été fait des informations techniques ou autres communiquées par tous les Etats Membres qui ont été représentés à la première Réunion d'experts en matière de prévention et de suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières et dont les experts ont soumis des communications, de même que des informations fournies depuis lors pour l'élaboration des rapports internationaux mentionnés ci-dessus. Les remerciements du Bureau vont aussi aux Etats Membres qui ont joint à leurs propres rapports de nombreuses publications techniques officielles, ainsi qu'à l'Office national du charbon et au ministère de l'Energie du Royaume-Uni, pour l'aide précieuse dont il leur est redevable quant à certains aspects de la suppression des poussières dans les mines de charbon.

¹B.I.T.: *La prévention et la suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières : Premier rapport international, 1952-1954* (Genève, 1957), pp. 330-386; *Deuxième rapport international, 1955-1957* (Genève, 1962), pp. 501-531,

CHAPITRE PREMIER

LES POUSSIÈRES ET LEURS EFFETS PATHOLOGIQUES

Où qu'on la rencontre, la poussière est nuisible: elle réduit la visibilité, elle est une cause de gêne, elle provoque des irritations, elle risque enfin de causer des dégâts étendus aux machines et aux installations mécaniques. Dans certains cas, elle devient un véritable fléau. Ainsi les poussières de charbon, qui forment avec l'air un mélange détonant, provoquent parfois des catastrophes dont certaines ont coûté la vie à des milliers de mineurs. D'autres sont toxiques ou radioactives. Inhalées en quantité assez forte pendant une période assez longue, nombre d'entre elles causent des affections pulmonaires: les pneumoconioses. C'est de ces dernières poussières qu'il sera principalement question dans le présent manuel — encore que, de façon générale, la lutte contre les poussières revête les mêmes formes, qu'il s'agisse de particules pneumoconio-gènes, ou dangereuses pour l'une quelconque des raisons exposées ci-dessus.

Les affections pulmonaires causées par les poussières sont parmi les plus anciennes maladies professionnelles. Si l'on ne peut affirmer que l'homme du paléolithique souffrait déjà des poussières de silice qu'il pouvait inhaler en taillant ses outils de silex, on a décelé, en revanche, des indices de pneumoconiose sur des momies égyptiennes datant de 2 000 à 3 000 ans av. J.-C. Au XVI^{me} siècle, Agricola signale certaines maladies provoquées par les poussières. Par la suite, il est fait mention de ces maladies tout au long du XVIII^{me} et du XIX^{me} siècle, jusqu'à nos jours.

Ce ne fut pourtant qu'au début de ce siècle que les pneumoconioses furent véritablement reconnues comme maladies profes-

sionnelles par la législation. Le premier pays à s'aviser du danger qu'elles présentaient a été peut-être l'Union sud-africaine: lorsque l'extraction de l'or eut commencé dans le Witwatersrand, à la fin du siècle dernier, les risques qui menaçaient la santé des mineurs firent l'objet de recherches étendues, et l'Etat fut amené, en 1912, à adopter des dispositions législatives régissant les conditions de travail et les mesures de réparation. Les autres pays ont suivi cet exemple l'un après l'autre.

Au cours des dernières années, la connaissance des affections pulmonaires a fait de grands progrès, comme les méthodes de lutte contre les poussières dans les mines, les galeries et les carrières. Du point de vue médical, toutefois, de nombreux points d'interrogation subsistent, non seulement quant à la pathogenèse des pneumoconioses, mais encore quant aux moyens de prévention et de traitement. A l'heure actuelle, il ne fait aucun doute que c'est en supprimant les poussières dont l'atmosphère est chargée, et d'abord en empêchant les poussières de passer en suspension dans l'air, que l'on a le plus de chances d'éliminer le risque de pneumoconiose.

LES POUSSIÈRES EN SUSPENSION

Au sens courant et généralement admis du terme, on entend par poussières de minuscules particules solides qui peuvent s'élever en nuages dans l'atmosphère pour diverses causes, par exemple un ébranlement de l'air ou l'exercice de certaines activités. Il s'en trouve toujours une certaine quantité dans l'atmosphère, même si les particules sont généralement invisibles. Les grands nuages de poussières sont surtout connus des habitants des zones arides. (Le « vent de sable » en est un exemple assez courant.) Les particules qui les forment sont si grosses qu'on peut les distinguer à l'œil nu et si denses qu'elles réduisent la visibilité ou obscurcissent la lumière du jour.

Nombreuses sont les activités, telles que l'exploitation des mines et des carrières et le creusement des galeries, qui ont pour effet de faire passer des poussières en suspension dans l'air. Dans

une forte proportion, ces particules sont trop petites pour être vues à l'œil nu et se mesurent en millièmes de millimètres, ou microns (planche I).

Constitués ainsi de particules solides dispersées dans un milieu gazeux, notamment par suite de la désintégration mécanique d'un corps, les nuages de poussières se forment d'ordinaire au cours d'opérations telles que le broyage, le concassage, la foration ou le tir de mines, en raison de l'usure de la roche ou du minerai, de même que pendant les manutentions ou les transports de roches. Autant dire qu'il n'est guère d'opération qui, dans les mines, ne s'accompagne de la production et de la dispersion de poussières.

Les particules dégagées de cette façon, qui sont pour la plupart de forme irrégulière, se rencontrent soit isolées, soit agglomérées. Leurs dimensions extrêmement faibles accroissent leur action chimique et physique à cause de l'augmentation de la surface exposée, caractéristique qui influe beaucoup sur les propriétés pneumoconio-gènes de certaines d'entre elles. Parallèlement, la manière dont elles se comportent sous l'action de la gravité ou d'une accélération, dans un champ électrique, ou encore sous l'effet d'un gradient de température, présente des particularités dont on tire parti pour les séparer et les filtrer, ainsi que pour en prélever des échantillons.

Les pneumoconioses

On entend actuellement par « pneumoconioses » toutes les manifestations pulmonaires dues à l'inhalation de poussières.

Comment l'inhalation d'air chargé de poussières agit-elle sur les poumons? Quelles sont les poussières dont il faut se protéger? Pour s'en faire une idée, on aura intérêt à examiner brièvement comment les poussières pénètrent dans les poumons.

Après avoir passé par le nez et la gorge, l'air inhalé arrive dans la trachée. La trachée bifurque pour former deux conduits qui aboutissent chacun à un poumon. Chacun des poumons est divisé en lobes (deux pour le gauche, trois pour le droit), qui sont constitués par un grand nombre de petits alvéoles remplis

d'air, situés à l'extrémité des ramifications de l'arbre respiratoire (il faut entendre par là les bronches et leurs subdivisions, les bronchioles). Les alvéoles sont pourvus de capillaires artériels et veineux ainsi que de vaisseaux lymphatiques.

Toutes les parties de l'appareil respiratoire sont munies d'un système de défense qui doit retenir les poussières inhalées. Les grosses particules (celles qui ont plus de 10 microns) ont toutes chances d'être arrêtées dans le nez ou dans la gorge. Des particules qui vont au-delà, certaines sont retenues dans le mucus sécrété par la trachée et les bronches. Sous l'action d'innombrables cils agités d'un mouvement vibratile, le mucus, avec les poussières dont il est chargé, est continuellement chassé vers le haut à raison d'un peu plus de 1 cm à la minute, jusqu'à ce qu'il soit évacué de la trachée. Les particules qui ne sont pas retenues de cette façon, et qui sont pour la plupart d'une dimension inférieure à 5 microns, peuvent arriver jusqu'aux alvéoles; là, la défense de l'organisme est assurée cette fois par des cellules mobiles, les phagocytes, qui, après avoir absorbé ces particules, gagnent les bronches où elles sont évacuées par les cils. Ces particules peuvent aussi, toutefois, traverser la paroi des alvéoles et rester dans le tissu pulmonaire, à moins d'être absorbées par les phagocytes, qui pénètrent alors dans le système lymphatique de drainage et parviennent aux ganglions lymphatiques. Une forte quantité de poussières est retenue dans les ganglions, qui fonctionnent comme des filtres. Selon la nature et la quantité des poussières, il se produit des réactions fibreuses dans les tissus où les poussières se sont logées. Enfin, une forte proportion des particules inhalées demeure en suspension dans l'air à l'intérieur de l'appareil respiratoire et est rejetée à l'expiration.

La silice libre, on le sait aujourd'hui, est la plus dangereuse des substances qui entrent dans la composition des poussières nocives, au point d'être une des premières causes des affections pulmonaires dues à l'inhalation de poussières. Comment la silice agit-elle? La chose n'est pas parfaitement claire et fait encore l'objet de conjectures. De nombreuses explications ont été avancées. Selon l'une d'elles, les atteintes pulmonaires seraient dues

à l'acide silicique produit par la dissolution de la silice dans les humeurs tissulaires. D'après une théorie récente, la silicose serait le résultat d'une réaction immunologique dans laquelle la précipitation de protéines dans le tissu pulmonaire se traduit par la formation de nodules silicotiques.

Poussières dangereuses

Il est admis que les pneumoconioses sont causées par les poussières de moins de 5 microns. L'accord qui s'est fait sur ce chiffre est amplement corroboré par les nombreuses autopsies pratiquées sur les poumons de travailleurs pneumoconiotiques.

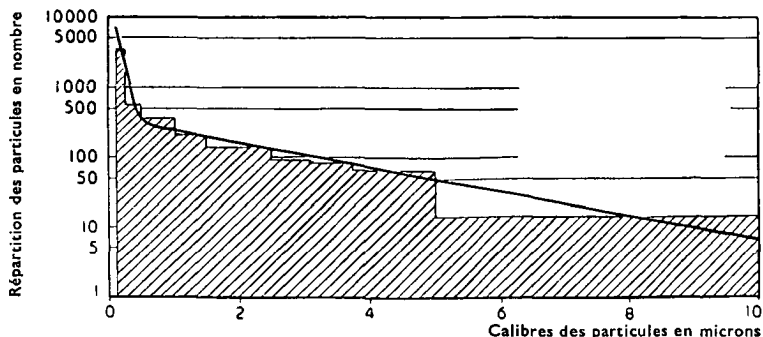


FIG. 1 — Courbe granulométrique type de poussières de charbon en suspension.

(Taille exploitée manuellement; marteaux piqueurs; injection d'eau en veine; poste de chargement du charbon; lieu de l'échantillonnage: 9 m du front, dans le retour d'air).

On notera que le logarithme du nombre de particules par intervalle unitaire rapporté au calibre des particules représente une ligne droite entre 0,5 et 10 μ . La portion de courbe à forte pente au-dessous de 0,5 μ peut être due à la pollution atmosphérique normale.

Certains indices permettent d'ailleurs de penser que ce sont les particules de 1 à 2 microns qui présentent le plus grand danger (fig. 1).

La silicose est l'une des formes les plus graves de pneumoconiose. Causée par les poussières minérales qui contiennent de la silice libre, cette affection se manifeste par une dyspnée et

une diminution progressive de la capacité de travail, qui évolue jusqu'à l'incapacité totale. En outre, la silicose accroît la prédisposition à la tuberculose.

Dans les mines de charbon, les poussières présentent aussi, pour la santé, un danger nettement établi. Si les causes de l'affection pulmonaire caractéristique provoquée par l'inhalation des poussières de charbon — on la désigne parfois du nom de « pneumoconiose des mineurs de houille » ou d'« anthracosilicose » — ne sont pas parfaitement claires, la nature en est bien connue. La fréquence des pneumoconioses dans les mines d'anthracite est généralement plus grande que dans les mines qui exploitent des charbons tendres. D'ailleurs, les travailleurs des mines de charbon sont souvent exposés non seulement aux poussières de charbon, mais encore aux poussières de roche dégagées lors du creusement des voies au rocher et lors du recoupage des barres stériles présentes dans la couche, ou encore des épontes situées au toit ou au-dessous de la couche. Les poussières inhalées en pareil cas contiennent une certaine proportion de silice, qui constitue un danger supplémentaire et vient aggraver encore les atteintes pneumoconiotiques.

Avec la silice, l'amiante est l'un des minéraux dont les poussières sont les plus nocives pour les poumons. L'asbestose — nom spécifique de la variété de pneumoconiose qu'il détermine — est une affection chronique qui ressemble à certains égards à la silicose.

Parmi les autres substances dangereuses à l'état de poussières en suspension — moins toutefois que celles dont il a été question plus haut —, il faut mentionner le feldspath, le mica, le schiste, le kaolin, le talc, la sillimanite et le ciment. Il est malaisé de s'y reconnaître dans les descriptions de leurs effets, fait qu'il faut vraisemblablement imputer à la quantité plus ou moins grande de silice libre qu'elles renferment. Ainsi, on peut se demander souvent si les symptômes de pneumoconiose observés chez les travailleurs qui ont été en contact avec les minéraux énumérés plus haut sont dus aux silicates qui entrent dans leur composition ou à la silice libre qu'ils contiennent fréquemment en faible concentration.

On a établi enfin que certaines poussières non siliceuses provoquent elles aussi des affections pulmonaires apparentées aux pneumoconioses. Ce sont notamment les poussières d'oxyde de fer (qui causent la sidérose), de manganèse, d'oxyde de titane (qui sont à l'origine de la titanose), d'aluminium et d'alumine.

La question de la pathogenèse des différentes formes de pneumoconiose qui ont été observées est l'une des questions les plus controversées dans le domaine de la médecine du travail. Il ne fait aucun doute toutefois qu'inhalées pendant une certaine période toutes les poussières présentent, pour la santé, un danger plus ou moins grand selon leur nature, leur concentration et leurs propriétés physiques. Une brève étude des statistiques établies par la plupart des pays miniers permet d'ailleurs de se faire une idée de la fréquence des pneumoconioses dues à telles poussières ou encore à tel mélange de poussières.

C'est sur le danger présenté par toutes les poussières rencontrées au cours du travail dans les mines, les galeries et les carrières que portera surtout le présent guide, qui a pour but d'indiquer certains moyens d'en prévenir la formation ou de réduire la quantité de celles qui se trouvent en suspension dans l'air respiré par les mineurs et les travailleurs en général.

INCIDENCE DES PNEUMOCONIOSES

Ce n'est qu'à une date relativement récente que l'on en est venu, dans un certain nombre de pays, à se préoccuper sérieusement du problème des pneumoconioses. Il existe très peu de statistiques — s'il en existe — qui indiquent la fréquence avec laquelle ces affections se rencontraient autrefois dans les mines. Les chiffres utilisés plus loin sont empruntés aux statistiques communiquées au Bureau international du Travail pour l'élaboration des rapports internationaux sur la prévention et la suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières. Ils devraient donner une idée du taux d'incidence des pneumoconioses (de la silicose, en particulier) dans quelques-uns des principaux pays miniers, ces dernières années.

Il est très difficile de réunir des statistiques parfaitement comparables sur les décès imputables aux pneumoconioses. On trouvera néanmoins ci-dessous une série de chiffres tirés des statistiques disponibles pour un certain nombre de pays miniers représentatifs (mines de charbon et mines métalliques) d'Europe et d'ailleurs.

Dans un groupe de quatre pays où le nombre total des mineurs de charbon s'établissait en moyenne, au cours d'une période récente de douze mois, à 884 798 et celui des travailleurs affectés à d'autres travaux souterrains à 87 921, le nombre des personnes qui percevaient une réparation au titre d'une pneumoconiose ou qui étaient reconnues atteintes de pneumoconiose s'élevait, pour la même période, à 119 799. En d'autres termes, un sur sept des ouvriers du fond présentait un certain degré d'incapacité de travail par suite de l'inhalation de poussières.

Même dans des pays où la lutte contre les poussières est chose courante, le taux d'incidence moyen des pneumoconioses, chez les ouvriers du fond des mines d'anthracite et des mines métalliques, a pu atteindre dans certains cas, ces dernières années, 4 ou 5 pour mille par an. Dans un cas, alors que l'on comptait dans l'industrie minière, au cours d'une période récente de dix ans, 8 578 accidents du travail mortels ayant donné lieu à réparation, on comptait, pour la même période, 16 325 cas mortels de silicose qui avaient donné lieu à réparation, soit près de deux fois plus.

Une analyse plus approfondie des données publiées montre que, si des cas de pneumoconiose se rencontrent dans des branches d'activité telles que la céramique, l'extraction de la pierre et de l'argile ainsi que les travaux de génie civil, de 66 à 80 pour cent de tous les cas enregistrés le sont dans différentes catégories d'entreprises minières. Des statistiques communiquées par un certain nombre de pays pour les galeries et les carrières, il ressort que les cas de pneumoconiose sont nombreux également dans ces deux secteurs.

L'expérience a montré que, dans le passé, avant que des mesures efficaces de lutte contre les poussières fussent appliquées, l'action engagée contre les pneumoconioses dans les mines a

toujours passé par plusieurs étapes, qui étaient en général les suivantes : Au cours d'une période initiale, les mines étaient exploitées sans que l'on se rendit compte du danger que les poussières présentent pour la santé ou que l'on en mesurât l'étendue. Venait ensuite une période où l'on prenait lentement conscience de ce danger et où l'on faisait quelques tentatives pour faire appliquer des mesures simples de lutte contre les poussières. C'était ensuite l'adoption de dispositions législatives sur les méthodes de prévention des poussières et sur la réparation des pneumoconioses, après quoi les entreprises étaient amenées à entreprendre effectivement la prévention et la suppression systématique des poussières, une certaine valeur était fixée pour la concentration admissible dans l'air, et le contrôle de l'atmosphère ainsi que la surveillance de toutes les opérations génératrices de poussières devenaient la règle générale.

Une pleine connaissance du danger présenté par les poussières en suspension dans l'air, et l'expérience acquise dans les méthodes de lutte contre celles-ci devraient permettre, dans les mines ou les bassins miniers mis en exploitation de nos jours, d'éliminer d'emblée le risque qui menace les travailleurs, sans passer par la longue période qui s'est toujours écoulée jusqu'ici avant que des mesures efficaces fussent prises.

DÉTERMINATION DU RISQUE CONIOTIQUE

D'un point de vue purement pratique, toutes les poussières qui se rencontrent dans les mines, les galeries et les carrières devraient être considérées comme un danger en puissance pour la santé.

Pour déterminer l'étendue du risque présenté par les poussières — condition indispensable si l'on veut l'éliminer —, il est nécessaire de faire, de la mine ou du chantier considéré, une étude qui aura pour objet de mesurer la quantité de poussières dégagée et d'établir la nature des particules. A cet effet, l'étude devra porter sur les propriétés physiques et chimiques de celles-ci, sur les concentrations probables de poussières et sur le temps pendant lequel les

travailleurs intéressés y seront exposés. Si cette étude préliminaire des conditions d'hygiène indique que la mine ou le chantier est dangereux, des études techniques s'imposeront, qui porteront sur la production de poussières lors de toutes les opérations (dans le cas d'une mine, tous les stades de l'exploitation seront étudiés, de l'abatage à la préparation des minerais). Une fois connues ainsi les opérations dangereuses en raison de la production de poussières dont elles s'accompagnent, il restera à effectuer des contrôles réguliers, afin de s'assurer de l'application effective et de l'efficacité des méthodes de défense choisies.

Pour recueillir les données nécessaires, il convient de créer un système de prélèvement d'échantillons qui permette d'estimer la quantité et la nature des poussières inhalées par les travailleurs et retenues dans leur appareil respiratoire au cours d'une période de travail quelconque ou, en termes plus généraux, de mesurer le risque coniotique auquel tel travailleur ou tel groupe de travailleurs est exposé au cours d'une période de travail ou d'une opération déterminée. A cet effet, il sera nécessaire éventuellement de déterminer la concentration des poussières (nombre de particules ou poids des particules par unité de volume), leurs dimensions, leur forme ou encore toute autre caractéristique, par exemple leur surface. Les appareils utilisés à cette fin doivent recueillir les poussières avec une « sélectivité » aussi proche que possible de celle des poumons humains. Ils devraient permettre d'obtenir une gamme de résultats statistiquement assez significatifs pour qu'il soit possible de déterminer avec précision le risque coniotique. On examinera, dans le chapitre consacré au contrôle de l'atmosphère, les problèmes qui doivent être résolus pour que ce résultat puisse être atteint.

NORMES D'EMPOUSSIÈREMENT ADMISSIBLES

La composition et les effets pathologiques des poussières en suspension dans l'air étant très difficiles à déterminer exactement, il est d'une difficulté extrême de fixer de façon rigoureuse la concentration maximale de poussières qui peut être tolérée sans danger

dans l'atmosphère. En se fondant sur une longue expérience, plusieurs pays ont établi et recommandé certaines normes, qui, toutefois, ne sauraient être prises indistinctement comme critères universels du fait des restrictions importantes qu'il faut parfois leur apporter sur des points tels que la méthode de prélèvement, la composition des poussières et les dimensions minimales et maximales des particules considérées. Quoi qu'il en soit, les normes adoptées par différents pays se sont révélées, malgré leur caractère empirique et leurs imperfections, d'utiles guides pratiques, qui montrent la voie à suivre pour atteindre le but final: éliminer complètement le risque que les poussières présentent pour la santé des travailleurs.

On trouvera ci-après les normes en vigueur dans quelques pays.

Australie.

Dans les mines de charbon de la Nouvelle-Galles du Sud, les conditions d'empoussiérement sont considérées comme dangereuses si la concentration moyenne des particules inférieures à 5 microns dépasse, compte tenu de la teneur en silice des poussières, la valeur indiquée dans le tableau suivant:

| Teneur en silice libre de la roche d'où proviennent les poussières (y compris le charbon et les schistes bitumineux) | Concentration moyenne à ne pas dépasse (nombre de particules inférieures à 5 microns par cm ³) |
|---|--|
| Jusqu'à 10 pour cent | 700 |
| De 10 à 20 pour cent | 600 |
| De 20 à 30 pour cent | 500 |
| De 30 à 40 pour cent | 400 |
| De 40 à 50 pour cent | 300 |
| 50 pour cent et au-dessus | 200 |

Canada.

Dans le Québec, où l'instrument de prélèvement utilisé est le midget impinger, les concentrations maximales admissibles sont les suivantes:

| Composition des poussières | Concentration en millions de particules par pied cube ¹ |
|---|--|
| Teneur en silice de plus de 40 pour cent . . . | 5 |
| Teneur en silice de 5 à 40 pour cent | 10 |
| Teneur en silice inférieure à 5 pour cent . . . | 50 |
| Amiante | 10 |

Etats-Unis.

La Conférence d'experts fédéraux sur l'hygiène industrielle ² a fixé les valeurs-seuils d'empoussiérement ³ aux niveaux suivants:

| Composition des poussières | Millions de particules par pied cube |
|---|--------------------------------------|
| Au-dessus de 50 pour cent de silice | 5 |
| De 5 à 50 pour cent de silice | 20 |
| Moins de 5 pour cent de silice | 50 |
| Amiante | 10 |

¹ Un million de particules par pied cube équivaut à 35 particules par centimètre cube.

² American Conference of Government Industrial Hygienists.

³ Il faut entendre par là des valeurs de concentration moyenne pondérées dans le temps, tandis que les concentrations maximales admissibles sont les limites au-dessous desquelles tous les résultats de mesure doivent se situer.

Pologne.

Les normes d'empoussièrement en vigueur dans les mines de charbon polonaises sont les suivantes :

| Pourcentage de roche au front | Pourcentage de charbon au front | Nombre maximal de particules de 0,5 à 5 microns par cm ³ d'air |
|-------------------------------|---------------------------------|---|
| 100-70 | 0-30 | 500 |
| 70-50 | 30-50 | 850 |
| 50-10 | 50-90 | 1 200 |
| 10-0 | 90-100 | 1 500 |

Les lieux de travail sont classés en deux catégories, qui correspondent aux fronts au charbon et aux fronts au rocher. En cas de doute, on analyse des échantillons de poussières. Les poussières sont classées d'après les valeurs reproduites dans le tableau ci-dessus en fonction de leur teneur en substances incombustibles stables. Si l'analyse des échantillons de poussières prélevées dans l'atmosphère fait apparaître la présence de silice, les concentrations maximales de poussières tolérées sont les suivantes :

| Pourcentage de silice contenue dans les poussières | Nombre maximal de particules de 0,5 à 5 microns par cm ³ d'air |
|--|---|
| 25 | 500 |
| 15-20 | 850 |
| 5-15 | 1 200 |
| 5 | 1 500 |

Les appareils utilisés pour le prélèvement des poussières doivent être essayés à la mine expérimentale de Barbara, où ils sont étalonnés.

Royaume-Uni.

Les conditions d'empoussiérement sont considérées comme satisfaisantes dans la mesure où elles sont conformes à des valeurs admissibles qui ont été fixées comme suit :

| Nature des poussières | Nombre maximal de particules par cm ³ |
|--|--|
| 1) Poussières de charbon dans les mines d'antracite | 650 de 1 à 5 microns |
| 2) Poussières de charbon dans les autres mines de charbon | 850 de 1 à 5 microns |
| 3) Poussières produites dans les voies au rocher et les avancements en dur dans toutes les mines | 450 de 0,5 à 5 microns |

En vertu de dispositions qui ont été appliquées à titre expérimental, il est question d'introduire de nouvelles normes, dont on trouvera un exemple ci-dessous, les conditions d'empoussiérement étant considérées comme satisfaisantes aussi longtemps que la concentration maximale tolérée n'est pas dépassée au cours de plus d'un poste de travail sur dix.

Si l'on prend un chantier où la concentration maximale de poussières ne doit pas dépasser 850 particules par centimètre cube, les dispositions en question s'appliquent comme suit :

Les conditions sont considérées comme satisfaisantes du point de vue de l'empoussiérement :

1) soit si la concentration moyenne de particules de 1 à 5 microns au cours d'un poste est inférieure à 450 particules par centimètre cube (350 dans les mines d'antracite);

2) soit si la concentration moyenne de particules de 1 à 5 microns lors de chacun de deux contrôles successifs est inférieure à 700 particules par centimètre cube (525 dans les mines d'antracite).

Les conditions sont considérées comme non satisfaisantes du point de vue de l'empoussiérement :

- 1) soit si la concentration moyenne de particules au cours d'un poste est supérieure à 850 particules par centimètre cube (650 dans les mines d'antracite);
- 2) soit si la concentration moyenne de particules lors de chacun de deux contrôles successifs est supérieure à 700 particules par centimètre cube (525 dans les mines d'antracite).

MÉTHODES PERMETTANT DE PRÉVENIR LA FORMATION DE CONCENTRATIONS DANGEREUSES

Depuis toujours la lutte contre les poussières — qui consiste à prévenir la formation de concentrations dangereuses de poussières, à supprimer les poussières dont la formation ne peut être évitée et à évacuer celles qui ne peuvent être supprimées — a fait l'objet, de la part notamment des ingénieurs et des chercheurs, d'une attention de tous les instants. Pour éviter que l'atmosphère ne se charge de poussières, il importe avant tout de conduire le travail des mines, des galeries et des carrières de façon que la quantité de poussières produite soit aussi faible que possible. Bien que de grands progrès aient été accomplis dans ce sens, la quantité de poussières en suspension dans l'air demeure souvent excessive, de sorte que les entreprises minières se voient obligées de prendre des mesures expressément destinées à en prévenir la formation ou à les éliminer une fois dégagées.

A cet effet, la première chose à faire est d'utiliser de l'eau en abondance. Le but est d'agglomérer les poussières dégagées au cours de n'importe quelle opération pour que, retenues par ce moyen, elles ne puissent passer en suspension dans l'air. Les applications de l'eau sont nombreuses: infusions au massif dans les charbonnages; arrosage des produits abattus; arrosage des surfaces d'où des poussières pourraient se détacher à la suite des tirs, du déversement des produits ou de toute opération effectuée sur les produits; agglomération des poussières dans les installations de captage ou de filtration, etc. Utilisée seule, toutefois, l'eau n'est pas toujours absolument efficace et il est nécessaire d'en compléter l'emploi par un bon aérage. Parfois, d'ailleurs (par exemple dans les mines très chaudes et dans certaines conditions

de stratification des couches), l'utilisation de l'eau est soumise à certaines restrictions: l'aéragé doit répondre alors à des normes particulièrement strictes. Tous les chantiers doivent recevoir le débit d'air pur nécessaire pour abaisser la concentration des poussières dont l'atmosphère est chargée et les entraîner. A côté de l'aéragé principal, l'aéragé secondaire permet d'aspirer les poussières formées dans les installations telles que les culbuteurs et les concasseurs, ou encore d'assurer une circulation d'air dans les endroits que le courant d'aéragé principal ne balaie pas convenablement. Enfin, l'eau et l'air sont utilisés conjointement sous forme de brouillard pour abattre ou précipiter les poussières en suspension dans l'air et les fumées de tir. Toute la lutte contre les poussières repose, on le voit, sur l'engagement de deux armes complémentaires, l'eau et l'aéragé.

En plus de l'eau et de l'air, la lutte contre les poussières n'exige que très peu d'autres agents. Pour consolider les poussières déposées dans les galeries, on utilise des sels hygroscopiques, ou des agents mouillants ajoutés à l'eau (agents qui jouent leur rôle également, dans certains cas, pour la suppression des poussières). Enfin, les poussières inertes sont utilisées pour prévenir les coups de poussières dans les mines de charbon: c'est là une question, toutefois, qui sort du cadre du présent guide.

Si la lutte contre les poussières n'exige que fort peu d'agents physiques ou chimiques, elle nécessite au contraire toutes sortes d'appareils et d'installations: installations d'aéragé (ventilateurs, canars et vannes); pulvérisateurs; cannes d'infusion; installations d'aspiration; appareils de prélèvement; microscopes et autres appareils de comptage; appareils de filtration et de captage; matériel d'analyse, etc.

Il ne suffit pas que l'entreprise (mine, carrière, entreprise de creusement de galeries) dispose des agents physiques ou chimiques, des appareils et des installations nécessaires. Elle doit pouvoir compter encore sur des hommes qui sachent tirer le meilleur parti de ces armes, c'est-à-dire qui aient tous reçu la formation indispensable pour en connaître l'utilité et l'emploi. En outre, le matériel doit être maintenu en bon état: il faudra donc mettre

au point et appliquer un système approprié de surveillance du personnel, d'une part, de contrôle et d'entretien du matériel, d'autre part.

Tout cela n'est pas encore assez. L'expérience montre en effet que tous les membres de l'entreprise doivent être conscients du risque présenté par les poussières, comme de ce qu'ils peuvent faire pour supprimer ce risque, et que rien ne doit être négligé pour les amener à participer sans réserve à cette tâche. Ce n'est qu'en combinant, dans une action persévérante et résolue, des moyens appropriés, des méthodes judicieuses et une bonne volonté générale que l'on obtiendra les résultats les meilleurs.

Ces différents éléments de la lutte contre les poussières — les agents physiques ou chimiques, le matériel, les méthodes, les hommes — font tour à tour l'objet des chapitres qui suivent.

Un mot, pour conclure, d'une critique que l'on entend parfois exprimer, à savoir que les mesures techniques de lutte contre les poussières seraient insuffisantes ou inefficaces.

Dans de nombreux pays miniers, il ne faut pas l'oublier, ce n'est que ces dernières années que d'énergiques campagnes de lutte contre les poussières ont été lancées. Les résultats des mesures prises ne se laissent d'ailleurs pas toujours immédiatement entrevoir. On l'a vu, par exemple, dans un bassin métallifère où une vaste campagne de lutte contre les poussières fut entreprise en 1934 et en 1935, après qu'une grande partie des travailleurs eurent été gravement atteints de pneumoconiose à la suite de l'exploitation d'une roche fortement quartzreuse. Cette campagne ne fut pas aussitôt suivie d'effets: une vingtaine d'années plus tard, toutefois, l'espérance moyenne de vie des mineurs de la région avait considérablement augmenté, et la fréquence de la maladie était presque nulle. Les connaissances et les méthodes actuelles en matière de lutte contre les poussières devraient permettre d'obtenir à l'avenir, dès le premier jour de l'exploitation, des résultats aussi satisfaisants dans les mines de tout genre.

CHAPITRE II

ALIMENTATION DES MINES EN EAU

C'est à 1713 que remonte l'une des plus anciennes mentions de l'utilisation de l'eau pour la prévention des maladies dues aux poussières: il s'agissait de faire breveter, en Angleterre, une méthode de meulage humide du silex. Par la suite, et jusqu'au début de ce siècle, différentes observations et différentes recherches furent effectuées.

L'exploitation des gisements d'or du Transvaal, en Afrique du Sud, ne fit apparaître alors que trop clairement le danger que présentait pour les travailleurs l'exploitation des formations siliceuses, si bien que c'est en Afrique du Sud que, pour la première fois, l'utilisation de l'eau fut rendue obligatoire par la législation pour toutes les exploitations minières.

La plupart des opérations d'exploitation se prêtent à l'utilisation de l'eau pour la lutte contre les poussières. Cela est vrai de la foration, des tirs, du chargement et du transbordement de produits ainsi que de la plupart des opérations de concassage et de broyage effectuées dans les ateliers de préparation des minerais.

Pour que la lutte contre les poussières par voie humide soit aussi efficace que possible, il est indispensable d'avoir constamment de l'eau, sous une pression suffisante, à tous les endroits de la mine où cela est nécessaire. Toute mine qui veut combattre les poussières de façon efficace, conformément aux prescriptions sur la prévention des pneumoconioses, doit donc disposer d'un réseau de distribution d'eau étudié et installé avec soin, dont l'entretien soit assuré comme il convient.

PROVENANCE

L'eau utilisée dans les mines peut être de provenances diverses : système d'adduction local (s'il en existe un), stockage des eaux de ruissellement dans des bassins d'accumulation ou des réservoirs, captage des infiltrations dans la mine même, ou encore combinaison de ces diverses provenances. Lorsque les venues d'eau sont insuffisantes pour répondre aux besoins normaux, on peut dans bien des cas remettre les eaux usées en circulation à l'intérieur de la mine, après les avoir fait passer par des bassins de décantation ou par des installations de filtration dont on trouvera plus loin une brève description. Le choix de la source ou des sources d'alimentation sera dicté dans une large mesure par des considérations économiques, d'une part, par les possibilités qu'offrent les installations de captage et de pompage de la mine, d'autre part.

QUALITÉ

Il est de toute importance que l'eau employée pour la lutte contre les poussières soit propre. L'utilisation des eaux de mine pose ainsi certains problèmes : ces eaux contiennent en effet, en suspension, de grandes quantités de poussières — celles-là même que visent à supprimer les mesures de prévention — qui se trouvent libérées dans l'atmosphère lorsque l'eau est envoyée dans des pulvérisateurs, des marteaux perforateurs ou des appareils analogues, pour le plus grand danger des travailleurs qui s'en servent. En outre, les corps étrangers en suspension dans les eaux de mine ont tendance à obstruer les ajutages des pulvérisateurs, dont l'efficacité se trouve réduite d'autant. Si l'on utilise au contraire des eaux de surface propres, ces risques ne sont pas à craindre, ce qui rend l'installation de filtres superflue. De plus, l'usure des canalisations d'eau est beaucoup moindre et les ajutages ne risquent plus de se boucher.

Les eaux qui ruissellent librement dans une mine risquent de devenir acides au contact de pyrites ou d'autres minerais. Si elles

sont utilisées pour combattre les poussières, elles doivent être traitées en conséquence, faute de quoi elles provoqueront une forte corrosion des canalisations, des marteaux perforateurs et des autres appareils qu'elles alimenteraient.

Enfin, même si l'eau utilisée pour la lutte contre les poussières n'a guère de chances d'être consommée, elle ne doit pas contenir une quantité excessive de bactéries pathogènes.

TRAITEMENT DES EAUX DE MINE

Les eaux de mine — lorsqu'il est nécessaire de les utiliser pour combattre les poussières — devraient être envoyées au moyen de pompes dans des albaques judicieusement situées. Elles devraient être épurées ensuite, soit dans des bassins de décantation, soit à l'aide de filtres. La figure 2 représente un bassin de filtration d'une capacité de 45 000 litres par heure. Pour nettoyer le bassin, on envoie de l'eau et de l'air comprimé sous la couche de sable. L'eau remonte dans la couche, par l'action de l'air comprimé, et chasse les boues qui y sont retenues. Ces boues sont évacuées dans une canalisation prévue à cet effet. Quelle que soit la méthode d'épuration utilisée — décantation ou filtration —, l'eau épurée devrait faire l'objet d'un contrôle rigoureux. Grâce au prélèvement systématique d'échantillons, on s'assurera qu'elle répond aux normes de pureté qui auront été fixées. Déterminée au microscope à l'aide d'une cellule de comptage (voir annexe 1), la teneur en poussières de l'eau utilisée pour l'exploitation des mines ne devrait pas dépasser 8 millions de particules environ par centimètre cube, et celle de l'eau utilisée pour la consommation, 1,5 million de particules par centimètre cube. Dans le second cas, il va sans dire que l'on s'assurera au moyen d'échantillons que l'eau est potable.

L'acidité de l'eau devrait être contrôlée elle aussi en permanence. Au besoin, on la maintiendra dans des limites admissibles en neutralisant l'eau avec des produits appropriés. Le plus souvent, un pH de 5 à 6 est satisfaisant. L'agent le plus souvent utilisé pour neutraliser l'eau est la chaux, produit que l'on peut se

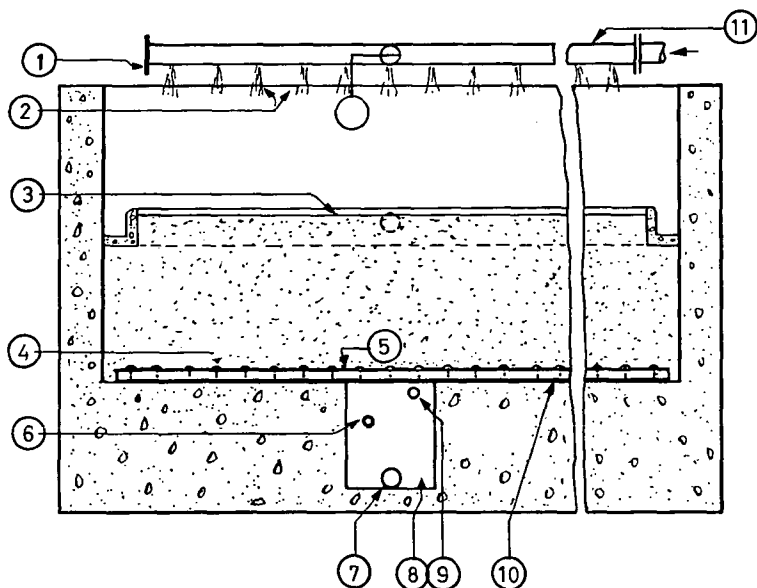


FIG. 2. — Bassin de filtration d'eaux de mine: coupe longitudinale.

1: Obturateur à collier; 2: tuyau de 15 cm de diamètre avec fentes de pulvérisation; 3: niveau du sable; 4: orifices de sortie du mélange air-eau de nettoyage du sable; 5: couche mince de béton au-dessus de la tuyauterie, traversée par les orifices de nettoyage; 6: conduit d'air de 7,5 cm; 7: orifice d'écoulement de l'eau filtrée (15 cm de diamètre) à l'extrémité la plus basse de la rigole collectrice; 8: rigole collectrice de 60 cm de large et de 90 cm de profondeur; 9: tuyau d'eau de nettoyage du filtre (7,5 cm de diamètre); 10: tuyau de 7,5 cm de diamètre percé de fentes par où s'écoule l'eau filtrée dans la rigole; 11: tuyau d'alimentation de 20 cm de diamètre.

(Les boues sont évacuées par la canalisation située au ras de la surface du sable.)

procurer facilement et à bon marché et dont la manutention n'est pas délicate, mais qui risque toutefois de former d'épais dépôts dans les canalisations. Si ces dépôts posent des problèmes, il faudra recourir peut-être à d'autres produits ou utiliser une quantité accrue d'eau « fraîche » qui provienne de sources extérieures.

Prélèvement d'échantillons

Des échantillons devraient être prélevés de façon régulière en vue de la détermination de l'acidité et de la teneur en poussières des eaux de mines. Cette tâche peut fort bien être confiée au personnel chargé de la lutte contre les poussières ou de l'aérage. Il s'agit d'un travail simple, qui ne devrait pas présenter pour lui de difficultés particulières.

Les échantillons devraient être recueillis à des endroits choisis pour donner une idée exacte des caractéristiques de la mine. D'ordinaire, on pourra se contenter d'effectuer des prélèvements instantanés; au besoin, toutefois, on pourra recueillir les échantillons sur une longue période par des prélèvements continus: on utilisera des bouteilles de verre blanc fermées par un bouchon de caoutchouc.

Le prélèvement d'échantillons de l'eau utilisée pour la consommation est plus délicat. Les bouteilles doivent être stérilisées, et la collaboration d'un laboratoire d'analyse est nécessaire.

Comptage des particules contenues dans les échantillons

Une méthode extrêmement simple de comptage au microscope a été mise au point pour la détermination du nombre des particules dangereuses que contient un échantillon d'eau. Elle consiste à verser dans une cellule de comptage une fraction représentative de l'échantillon, additionnée d'acide, et à compter les particules au microscope avec un éclairage sur fond sombre. La teneur de l'échantillon entier en particules (nombre de particules par centimètre cube) est déterminée ensuite à l'aide d'un coefficient approprié.

Le comptage des particules peut s'effectuer aussi par comparaison visuelle à l'aide des différents modèles de turbidimètres que l'on trouve dans le commerce, ou encore au moyen d'instruments photo-électriques qui peuvent être étalonnés de façon à donner directement la teneur de l'eau en poussières.

BESOINS EN EAU

Le volume d'eau nécessaire pour la lutte contre les poussières dépend des conditions d'exploitation de la mine: nature de la roche ou du minerai, pendage du filon ou des couches, humidité naturelle, degré de mécanisation, nombre de marteaux perforateurs et de machines analogues en service, atmosphère de la mine, nature du matériel employé pour la lutte contre les poussières. Ainsi, le montage de capteurs de poussières aux points de transbordement des produits se traduit par une réduction des besoins en eau, car il rend superflue l'installation de pulvérisateurs aux endroits en question.

Le volume d'eau moyen nécessaire en roches dures peut être fixé à un chiffre compris entre 180 et 270 litres par tonne exploitée. De nombreuses mines donnent toutefois des chiffres de pompage qui indiquent une consommation d'eau jusqu'à trois fois plus grande (on peut d'ailleurs se demander si une pareille consommation n'est pas l'indice d'un grand gaspillage et d'un contrôle médiocre). Dans les mines de charbon, l'utilisation de l'eau pour la lutte contre les poussières dépend du genre d'exploitation. Là encore, les besoins en eau doivent être déterminés en fonction des particularités de chaque cas. Ainsi, le havage humide du charbon peut exiger de 10 à 35 litres d'eau par mètre havé, et l'infusion au massif, de 5 à 14 litres d'eau par tonne abattue. Il faut encore tenir compte de l'eau utilisée pour la foration humide, les écrans d'eau, l'arrosage par pulvérisateurs, etc.

PRESSION

La pression que doit avoir l'eau est différente, il va sans dire, selon la nature du matériel utilisé dans la mine. En règle générale, pour la pulvérisation et l'arrosage, l'alimentation devrait être assurée de façon que l'eau ait, à la sortie de la canalisation, une pression statique minimale de 2 kg/cm². Pour la foration au marteau perforateur, la pression de l'eau est fonction de la puissance et du modèle du marteau; le plus souvent, toutefois, elle doit être comprise entre 2 et 3,5 kg/cm².

Pour que l'eau se présente à la pression voulue sur les lieux de travail, il est nécessaire d'aménager un ou plusieurs bassins d'accumulation à la surface. Dans les mines profondes, où la pression de l'eau dans les canalisations serait excessive, des réservoirs ou des bassins d'accumulation seront aménagés aux endroits voulus dans la mine même. Dans les gisements à fort pendage, de petits réservoirs ou de petits bassins d'amortissement seront intercalés à intervalles réguliers sur la conduite de distribution, de façon que la pression demeure à peu près constante à tous les points de la conduite.

L'aménagement qu'illustre la figure 3 est étudié pour l'exploitation d'un gisement incliné (pendage de 30 à 50 degrés). Le principe reste le même toutefois pour tous les chantiers inclinés (quel qu'en soit le pendage) et pour les puits verticaux ou inclinés. Le bassin d'accumulation principal devrait contenir une quantité suffisante d'eau propre pour alimenter la mine ou le quartier qu'il dessert pendant une journée de travail au moins. Les bassins intermédiaires d'amortissement sont aménagés de façon à donner une pression effective moyenne d'environ $7,5 \text{ kg/cm}^2$, correspondant à une chute nette de 80 m. Ils devraient être pourvus d'un clapet à flotteur d'un débit tel que l'arrivée d'eau soit plus grande que l'écoulement maximal. De cette façon, il y aura peu de chances pour que l'air aspiré dans la conduite ne provoque de dangereux dégagements de poussières au cas où il pénétrerait dans les dispositifs d'injection des marteaux perforateurs ou dans d'autres appareils.

CANALISATIONS

Le réseau de distribution d'eau doit être étudié de façon que le diamètre des canalisations soit partout suffisant, même au point le plus éloigné que le réseau dessert, et que l'on ait partout un débit d'eau abondant. Le diamètre des canalisations devrait être déterminé compte tenu de l'éloignement des chantiers et du volume maximal de travail auquel on doit s'attendre dans les différents quartiers de la mine. A titre d'indication générale, on retiendra que le diamètre des conduites principales ne devrait

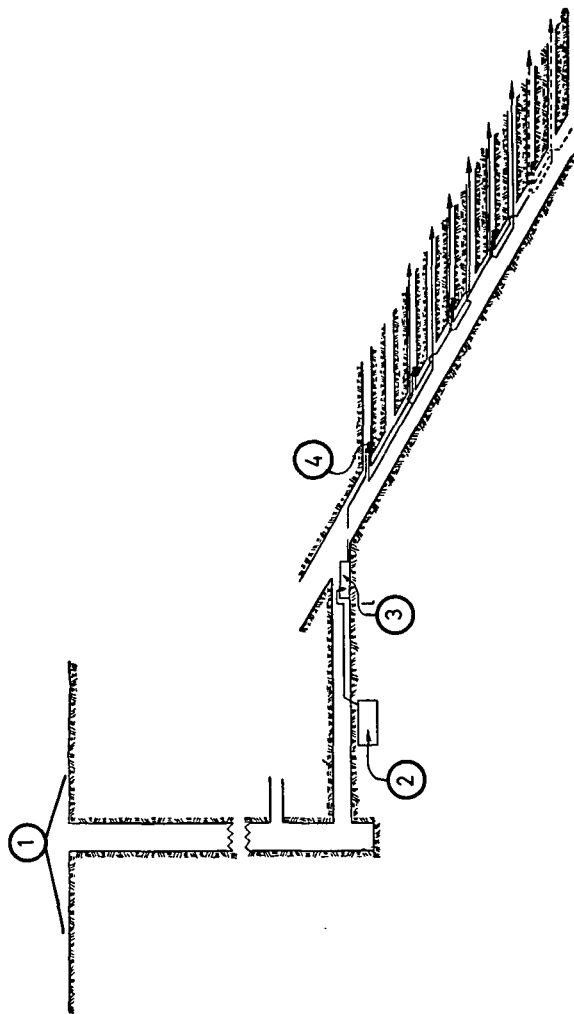


FIG. 3. — Coupe des installations d'alimentation et des bassins d'eau dans l'exploitation d'un gisement incliné.

1: Surface du sol; 2: pompes et fosse de décantation; 3: bassin principal (réserve pour une journée); 4: bassins de décompression disposés à un niveau sur deux.

A partir de chaque bassin de décompression, l'eau saute un niveau et arrive aux deux niveaux suivants ainsi qu'au bassin suivant après avoir franchi un clapet à flotteur. La chute nette d'un niveau à l'autre est d'environ 40 m.

pas être inférieur à 15 cm, et celui des canalisations secondaires qui alimentent les tailles, à 5 cm.

Le réseau de distribution devra comprendre un nombre suffisant de prises d'eau pour la lutte contre le feu (on rappellera à ce propos qu'il importe de disposer d'une réserve d'eau suffisante pour pouvoir faire face à toutes les éventualités) et pour la lutte contre les poussières. A cette dernière fin, il faut disposer des prises d'eau dans toutes les voies d'entrée d'air et à tous les points éloignés des chantiers principaux, où divers travaux, notamment de réfection, peuvent devoir être exécutés. C'est là un point qui est fréquemment négligé: les travaux de ce genre étant souvent de caractère temporaire, la lutte contre les poussières n'y est pas prévue. Les intervalles entre les prises d'eau devraient être d'environ 30 m, de façon que l'on n'ait pas besoin d'utiliser de trop grandes longueurs de tuyaux flexibles.

L'usage s'est répandu récemment de tuyaux flexibles, faits de caoutchouc et de métal, pour amener l'eau des conduites principales aux tailles. Ces tuyaux ont plusieurs avantages: ils sont faciles à installer et plus maniables que les canalisations rigides habituellement utilisées.

POMPES AUXILIAIRES

En cas d'exploitation en amont pendage dans des endroits éloignés, où la pression statique de l'eau n'assurerait pas en taille un débit d'eau assez abondant pour la foration, l'eau nécessaire pourra être fournie par un réservoir alimenté au moyen d'une pompe à diaphragme mue à l'air comprimé.

WAGONS-CITERNES

Les chantiers éloignés qui, pour une raison ou pour une autre, ne pourraient être reliés au réseau principal de distribution peuvent être approvisionnés en eau, sous une pression appropriée, à l'aide de wagons-citernes. La capacité d'un wagon-citerne est suffisante pour de courtes périodes de foration. Pour obtenir la pression

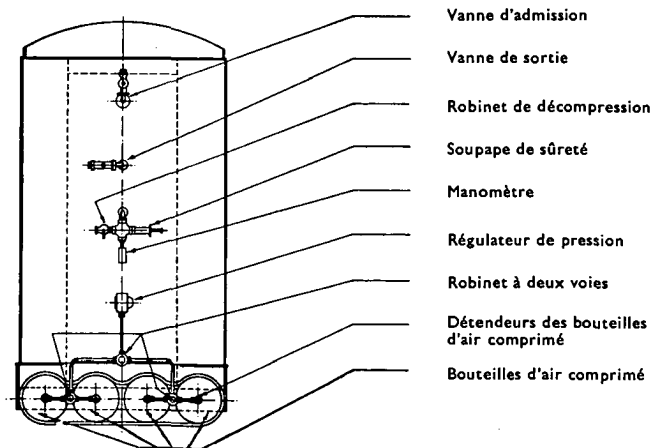
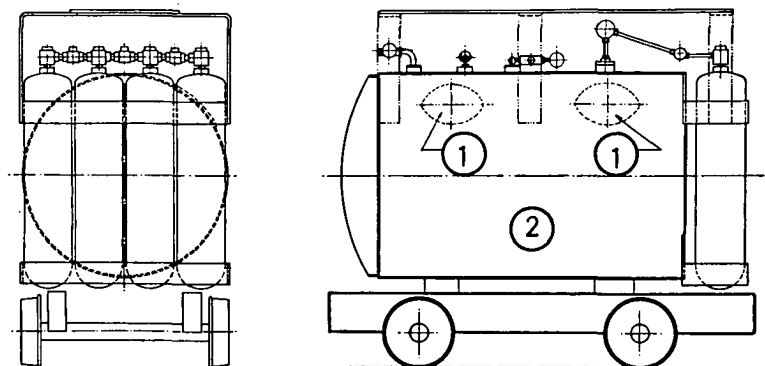


FIG. 4. — Wagon-citerne sous pression.

1: Regards; 2: citerne.

nécessaire, il suffit de raccorder la citerne, au moyen d'une canalisation, au réseau de distribution d'air comprimé. L'eau sort par une prise munie d'une vanne.

Les entreprises minières peuvent soit acheter des wagons-citernes du modèle représenté à la figure 4, soit les fabriquer elles-mêmes dans leurs propres ateliers. Ces wagons peuvent avoir une capacité suffisante pour la foration des trous de mine d'une volée complète. S'il n'y a pas de prise d'air comprimé au point où ces wagons doivent être utilisés, on peut y monter des bouteilles d'air comprimé, comme le montre la figure.

AGENTS MOUILLANTS

On a constaté que l'eau, dont la tension superficielle est relativement élevée, n'assure pas une humidification particulièrement efficace des poussières. Aussi s'est-on intéressé à l'utilisation de liquides dont la tension superficielle fût beaucoup plus faible: les solutions de surfactifs, de détergents ou d'agents mouillants, comme on les appelle.

L'opportunité d'utiliser les agents mouillants pour lutter contre les poussières dans les mines a été et demeure très discutée dans les publications spécialisées de différents pays. Certains instituts d'essai et de recherche qui s'occupent des mesures de lutte contre les poussières se sont prononcés en faveur de leur emploi, certains autres, contre.

Les agents mouillants destinés à être utilisés dans les mines devraient avoir les propriétés suivantes:

1. Ils devraient être inoffensifs pour l'appareil respiratoire et la peau.
2. Leur pouvoir mouillant devrait être nettement plus grand que celui de l'eau seule.
3. Leur coût ne devrait pas être excessif.
4. Ils ne devraient pas faciliter l'inflammation spontanée du charbon.

5. Ils devraient être stables, aussi bien sous forme concentrée qu'en dilution.

6. Leur utilisation devrait faciliter l'élimination des poussières susceptibles d'être inhalées et retenues dans les poumons.

7. Ils ne devraient pas rendre plus difficiles les opérations de préparation ou les traitements métallurgiques subis par le minéral.

Les agents mouillants devraient être mélangés à l'eau au moyen d'un mélangeur, appareil qui donne une solution de la concentration voulue dans toutes les conditions d'utilisation.

Une des raisons invoquées contre l'utilisation des agents mouillants réside dans les effets de ceux-ci sur la santé des travailleurs. On a constaté par exemple qu'en pulvérisation les solutions mouillantes provoquaient notamment des maux de tête et de la toux. C'est pourquoi ces produits devraient toujours être soumis au contrôle d'une institution compétente, d'un institut d'hygiène minière par exemple, avant d'être employés au fond. Il importe de veiller notamment à ce qu'ils n'attaquent pas la peau — ce qui n'est pas le cas, il est vrai, de la plupart de ceux qu'on trouve dans le commerce.

Les agents mouillants ont fait l'objet de nombreux essais, en laboratoire et dans les mines mêmes. Dans certains cas, les résultats auraient été concluants; dans d'autres, la réduction de l'empoussiérement aurait été plus forte avec de l'eau ordinaire. Les avis diffèrent également quant à l'efficacité de ces agents dans l'infusion au massif.

En se fondant sur l'expérience acquise à ce jour, on ne saurait recommander l'utilisation des agents mouillants pour l'abattage des poussières en suspension dans l'air par pulvérisation ou diffusion d'aérosols, pas plus que pour l'infusion, l'humidification des poussières de foration, le remblayage pneumatique ou les opérations du même genre, qui risquent de s'accompagner de la production de poussières. Les applications que ces produits trouveront à l'avenir dépendront du résultat des travaux actuellement en cours dans des instituts de recherche du monde entier.

En revanche, on a obtenu des résultats concluants en recourant à des agents mouillants appropriés pour la consolidation des poussières déposées dans les galeries, au point que de nombreuses mines les utilisent désormais à cet effet. Dans cette application, la propriété caractéristique des agents mouillants — qui est de réduire la tension superficielle de l'eau — est particulièrement précieuse. On trouvera, au chapitre XI, une description du procédé.

CHAPITRE III

L'EAU DANS LA LUTTE CONTRE LES POUSSIÈRES

On a vu le rôle important que peut jouer l'eau dans la lutte contre les poussières, et le chapitre II a indiqué quelles en sont les sources d'approvisionnement et comment l'amener aux divers endroits du fond où elle est nécessaire. Il importe également de comprendre que son utilisation doit être soumise à un contrôle sévère: elle ne doit en effet pas être employée sans discrimination n'importe où, mais là où elle est le plus utile, et le gaspillage ne devrait pas en être toléré. Dans certains cas, un usage excessif peut exercer une action préjudiciable sur les couches et, dans les mines chaudes, il risque d'avoir des conséquences défavorables sur le milieu, à cause de l'humidité dont se charge l'atmosphère. De plus, la préparation de certains minerais métallifères peut être rendue plus difficile si le produit est trop humide. En tout état de cause, il convient de bien faire comprendre aux mineurs de fond la nécessité d'utiliser l'eau méthodiquement et rationnellement. Il importe aussi que le travailleur puisse régler directement et avec précision le débit de l'eau, de préférence au moyen d'une commande à manette.

A ces fins, il existe divers appareils et diverses machines qui permettent de tirer le meilleur parti possible de l'eau au cours des opérations (foration, havage, etc.), à chacune desquelles est consacré un chapitre du présent guide. Cependant, l'eau peut être utilisée différemment au cours des divers stades du travail au fond et exiger de nombreux dispositifs de régulation, pulvérisateurs, mélangeurs, etc. Le présent chapitre donne donc une description générale de l'utilisation de l'eau dans la prévention des poussières ainsi que des types d'appareils nécessaires.

Il ne faut pas oublier que l'action de l'eau est bien plus efficace pour prévenir l'empoussiérage que pour précipiter les poussières une fois qu'elles sont en suspension dans l'atmosphère. Certes, on peut utiliser les pulvérisations, les rideaux de brouillard d'eau pour éliminer les accumulations massives de poussières en suspension, dégagées à la suite de nombreuses opérations minières, mais il ne faut pas compter sur ces procédés pour débarrasser efficacement l'atmosphère des petites particules inférieures à 10 microns, particulièrement de celles qui sont inhalées et auxquelles sont imputables les pneumoconioses. On peut accroître le rendement du procédé en utilisant des ajutages spécialement adaptés, qui projettent les gouttelettes d'eau à la vitesse voulue; la conception et les caractéristiques doivent toutefois en être soigneusement étudiées et leur montage et leur fonctionnement doivent être surveillés de près.

Deux principes généraux doivent guider l'utilisation de l'eau en vue de la suppression des poussières: la roche ou le minerai doivent être mouillés avant l'abrasion ou la comminution; et lorsqu'on ne peut éviter la libération de poussières dans l'atmosphère au cours d'une opération, le jet d'eau sortant de l'ajutage devrait être projeté aussi près que possible de la source de poussières.

Soit dit en passant, si, à une certaine époque, la pulvérisation était le seul procédé utilisé sur le front de taille pour supprimer les poussières, elle est fréquemment employée de nos jours pour compléter d'autres procédés. Les chiffres publiés par certains pays font ressortir qu'au cours des dernières années la longueur des fronts de taille traités par pulvérisation a diminué. Ce n'est pas là le signe que le procédé ne jouit plus de la même confiance: il faut plutôt y voir la mesure de la progression des autres méthodes.

LES AJUTAGES

Conception

Au cours de ces dernières années, l'utilisation, au fond, d'ajutages pour éviter le dégagement de poussières et aussi pour précipiter les poussières soulevées au cours de diverses opérations s'est considérablement développée. En règle générale, on ne devrait utiliser que des ajutages adaptés à cette fin et contrôlés dans un centre d'essai tel qu'il en existe dans bon nombre de pays miniers, car c'est la seule façon d'en garantir l'efficacité.

Le choix des modèles qui conviennent sera conditionné par les considérations ci-après :

- a) conception et facilité de fabrication;
- b) débit d'eau aux diverses pressions (également, consommation d'air dans le cas des ajutages air-eau);
- c) forme et portée du jet;
- d) type de pulvérisation;
- e) propension au colmatage;
- f) caractéristiques physiques (forme, encombrement, résistance, etc.);
- g) résistance à la corrosion.

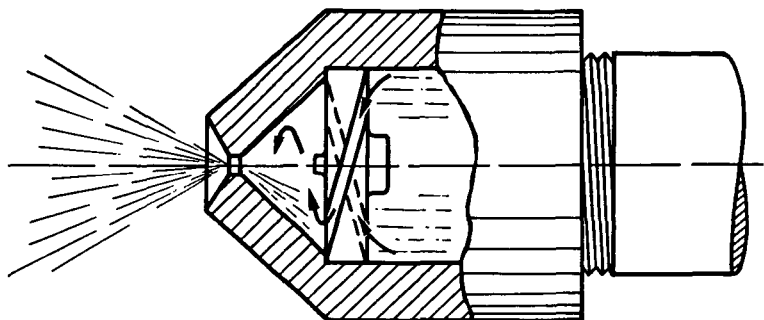


FIG. 5. — Coupe d'un modèle simple d'ajutage de pulvérisation.

Tant dans leur conception que dans leur fabrication, les ajutages doivent être techniquement irréprochables (fig. 5) pour pouvoir résister aux conditions dans lesquelles ils seront utilisés dans le travail des mines ; cela est particulièrement vrai des ajutages

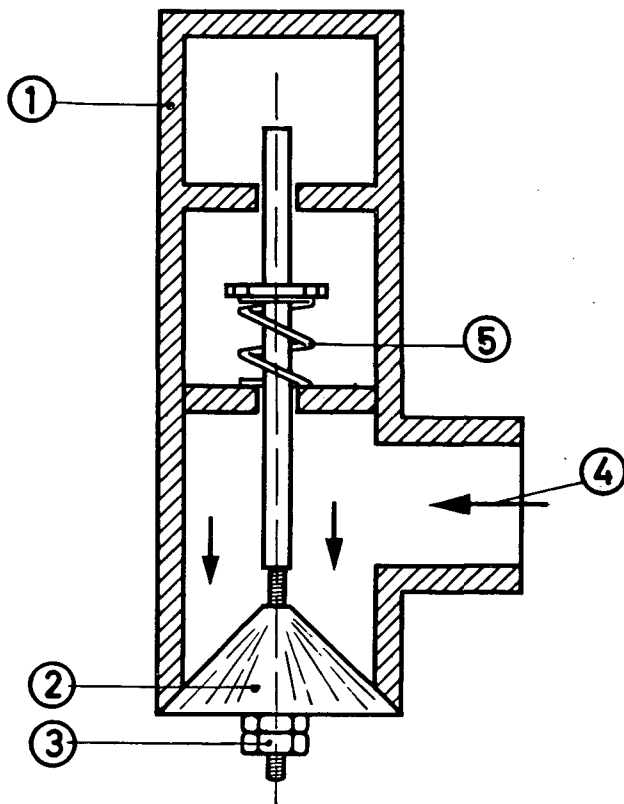


FIG. 6. — Ajutage à nettoyage automatique.

1: Filtre; 2: diffuseur conique réglable; 3: réglage de la tension du ressort; 4: entrée d'eau; 5: ressort.

des haveuses et des chargeuses, et des installations de pulvérisation disposées aux stations de transbordement et de chargement. La facilité avec laquelle ils peuvent être nettoyés revêt également une grande importance (fig. 6).

Débit d'eau

Le débit d'eau devrait être adapté aux conditions d'exploitation; en d'autres termes, l'ajutage ne devrait pas consommer plus d'eau qu'il n'est nécessaire aux fins pour lesquelles il est utilisé. L'expérience a montré que les ajutages débitant moins de 1,5 l/mn n'ont pas donné de résultats satisfaisants; en revanche, aux points de transbordement d'un convoyeur à un autre, ou aux stations de chargement, l'eau pulvérisée ne devrait pas être abondante au point de causer des glissements du sol dans les galeries ou de gêner le fonctionnement des installations de préparation. D'une façon générale, aux stations de transbordement ou de chargement, les ajutages ne doivent pas avoir un débit tel qu'une partie de l'eau puisse être entraînée sur le convoyeur à bande ou dans les bennes. Dans la plupart des cas, ce débit devrait être de 2,5 à 4 l/mn, sous une pression de 7 kg/cm².

Pour la pulvérisation sur des roches ou du charbon déjà abattus, les ajutages doivent avoir un débit assez fort pour que l'humidification soit complète et rapide. Le jet devrait avoir la plus grande largeur et la plus grande portée possible; cependant, les gouttelettes d'eau devraient être de grosseur modérée et la vitesse d'impact de l'eau devrait être assez peu élevée pour ne pas soulever des nuages de poussières devant le jet. Un jet assez dense est également nécessaire lorsqu'on utilise les rideaux de brouillard d'eau afin de supprimer les poussières soulevées par les tirs.

Il importe — on l'a vu — de calculer correctement la consommation d'eau lorsqu'on utilise des ajutages à eau, mais cette consommation prend une importance accrue lorsqu'on utilise des ajutages à mélange air-eau. Ceux-ci ont pour objet de produire

une pulvérisation particulièrement efficace en utilisant l'air comprimé. Si le débit d'eau est insuffisant, de grandes quantités d'air comprimé produisent un brouillard qui reste longtemps en suspension. En revanche, si l'on utilise trop d'eau, le brouillard sera insuffisant, et, trop lourd, il tendra à s'abattre trop vite. La retombée du brouillard produit par les pulvérisateurs à mélange air-eau ne devrait pas prendre plus de deux ou trois minutes, selon la vitesse du courant d'aéragé au point d'utilisation de ces appareils.

Caractéristiques du jet

La forme du jet produit par les ajutages revêt une grande importance; les rideaux de brouillard d'eau qui en résultent doivent ne présenter aucune brèche à travers laquelle des particules de poussières non mouillées puissent s'échapper. Toute installation de pulvérisation comprenant un ou plusieurs ajutages, disposée dans une galerie en vue de précipiter les poussières, doit couvrir efficacement la section entière de cette galerie.

La précipitation des poussières se trouve améliorée lorsque le rideau de brouillard d'eau produit par l'ajutage a une grande dispersion transversale et une épaisseur longitudinale correspondante. On peut alors réduire le nombre des ajutages sans compromettre le résultat.

De même, une répartition uniforme des gouttelettes dans le jet a son importance. L'eau doit être pulvérisée de façon aussi régulière que possible. Les ajutages dont le jet n'est assez dense qu'en son centre, avec des zones périphériques insuffisamment alimentées, ne conviennent pas. Une autre caractéristique directement liée à la pulvérisation elle-même est la dimension des gouttelettes. Trop grosses, celles-ci ne fixent pas bien les particules de poussières; au contraire, plus petites et, partant, plus nombreuses, elles permettent mieux de tenir l'endroit à protéger à l'abri des poussières, et cela avec une moindre quantité d'eau. De toute façon, l'eau ne doit pas être trop finement pulvérisée, faute de quoi elle ne précipite pas assez de poussières.

PURETÉ DE L'EAU

Il est indispensable que l'eau à pulvériser soit pure et que, dans la mesure du possible, elle ne contienne pas d'acides (voir chap. II). L'eau polluée colmate les ajutages, et même libère dans l'atmosphère de nouvelles particules de poussières. C'est son utilisation qui est à l'origine de bien des critiques portant sur l'inefficacité des pulvérisations. En cas de doute à ce sujet, on peut installer, dans les conduites d'amenée, des dispositifs d'épuration, qui éliminent toutes les particules ayant plus de 0,5 mm et peuvent débiter de 7000 à 7500 litres d'eau à l'heure, sans qu'il en résulte de perte de pression appréciable. Les ajutages en service devraient rester constamment sous surveillance, de manière à être toujours en bon état de fonctionnement.

INSTALLATIONS A COMMANDE MANUELLE

Les installations de pulvérisation à commande manuelle ou n'exigeant pas de surveillance ne sont pas toujours satisfaisantes. Une fois arrêtés, les pulvérisateurs peuvent fort bien ne plus pouvoir être remis en marche au moment voulu, et, dans le cas contraire, si les pulvérisateurs ne s'arrêtent pas pendant les interruptions du travail, il peut également en résulter de graves conséquences. Le matériel de roulage se trouve de ce fait mouillé et glissant, les bandes de caoutchouc des convoyeurs risquent de se déchirer si les fragments de charbon mouillés qui y restent collés pénètrent jusqu'aux tambours d'entraînement, l'eau en excédent peut entraîner des glissements du sol des galeries, ce qui peut créer de multiples incidents d'exploitation. En outre, un arrosage prolongé au cours des interruptions du roulage et du chargement est préjudiciable au charbon ou au minerai transporté. Lorsque le charbon est trop mouillé, le criblage et le classement en sont rendus plus difficiles et plus onéreux. On a constaté en général que l'excès d'humidification du produit, lorsqu'il n'est pas causé, comme c'est inévitablement le cas assez souvent, par les eaux souterraines, provient en grande partie d'une utilisation défec- tueuse des pulvérisateurs.

Si l'on veut que le charbon ne soit pas trop mouillé, il est indispensable de pouvoir régler le débit d'eau en fonction de la quantité de produit transporté. Le roulage étant soumis à des interruptions et à des variations fréquentes au cours d'un même poste, le personnel doit être en mesure d'ouvrir et de fermer rapidement les pulvérisateurs à commande manuelle. En d'autres termes, l'efficacité du réglage dépend en grande partie du facteur humain; toutefois, on ne peut attendre du personnel qu'il soit constamment en train de régler le débit d'eau en fonction des quantités de produit transportées, par exemple, par un convoyeur à bande.

INSTALLATIONS A COMMANDE AUTOMATIQUE

Pour remédier aux inconvénients de la commande manuelle, on a mis au point des régulateurs automatiques de pulvérisation, qui ne débitent strictement que la quantité minimale d'eau nécessaire, compte tenu du volume du produit abattu ou transporté à un moment donné, ce qui, tout en assurant une précipitation suffisante des poussières, rend impossible toute utilisation d'eau en excès.

Les régulateurs automatiques tirent leur origine d'un système destiné aux convoyeurs à bandes, dans lequel la charge supportée par le convoyeur au point de transbordement ou de chargement, en agissant sur une tringlerie, mettait en action une vanne qui réglait automatiquement le débit d'eau. Ce modèle de régulateur a donné toute satisfaction dans de nombreux puits (planche IV).

Dans un autre système, la vanne d'admission d'eau est actionnée par une petite pompe rotative à huile. Cette pompe, mue par une roue entraînée par la bande transporteuse lorsque le fléchissement de celle-ci sous la charge dépasse une certaine limite, refoule dans un cylindre, sous faible pression, un fluide hydraulique provenant d'un réservoir; le piston avance et commande, par l'intermédiaire de la bande, l'ouverture de la vanne. Ce système peut également être déclenché par le mouvement de bascules, de berlines ou de tout autre matériel roulant; un appareil de

type courant permet de régler la pression dans les limites de 0,7 à 105 kg/cm².

Le réglage de la pulvérisation en fonction de la quantité de produit passant sur diverses installations de transport en continu peut aussi être assuré, selon un autre système, par un bras articulé qui pivote plus ou moins selon la hauteur du produit transporté et qui actionne une vanne commandant le débit d'eau. Le pulvérisateur et le régulateur sont d'un seul bloc et peuvent être utilisés à tous les points de transbordement et de chargement sur n'importe quelle sorte de matériel de transport en continu. Selon l'ouverture de la vanne, la quantité d'eau passant dans le pulvérisateur varie. Lorsque le convoyeur tourne à vide, l'arrivée d'eau s'arrête automatiquement. Ainsi, la pulvérisation s'effectue sans que le personnel d'exploitation ait à intervenir.

Les essais de dispositifs de ce genre aux points de transbordement au front de taille ont montré que l'utilisation d'une vanne de 3 mm d'ouverture, et débitant à peu près 3 l/mn, permettait de réduire d'environ 90 pour cent la quantité totale de poussières soulevées lors du passage du charbon du convoyeur blindé au matériel de roulage, et d'environ 70 pour cent la mise en suspension de particules fines inférieures à 10 microns.

VAPEUR D'EAU

L'utilisation de la vapeur pour précipiter les poussières aux stations de chargement au fond a fait l'objet d'expériences, et, à cet effet, certains types d'appareils électriques de production de vapeur ont été mis au point. De même, la vapeur a été expérimentée pour l'infusion au massif, sans grands résultats toutefois.

Depuis bien des années, la vapeur est utilisée pour actionner les basculeurs du jour, là où il est facile de se la procurer. Utilisée sous une hotte recouvrant le basculeur, elle doit être admise automatiquement lors du basculage. De même, on l'emploie parfois pour la précipitation des poussières dans les installations de chargement automatique des skips.

La complexité et l'encombrement du matériel nécessaire s'opposent à l'utilisation de la vapeur au fond. A cela s'ajoute la nécessité de disposer des installations de chauffage nécessaires, particulièrement peu indiquées dans les mines chaudes.

CONDENSATION NATURELLE

Le refroidissement et la condensation de l'air humide ont aussi pour effet de débarrasser celui-ci des poussières. Les particules servent de noyaux de condensation et les poussières se trouvent ainsi emprisonnées dans les gouttelettes au fur et à mesure que celles-ci se forment. On peut observer ce phénomène lorsque de l'air chaud et humide provenant des chantiers les plus profonds d'une mine à aérage ascendant arrive aux chantiers supérieurs. Avant même que l'air ait atteint ces derniers, une importante condensation se produit du fait du refroidissement et de la décompression, et la concentration des poussières dans l'air se trouve ainsi sensiblement réduite. On observe un effet identique lorsque de l'air chaud et humide est refroidi dans des installations de réfrigération au fond. On peut, de cette façon, éliminer certaines particules, même parmi les plus fines.

CHAPITRE IV

AÉRAGE

L'aérage d'une mine consiste à assurer, dans tous les chantiers souterrains, une circulation naturelle ou artificielle d'air dont le débit soit suffisant pour maintenir, partout où des ouvriers sont appelés à travailler ou à circuler, des conditions de sécurité et d'hygiène satisfaisantes.

C'est ainsi qu'un bon aérage est indispensable : pour éviter la formation de mélanges détonants d'air et de méthane ; pour évacuer les fumées toxiques produites par les tirs ; pour refroidir l'atmosphère des chantiers où la température est élevée et y maintenir des conditions de travail supportables ; enfin — et ce n'est pas certes la moindre des fonctions de l'aérage — pour abaisser la concentration des poussières dont l'atmosphère se charge au cours de toutes les opérations d'exploitation et pour emporter ces poussières.

AÉRAGE PRINCIPAL

La question de l'aérage a pris ces derniers temps, dans le génie des mines, une importance qui n'a cessé de s'accroître. La raison en est d'abord le souci d'améliorer les conditions de travail (ce qui, dans le cas de chantiers de plus en plus profonds, exposant les travailleurs à des températures de plus en plus élevées, exige une étude spéciale du problème), mais aussi le fait que l'on mesure de mieux en mieux le danger présenté par les poussières et le rôle que peut jouer pour le prévenir un aérage satisfaisant.

Dans la plupart des pays, les règlements miniers exigent que l'aérage des chantiers du fond, dans les mines, de même que la ventilation des galeries, dans les travaux de génie civil, répondent

à certaines normes: il s'agit généralement de normes minimales qui portent sur la quantité d'air par ouvrier travaillant au fond, sur la pureté de l'air (teneur en gaz nocifs, en gaz inflammables ou en poussières), ou encore, dans certains cas, sur son pouvoir de refroidissement. Aux termes des dispositions législatives en vigueur dans certains pays, le contrôle des conditions d'empoussiérement et la lutte contre les poussières doivent être confiés à un agent compétent nommé à cet effet; en pareil cas, il y aura peut-être intérêt parfois à étendre les fonctions de cet agent aux problèmes

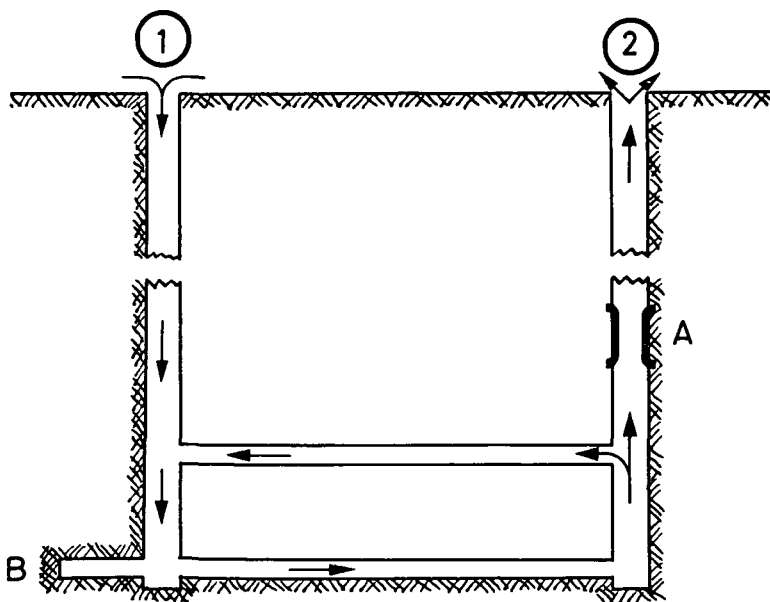


FIG. 7. — Diagramme montrant la tendance au brassage de l'air du fait de goulots d'étranglement dans le circuit d'aération.

1: Puits d'entrée d'air; 2: puits de retour d'air.

Le resserrement du puits de retour d'air en A et le cul-de-sac en B produisent un brassage de l'air vicié dans la mine.

d'aérage. On trouve encore des prescriptions législatives sur l'aménagement de la circulation de l'air dans les mines et sur les précautions à prendre pour éviter les fuites et le rebrassage de l'air vicié (fig. 7); ces prescriptions portent également sur le contrôle et le relevé réguliers des conditions d'aérage ainsi que sur la présentation de rapports et de statistiques d'aérage.

Lors de l'étude de l'aérage d'une mine, il importe de ne pas négliger certains impératifs importants qui touchent à la prévention et à la suppression des poussières. Ainsi, il faut aménager des voies d'aérage qui assurent un apport d'air frais suffisant sur les lieux de travail, sans que l'air risque de se charger en cours de route des poussières produites au cours d'opérations telles que le transport et l'extraction des produits, et qui aient des caractéristiques telles que l'air ne circule pas à une vitesse excessive et ne soulève pas de poussières sur son passage. En outre, les principaux quartiers de la mine doivent être alimentés en air frais par des circuits indépendants afin que, dans la mesure du possible, les poussières produites sur les chantiers d'un quartier ne risquent pas d'être emportées vers ceux d'un autre.

Fonctions de l'aérage

Un bon aérage assure aux travailleurs, sur tous les lieux de travail, l'apport continu d'air frais dont ils ont besoin et entraîne, à sa sortie des chantiers qu'il traverse, les impuretés (gaz ou poussières) dont l'atmosphère est chargée.

L'aérage joue également un rôle important en provoquant la diffusion et en abaissant la concentration des poussières en suspension dans l'air. Ces poussières sont habituellement libérées dans l'atmosphère sous forme de nuages de forme variable selon la nature de la source de poussières, la nature des particules elles-mêmes et le régime d'écoulement de l'air à proximité. En régime turbulent, régime qui est celui de l'écoulement de l'air pour toutes les vitesses qui se rencontrent dans les mines dans les conditions normales d'aérage, les nuages de poussières se diffusent rapidement: il s'ensuit une forte baisse de la concentration des poussières,

qui tendent à se répartir uniformément dans tout le courant d'air. De même, si deux courants d'air inégalement chargés de poussières se rejoignent, la concentration de poussières s'établit uniformément dans le volume total d'air à une valeur moyenne.

Schémas d'aéragé

Il n'est pas question d'examiner en détail, dans le présent chapitre, les aspects techniques de l'aéragé des mines, sujet largement traité par de nombreux manuels. Une brève description du schéma général de l'aéragé d'une mine fera mieux apparaître, toutefois, l'importance de la question, comme l'étroite relation qui existe entre la qualité de l'aéragé et l'efficacité de la lutte contre les poussières en suspension dans l'air.

La circulation de l'air dans une mine est causée par une différence de pression entre l'entrée d'air et le retour d'air. Par les puits ou les fendues et les voies d'aéragé, l'air arrive aux endroits où il est nécessaire avant de ressortir de la mine par le retour d'air. La différence de pression qui assure la circulation d'air voulue est obtenue naturellement ou artificiellement (à l'aide d'un ou plusieurs ventilateurs) (fig. 8). On ne peut se passer de ventilateurs que dans les petites mines où le débit d'air est relativement faible et où l'aménagement de la circulation d'air ne présente pas de grandes difficultés. Dans de nombreuses mines, toutefois, le débit d'air atteint de nos jours jusqu'à 1 000 m³/s, avec des pressions de plus de 600 mm d'eau (1 mm d'eau est égal à 1 kg/m²). On conçoit dans ces conditions que l'étude et l'installation des ventilateurs de mine réclament aujourd'hui toute l'attention des spécialistes.

Les ventilateurs principaux sont installés habituellement au sommet du puits de retour d'air et mettent la mine en dépression. Ce système est préférable, en effet, dans la plupart des cas. Dans certains cas, toutefois, lorsqu'il ne s'agit pas de mines de charbon, les ventilateurs sont installés au fond, soit sur l'entrée, soit sur le retour d'air. En plus des ventilateurs principaux, il est parfois nécessaire — surtout lorsque les circuits d'aéragé sont étendus ou

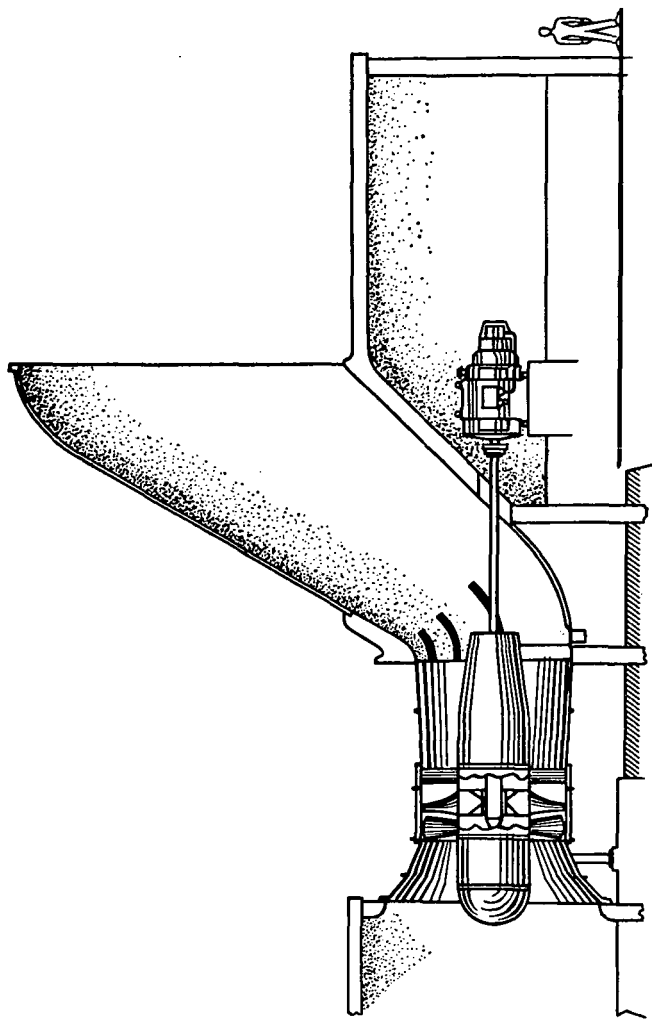


FIG. 8. — Turboventilateur pour l'aérage des mines.

que la résistance rencontrée par l'air est inhabituellement élevée — d'installer au fond des ventilateurs auxiliaires.

La distribution de l'air dans l'ensemble des chantiers dépendra de la nature et de la disposition de la mine: nombre des puits ou des liaisons avec la surface; nombre des couches ou des filons exploitables; puissance, pendage et continuité du gisement, etc. L'air doit être amené sur les chantiers de la mine; à cet effet, il est généralement réparti entre un certain nombre de circuits d'aéragé secondaires qui alimentent les différents quartiers d'aéragé. Dans les mines de charbon, il est nécessaire d'aménager des voies d'entrée et de retour d'air distinctes pour chaque quartier. Dans la plupart des pays, des règlements fixent les normes auxquelles doivent répondre ces voies, de même que les voies d'aéragé supplémentaires requises suivant l'importance de la mine. Dans les mines métalliques, l'air vicié peut souvent être évacué à travers les zones qui ont cessé d'être exploitées lorsque celles-ci sont reliées à la surface sur les affleurements; il n'en est pas moins indispensable de veiller à maintenir des passages suffisants pour que l'air vicié puisse parvenir à la surface, si bien que, dans les mines où il existe des accidents tels que des intrusions ou de grandes failles, comme dans celles où il se produit des obstructions subites et complètes dans les chantiers dont l'exploitation est abandonnée, il faut souvent entreprendre des travaux miniers spéciaux uniquement pour maintenir dégagé le circuit de retour d'air.

La résistance que l'écoulement de l'air d'aéragé rencontre dans une mine est fonction avant tout de la section des éléments du circuit d'aéragé. Elle dépend encore, en raison du frottement de l'air sur les parois de ceux-ci (sol, parements, toit, etc.), de la superficie et de la nature des surfaces de frottement, ainsi que des accidents (obstructions, changements brusques de direction) du circuit d'aéragé. La relation qui existe entre la section d'un élément de circuit d'aéragé et le débit d'air pour une pression constante est indiquée par le graphique de la figure 9. Pour assurer une bonne circulation d'air, il faut tenir compte de tous les facteurs en jeu et éliminer partout les causes qui peuvent entraîner une résistance globale excessive du circuit d'aéragé.

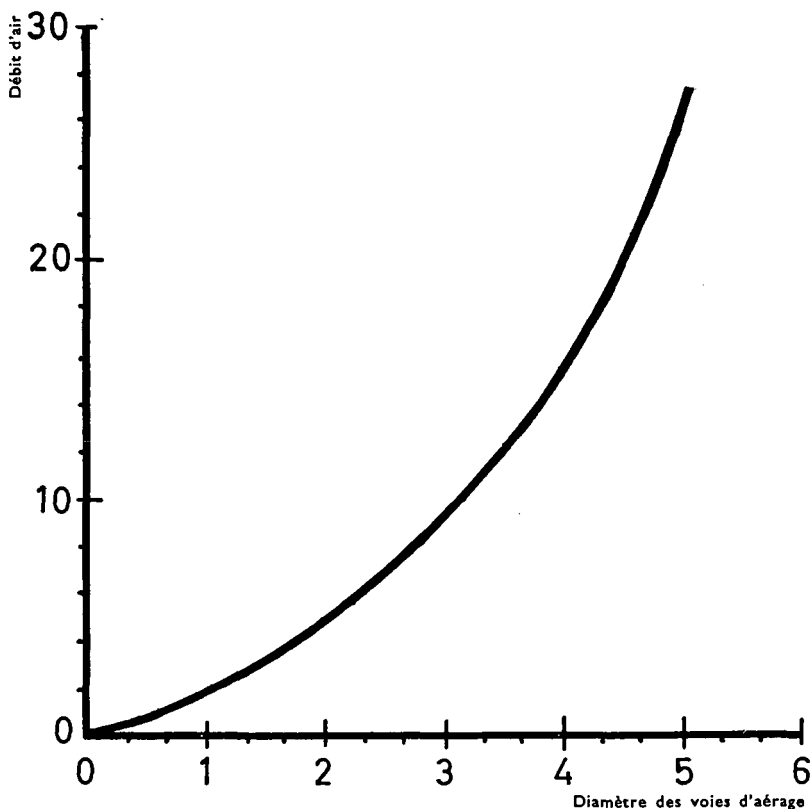


FIG. 9. — Courbe de variation du débit d'air en fonction du diamètre des voies d'aérage.

Parallèlement, il importe d'éviter les fuites et les courts-circuits d'aérage. Pour cela, les murs et les barrages d'aérage placés entre les voies d'entrée et les voies de retour d'air doivent faire l'objet d'une surveillance attentive. L'aménagement de sas munis de portes hermétiques revêt également une grande importance.

Parmi les points qui demandent encore une grande attention, il faut mentionner : l'isolement des zones dont l'exploitation est terminée; le contrôle de la répartition de l'air; l'installation de ventilateurs auxiliaires; la concentration du courant d'aéragé (qui doit être « endigué » de façon à balayer les tailles à une vitesse assez élevée); enfin, dans les mines grisouteuses et dans celles où la température, dans les secteurs exploités, est élevée, toute la gamme des problèmes qui touchent à la qualité de l'air, problèmes qui sortent du cadre du présent manuel et sont du domaine de l'ingénieur de l'aéragé.

Vitesse de l'air et débit d'air

Du point de vue de la lutte contre les poussières, l'aéragé a pour fonction, on l'a vu, d'entraîner les poussières en suspension dans l'air ou tout au moins d'en abaisser la concentration. Pour qu'il soit efficace, il ne faut pas que la vitesse de l'air tombe au-dessous d'une certaine limite. Dans quelques pays, la vitesse minimale est fixée à 0,25 m/s. En pratique, toutefois, des vitesses beaucoup plus élevées sont nécessaires dans les zones de production intense. Pour la vitesse de l'air dans les tailles, les chiffres qui conviennent devraient être choisis d'après les conditions d'em-poussiérement, de température et d'humidité observées dans chaque cas.

Quant à la quantité d'air qui doit être fournie à la mine, elle dépend, d'une part de l'étendue des chantiers et du volume du travail en cours, d'autre part de la nature du gisement. Elle doit être calculée de façon que l'air conserve, dans tous les quartiers entre lesquels il est réparti, la vitesse voulue. Dans différents pays, le minimum est fixé par les règlements miniers à des chiffres qui vont de 0,85 à 6 m³/mn par homme. En pratique, toutefois, ces chiffres sont habituellement largement dépassés.

Vitesse de l'air et concentration des poussières

On peut démontrer pratiquement l'efficacité de l'aéragé, du point de vue de l'abaissement de la concentration des poussières

en suspension dans l'air, pour différentes vitesses du courant d'aérage. Si la vitesse de l'air passe d'une valeur comprise entre 0 et 0,5 m/s à une valeur double, la concentration des poussières baisse de moitié. Si la vitesse de l'air s'accroît encore, l'abaissement de la concentration des poussières devient moins sensible, car l'air commence alors à soulever une certaine quantité de poussières déposées. Enfin, si la vitesse de l'air dépasse 2 m/s, la quantité totale de poussières en suspension dans l'air risque d'augmenter. La figure 10 est la reproduction d'une courbe construite expérimentalement, qui donne la concentration des poussières en fonction de la vitesse de l'air. Du point de vue de la lutte contre les poussières, la vitesse optimale de l'air dépend de facteurs tels que la composition et la nature des poussières, le sens dans lequel s'effectue le transport des produits (par rapport au sens du courant d'aérage) et la nature des travaux en cours. Dans les mines de charbon, les vitesses de plus de 2,5 m/s ne sont pas recommandées. Dans les autres mines, la vitesse de l'air pourra être éventuellement supérieure. Comme la vitesse minimale, la vitesse maximale de l'air devrait être fixée compte tenu des conditions qui règnent sur place.

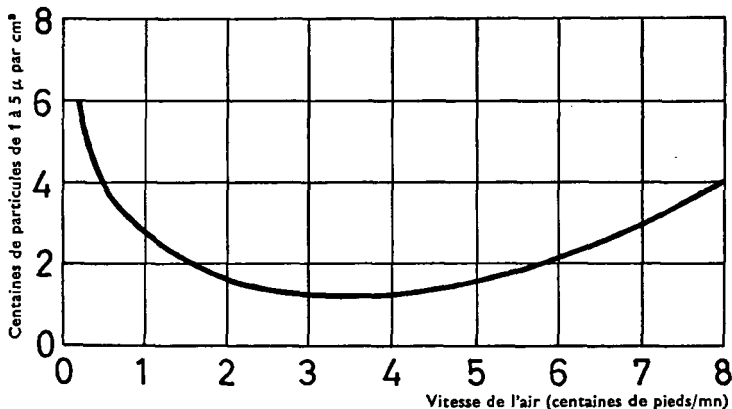


FIG. 10. — Courbe de variation de la concentration des poussières en suspension en fonction de la vitesse de l'air.

Sédimentation des poussières

La sédimentation des poussières sur les surfaces — mur, parements, etc. — des galeries de mine contribue à réduire la quantité de poussières en suspension dans l'air. Toutefois, en raison des dimensions extrêmement faibles des particules, ce phénomène est très lent, de sorte qu'on ne saurait généralement en tirer parti pour abaisser, sur les lieux de travail, la teneur de l'air en poussières. Dans certaines conditions (par exemple, lorsque l'air chargé de poussières parcourt de longues distances à faible vitesse), on a pourtant pu obtenir, de cette façon, une sensible réduction de la concentration des poussières en suspension dans l'air. On a noté des cas, généralement dans des mines métalliques, où la sédimentation a permis d'utiliser de l'air qui avait déjà traversé certains chantiers pour aérer d'autres chantiers d'une même mine, situés dans des secteurs éloignés.

Agglomération des poussières

Dans certaines conditions, les poussières peuvent encore se déposer par suite de l'agglomération spontanée des particules de très faible dimension. Les expériences faites en vue d'activer ce phénomène, à l'aide d'aérosols, n'ont pas donné des résultats uniformément concluants. Pour les concentrations de poussières que l'on rencontre normalement dans les mines bien aérées, il n'y a pas grand parti à tirer, semble-t-il, de ce phénomène dans la lutte contre les poussières.

AÉRAGE SECONDAIRE

Il existe, dans toutes les mines, des endroits où le courant d'aérage principal ne parvient pas, quelque fort qu'en soit le débit. Ce sont notamment les avancements et les culs-de-sac de tout genre, et en particulier les secteurs des tailles où la circulation de l'air est insuffisante pour entraîner les poussières ou pour maintenir des conditions d'hygiène satisfaisantes.

Pour assurer un bon aérage aux endroits en question, on utilise de petits ventilateurs et des canalisations ou des toiles d'aérage. Les installations de ce genre sont connues sous le nom d'installations d'aérage secondaire (le même nom est donné aux installations qui sont employées au fond et au jour pour capter les poussières au point même où elles sont produites dans les installations de concassage, les couloirs ou les ateliers, comme on le verra aux chapitres V et XII).

Des problèmes analogues d'aérage secondaire peuvent se poser dans les travaux de génie civil, qui exigent souvent le percement de longues galeries. En pareil cas, toutefois, l'air vicié est évacué par l'installation de ventilation directement dans l'atmosphère extérieure, alors que, dans les mines, il repasse généralement dans le circuit d'aérage principal et traverse encore dans certains cas, après épuration, d'autres chantiers.

Débit d'air

Pour déterminer la quantité d'air qui doit être amenée dans une galerie en cours de percement ou dans un cul-de-sac, il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs. Il s'agit non seulement, en effet, d'alimenter les travailleurs en air frais et d'évacuer les poussières produites au cours de la foration et des autres opérations, mais encore de chasser les fumées, les poussières ainsi que les gaz dégagés par les tirs et, le cas échéant, d'abaisser la température ou d'évacuer les gaz naturels qui proviennent des couches voisines.

Le débit d'air devrait être calculé à raison d'environ 175 l/s par mètre carré de section de la galerie. Lorsque l'on s'attend à une forte production de poussières, par suite de la mécanisation des opérations de chargement ou pour toute autre raison, ce débit devrait être augmenté, comme il devrait l'être aussi lorsque de gros dégagements de gaz sont à craindre ou que la température du massif est élevée. Dans des cas où la chaleur était particulièrement intense, le débit d'air a parfois dû être porté au-delà de 750 l/s par mètre carré de section du front.

Les chiffres donnés ici doivent être considérés comme se rapportant au débit mesuré à la sortie de la canalisation d'amenée d'air, au front, débit inférieur à celui du ventilateur, et qui dépend de la qualité du montage des canars et, partant, du rendement de la canalisation.

Sur les chantiers — autres que les galeries ou les avancements — qui ne sont pas traversés de part en part par le courant d'aéragé, le débit d'air qui doit être assuré par l'installation d'aéragé secondaire dépend de la nature du travail exécuté et des conditions qui règnent sur les lieux. Pour le déterminer, on retiendra que l'air devrait avoir une vitesse minimale de 12 à 15 m/mn. Dans certains cas, l'installation d'un ventilateur peut se révéler nécessaire. Très souvent, toutefois, les problèmes d'aéragé de ce genre peuvent être résolus grâce à la judicieuse utilisation de toiles et de portes d'aéragé.

Ventilateurs

Les ventilateurs utilisés dans les installations d'aéragé secondaire sont mus, soit par l'électricité, soit par l'air comprimé. L'électricité a l'avantage d'être moins chère que l'air comprimé et de donner des rendements supérieurs. En outre, elle risque moins d'être coupée pendant les périodes où le travail est interrompu.

Le choix de l'emplacement du ventilateur revêt une grande importance, surtout dans les mines où les dégagements de grisou sont à craindre. Tout ce qui concerne l'installation et l'entretien des ventilateurs secondaires devrait être contrôlé par un agent compétent désigné à cet effet, lequel devrait être chargé de faire le nécessaire pour rétablir l'aéragé en cas d'arrêt d'un ventilateur ou d'interruption due à toute autre cause.

Il existe deux types de ventilateurs secondaires: les ventilateurs centrifuges et les ventilateurs hélicoïdes (fig. 11). En général, les seconds — qui comprennent les ventilateurs à distributeur ou à redresseurs, les ventilateurs à hélices contrarotatives et les turbo-ventilateurs — répondent mieux que les premiers aux exigences diverses des installations d'aéragé secondaire: ils sont plus faciles

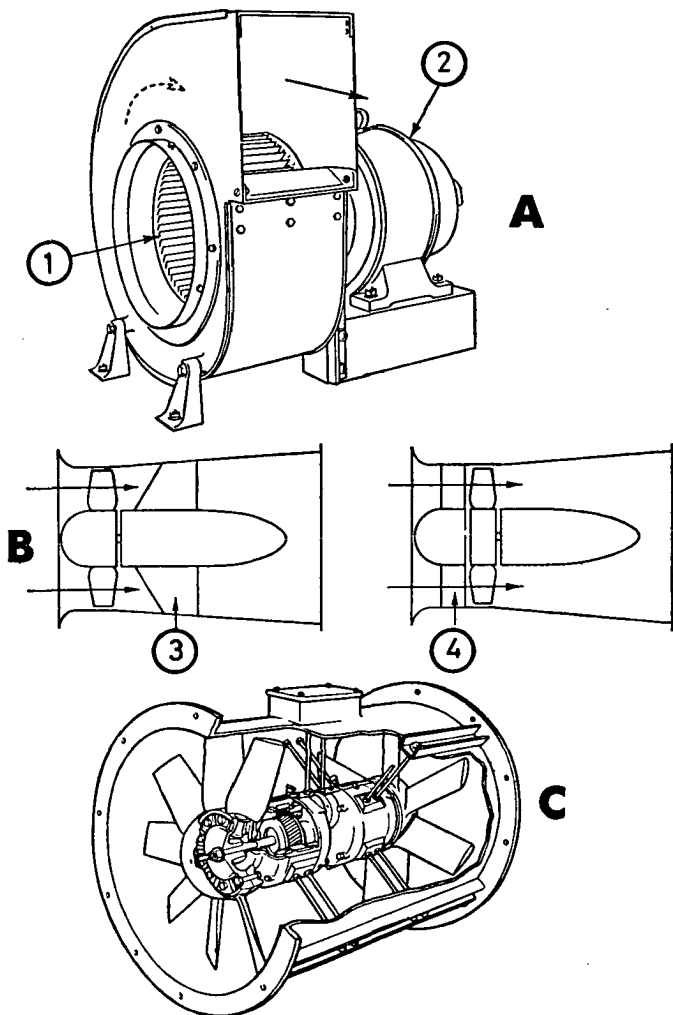


FIG. 11. — Types de ventilateurs utilisés pour l'aérage secondaire.

A: Ventilateur centrifuge; B: ventilateurs hélicoides à redresseurs; C: ventilateur inversable à hélices contrarotatives.

1: Entrée d'air; 2: moteur; 3: redresseur aval; 4: redresseur amont.

à monter ou à déplacer et prennent moins de place. Il existe maintenant des ventilateurs à rendement élevé conçus pour toute une gamme d'usages.

Canalisations

Différentes matières sont employées pour la fabrication des canars, ou buses d'aérage utilisés dans les traçages: acier sans couture, acier avec coutures soudées ou rivées, tôle galvanisée avec coutures soudées, bois cerclé de fer, contreplaqué, fibre de verre, tissu ou toile souple, matières synthétiques. Exception faite des matériaux souples, les canars construits avec ces matières se prêtent aussi bien à l'aérage aspirant qu'à l'aérage soufflant. Le choix dépendra évidemment des matières dont on dispose sur place et des possibilités économiques; mais des facteurs tels que la longueur finale de la canalisation, le temps pendant lequel celle-ci sera utilisée, les conditions qui règnent sur le trajet où elle sera posée et la pression effective qui doit être obtenue devront être prises en considération. Il ne faut pas perdre de vue que le coût élevé des canars de haute qualité sera compensé non seulement par leur rendement, mais également par leur longévité et leur valeur de récupération. Les observations et les essais effectués dans de nombreuses installations souterraines d'aérage secondaire montrent que la qualité des canars d'aérage, comme leur montage et leur entretien, laissent en général beaucoup à désirer. Il n'est pas rare que le débit d'air à la sortie de la canalisation n'atteigne pas la moitié du débit du ventilateur. Pour réduire les fuites au minimum, on devrait déterminer le rendement que l'on peut attendre des canars et s'assurer, par des mesures régulières, que la canalisation répond constamment à la norme fixée. Les fuites ne devraient pas être supérieures à 1 ou 2 pour cent du débit total du ventilateur pour 30 m de canalisation.

Dans le cas des canars métalliques, les coutures soudées sont à préférer aux coutures rivées, qui manquent d'étanchéité, risquent de s'endommager au cours des transports et nécessitent de fréquents matages si l'on veut qu'elles conservent un bon rendement. Dans le cas des canars de tôle galvanisée, les coutures pliées sont

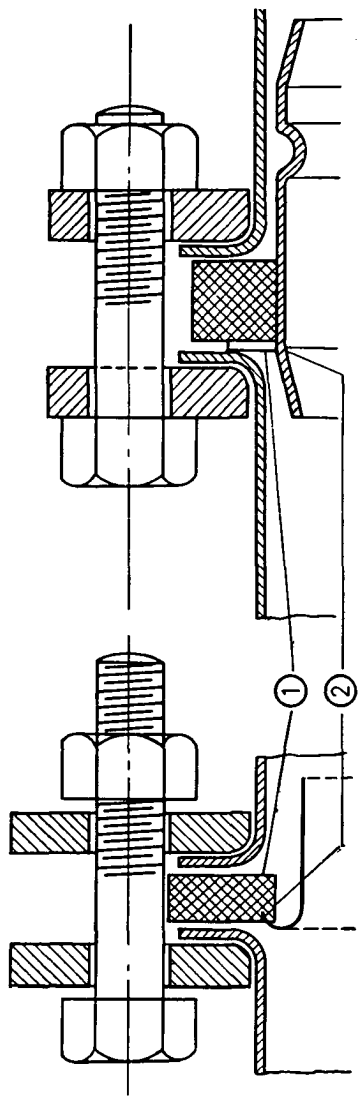


FIG. 12. — Joints à colliers pour l'assemblage des canars de tôle galvanisée.
1: Joint d'étanchéité de caoutchouc; 2: virole de support.

également préférables aux coutures rivées, encore qu'elles aient tendance à se desserrer après une longue utilisation.

Le choix du type de raccords exige une grande attention. Les raccords, en effet, devraient non seulement être étanches, mais encore s'assembler facilement dans les conditions où ils seront utilisés au fond. Les raccords à bride boulonnée munis de joints de caoutchouc ou de joints caoutchoutés sont recommandés pour tous les types de canars métalliques (fig. 12).

Si la canalisation d'aérage doit former un angle, on utilisera, à moins que l'angle ne soit très faible, un coude spécial. Pour les angles très faibles (jusque 20 degrés), on peut utiliser un coude très pratique formé de deux éléments coupés dans un canar d'aérage ordinaire de manière à former un angle de 80 degrés par rapport à l'axe du canar. Des brides ordinaires sont, moyennant une légère déformation des canars, soudées ou fixées sur chaque élément à l'extrémité qui correspond au plan de coupe. En faisant tourner un élément par rapport à l'autre, on peut former une série d'angles très obtus.

AÉRAGE DES TRAÇAGES

Choix du type d'aérage

L'aérage d'un avancement peut se faire selon deux méthodes, que l'on pourra combiner au besoin. L'une — l'aérage soufflant — consiste à envoyer l'air, à travers la canalisation d'aérage, directement au front; l'autre — l'aérage aspirant — à aspirer l'air du front à travers la canalisation d'aérage, ce qui a pour effet de créer, dans la galerie, un courant d'air en direction du front.

Le plus simple et le plus pratique des deux est l'aérage soufflant. L'aérage aspirant offre toutefois certains avantages que l'on indiquera ci-dessous. En dernière analyse, le choix, on le verra, devrait être fait selon les circonstances de chaque cas.

Aérage aspirant

Du point de vue de la suppression des poussières, l'aérage aspirant est celui qui se rapproche le plus du système consistant à faire traverser le chantier de bout en bout par le courant d'air. Si l'entrée de la canalisation d'aspiration pouvait être amenée jusqu'au front même, toutes les poussières produites seraient aspirées, si bien que les travailleurs auraient fort peu de chances de les inhaler. En pratique, toutefois, il est très difficile d'amener la canalisation d'aspiration à moins de 12 à 15 m d'un front où des tirs doivent être effectués, car elle risquerait d'être endommagée. Même lorsque l'aérage fonctionne, il subsiste de ce fait, entre l'entrée de la canalisation d'aspiration et le front, un espace mort où la concentration de poussières reste extrêmement élevée. On a résolu ce problème en installant une canalisation auxiliaire de faible longueur, qui, munie d'un ventilateur, aspire l'air frais qui remonte de la galerie pour le ramener au front même. L'air dilue le bouchon de poussières qui se trouve au fond de la galerie et le chasse vers l'arrière, jusqu'au point où il est aspiré dans la canalisation d'aspiration. Ce système, connu sous le nom d'« aérage par aspiration et refoulement simultanés », présente cet autre avantage qu'après les tirs les fumées, les poussières et les gaz dégagés sont entraînés directement dans la canalisation d'aspiration, de sorte que les travailleurs peuvent retourner au front sans danger après un temps beaucoup plus bref que ce ne serait autrement le cas (fig. 13).

Du point de vue pratique, toutefois, l'aérage par aspiration et refoulement simultanés présente plusieurs inconvénients. Dans les galeries de grande longueur, par exemple, l'air amené dans la galerie devra parcourir, du point le plus proche du circuit principal d'aérage jusqu'au front, une longue distance à une vitesse relativement faible, ce qui fait qu'il absorbera une quantité de chaleur assez grande. S'il s'agit de terrains où la température est élevée, ce réchauffement de l'air interdira tout travail au front. En outre, si la galerie traverse des fissures où se produisent des dégagements de gaz ou si des travaux accessoires sont exécutés

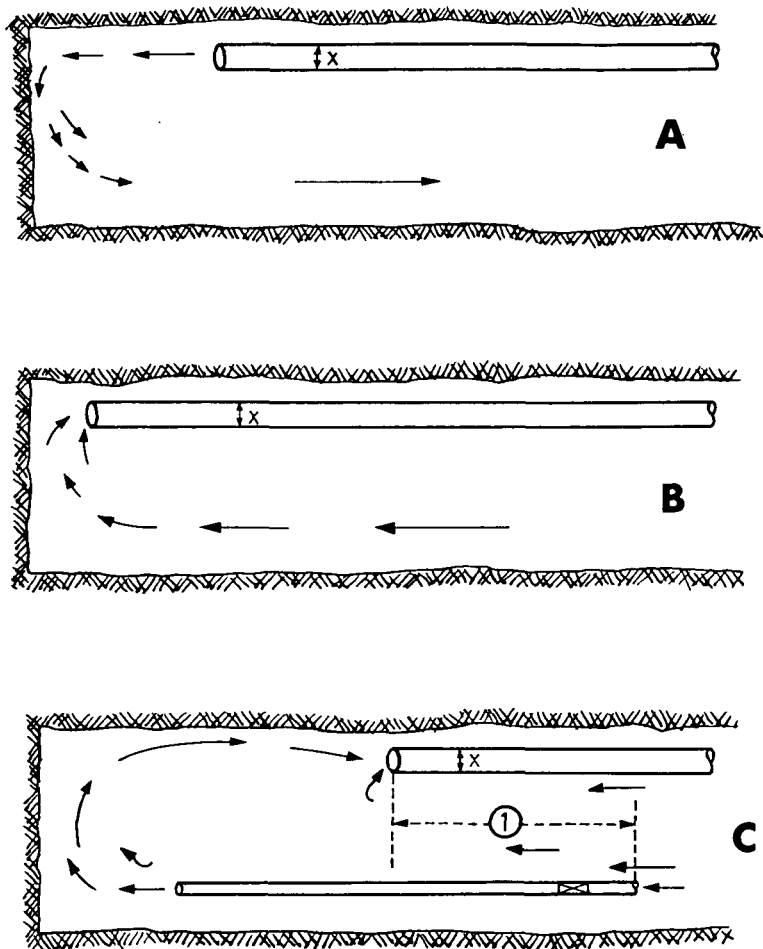


FIG. 13. — Aérage des traçages.

A: Aérage soufflant (l'air frais est amené directement sur le front de taille); B: aérage aspirant (on notera la difficulté de placer les canars d'aérage à proximité immédiate du chantier); C: aérage par aspiration et refoulement simultanés la distance de recouvrement (1) ne devrait pas excéder 10 m).

dans la galerie même, les gaz et les poussières sont emportés en direction du front, au lieu d'être entraînés dans la direction opposée et rejetés dans le courant d'aéragé principal.

Pour éviter le rebrassage de l'air et la dangereuse accumulation de poussières et de gaz qui en résulterait, il est de toute importance de contrôler et de surveiller de près le fonctionnement du ventilateur de la canalisation auxiliaire de refoulement, afin de s'assurer que le débit de l'air refoulé ne dépasse pas 60 pour cent du débit de l'air évacué par la canalisation d'aspiration. En outre, les précautions voulues devraient être prises pour que le ventilateur de la canalisation auxiliaire de refoulement ne risque pas de continuer de tourner si le ventilateur de la canalisation d'aspiration s'arrête. Toutefois, lorsque les conditions s'y prêtent (dans les cas où la température n'est pas trop élevée et où les dégagements de gaz ne sont pas à craindre, de même que dans les creusements relativement courts, par exemple) et qu'il s'agit surtout d'évacuer les poussières et les fumées de tir, l'aéragé par aspiration et refoulement simultanés est à recommander (fig. 14 et 15).

Aéragé soufflant

Les inconvénients présentés par l'aéragé aspirant font qu'on lui préfère souvent l'aéragé soufflant, qui assure un apport direct d'air frais sur les lieux mêmes de travail. La canalisation d'aéragé projette sur le front même un puissant jet d'air qui disperse et dilue de façon efficace les poussières et, le cas échéant, les gaz dont l'atmosphère serait chargée; enfin, grâce à un débit d'air suffisant, la concentration des poussières en suspension dans l'air refoulé du front est ramenée à une valeur acceptable. En outre, l'entretien de l'installation se limite à celui d'un ventilateur et d'une canalisation, au lieu de deux. Le principal inconvénient de l'aéragé soufflant réside dans le fait que le bouchon de poussières et de fumées refoulé du front par le courant d'air est chassé le long de la galerie, où personne ne doit demeurer pendant ce temps. C'est pourquoi ce système ne convient pas toujours pour le creusement rapide de galeries.

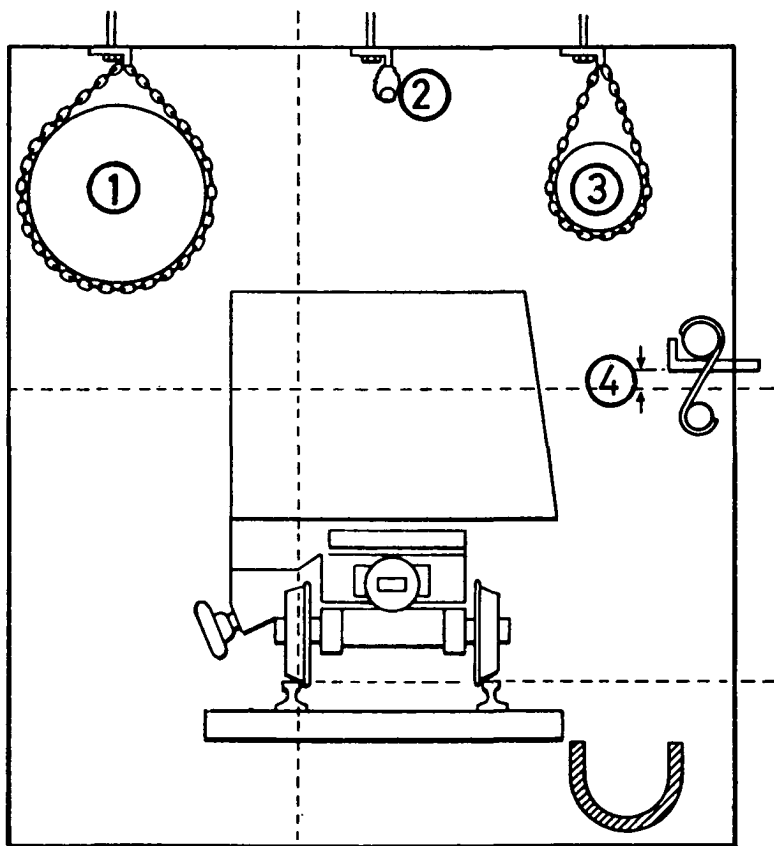


FIG. 14. — Coupe d'une voie de roulage à aérage par aspiration et refoulement simultanés.

1: Canar de 75 cm; 2: conduite d'eau de 5 cm de diamètre pour pulvérisation; 3: canar de 40 cm de diamètre; 4: tuyaux d'air comprimé et d'eau.

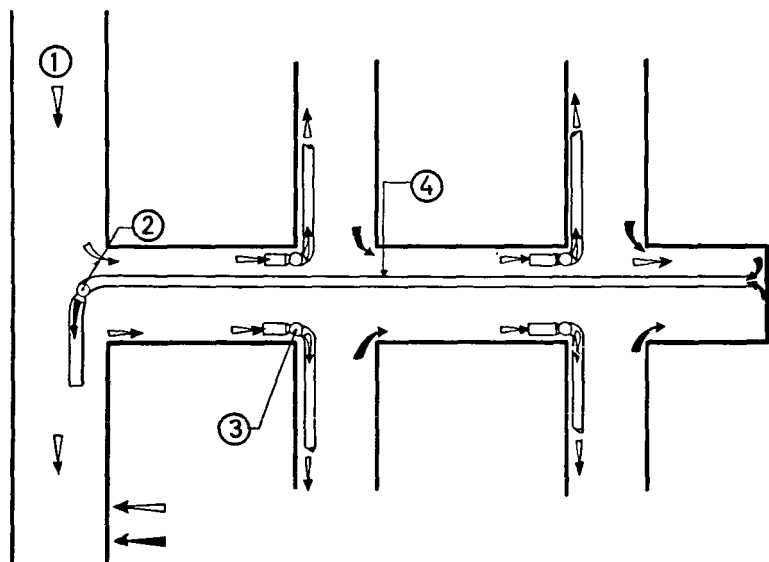


FIG. 15. — Plan d'aérage de plusieurs chantiers au cours des travaux préparatoires dans une mine de charbon.

1: Voie d'aérage principale; 2: ventilateur aspirant; 3: ventilateur soufflant; 4: canar d'aérage principal.

Voies parallèles

Quand il s'agit de creuser rapidement des galeries sur de longues distances, le percement de deux voies parallèles reliées à des intervalles appropriés (tous les 150 mètres, par exemple) par des passages transversaux donne, dans certains cas, d'excellents résultats. On peut en effet assurer de cette façon une circulation d'air abondante qui emprunte une voie dans un sens et l'autre dans l'autre sens, en reliant directement, s'il y a lieu, la voie d'évacuation au puits de retour d'air. Sur la courte distance comprise entre les deux fronts et le dernier travers-blanc

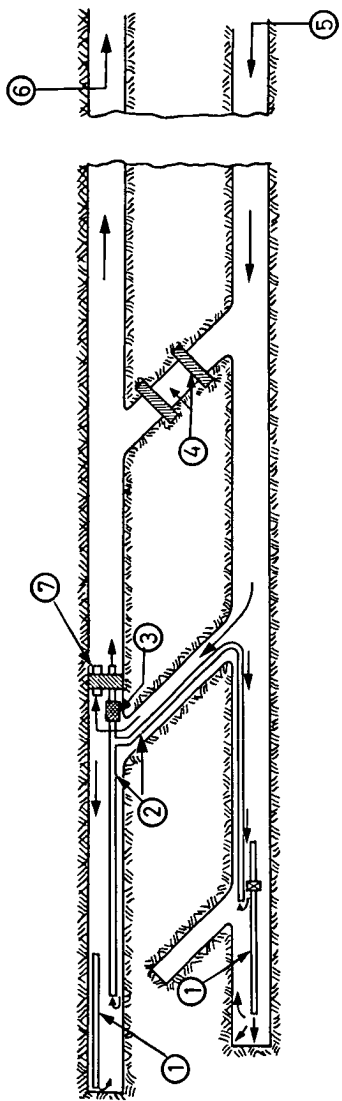


Fig. 16. — Aérage de voies parallèles.

1: Canars avec ventilateur; 2: canars d'aspiration; 3: ventilateur ou régulateur commandant l'aérage principal; 4: travers-banc hermétiquement bouché; 5: voie d'arrivée d'air; 6: retour d'air principal; 7: ventilateur d'aspiration.

qui relie les deux voies, on peut disposer une canalisation d'aspiration de faible longueur et un canar de refoulement qui assurent un aérage par aspiration et refoulement simultanés. Cette solution facilite la rapide évacuation des poussières et des fumées de tir, tout en se prêtant, au besoin, au montage d'une installation de climatisation souterraine (fig. 16).

Aérage par aspiration et refoulement alternatifs

Lorsqu'il n'est pas possible de creuser deux voies parallèles, on a parfois recours, surtout dans les travaux de génie civil, à un système d'aérage par aspiration et refoulement alternatifs. A cet effet, on peut utiliser, soit un ventilateur à marche réversible, soit un ventilateur simple et un système de vannes permettant d'inverser le sens d'écoulement de l'air (fig. 17). Un ventilateur à vitesse de rotation variable permettra de régler le débit d'air au fur et à mesure de la progression du chantier; de plus, on pourra le faire tourner à sa vitesse maximale après chaque tir, pour évacuer les fumées et les poussières dégagées, puis le ramener à un régime plus bas lorsque la production de poussières diminuera. Avec ce système, il est nécessaire d'installer au front une canalisation auxiliaire de refoulement de faible longueur munie d'un ventilateur ou d'une soufflerie à air comprimé pour purger la zone comprise entre l'entrée de la canalisation d'aérage et le front pendant la phase d'aspiration.

Lorsque le risque coniotique est élevé, les précautions voulues devraient être prises pour éviter que les travailleurs ne soient exposés aux poussières qui ont toutes chances d'être chassées hors de la canalisation d'aérage dans la galerie après le renversement de la marche du ventilateur et le passage de l'aérage aspirant à l'aérage soufflant.

AÉRAGE DES TAILLES

C'est en taille que s'accomplit, dans les mines, le travail de production. Aussi l'aérage doit-il y être assuré en permanence

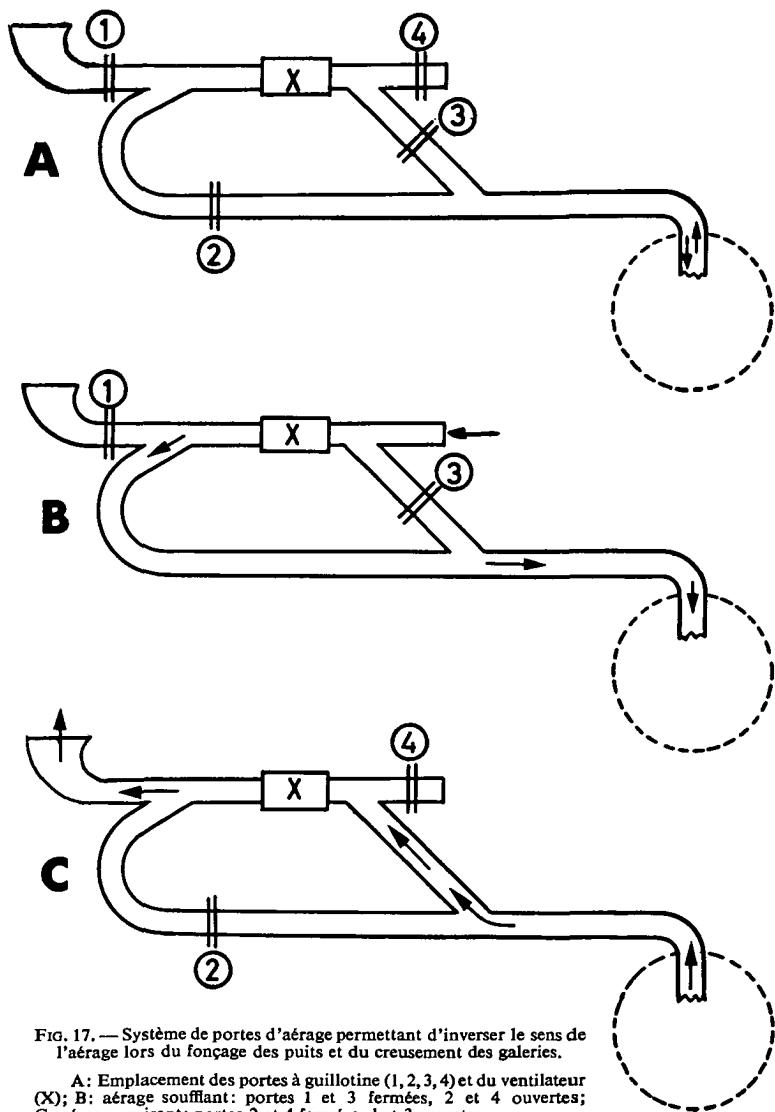


FIG. 17. — Système de portes d'aériage permettant d'inverser le sens de l'aériage lors du fonçage des puits et du creusement des galeries.

A : Emplacement des portes à guillotine (1, 2, 3, 4) et du ventilateur (X); B : aériage soufflant : portes 1 et 3 fermées, 2 et 4 ouvertes; C : aériage aspirant : portes 2 et 4 fermées, 1 et 3 ouvertes.

de façon efficace et sûre. Il ne suffit pas de dissiper et d'évacuer les nuages de poussières en suspension, il faut encore veiller aux dangers que présentent les températures élevées, les fumées de tir et les dégagements de gaz. Les méthodes d'aérage diffèrent selon les méthodes d'exploitation et la nature du minéral.

Mines métalliques

En général, les gisements de minerais métalliques inclinés sont exploités au moyen de voies qui relient les étages et par lesquelles l'air, après avoir pénétré d'abord par les voies d'entrée d'air dans les étages les plus bas, remonte ensuite par les chantiers successifs et rejoint les voies de retour d'air aux étages supérieurs de la mine. Pour les gisements horizontaux, l'aérage des chantiers exige un circuit plus compliqué de voies d'entrée et de retour d'air, auxquelles les tailles ou les séries de tailles sont raccordées elles-mêmes par des voies d'entrée et de retour d'air. Les tailles devraient être attaquées de façon que l'air puisse être acheminé sur tous les points où le travail progresse. Lorsqu'il n'est pas possible de faire passer le courant d'aérage par un point déterminé, on devra recourir à une installation d'aérage secondaire.

Les méthodes de défilage par chambres-magasins, qui supposent la fermeture et la mise hors circuit des chantiers épuisés, permettent souvent un bon aménagement de la circulation de l'air. Au contraire, la plupart des autres méthodes de défilage, de même que la méthode des longues tailles (si l'on ne procède pas au foudroyage ou au remblayage complet des vides de l'exploitation), exigent, selon le pendage et la direction du gisement, la construction de murs d'aérage pour diriger l'air sur les tailles. Ces murs peuvent être faits de stériles, de toiles d'aérage, de briques de béton de vermiculite ou de tout autre matériau approprié (fig. 18 et 19).

Dans les mines métalliques, un certain nombre de tailles, dans chaque quartier, peuvent fort bien être aérées en série. En pareil cas, on prendra toutes précautions utiles pour éviter que l'air ne se charge d'une quantité excessive de poussières, en aménageant,

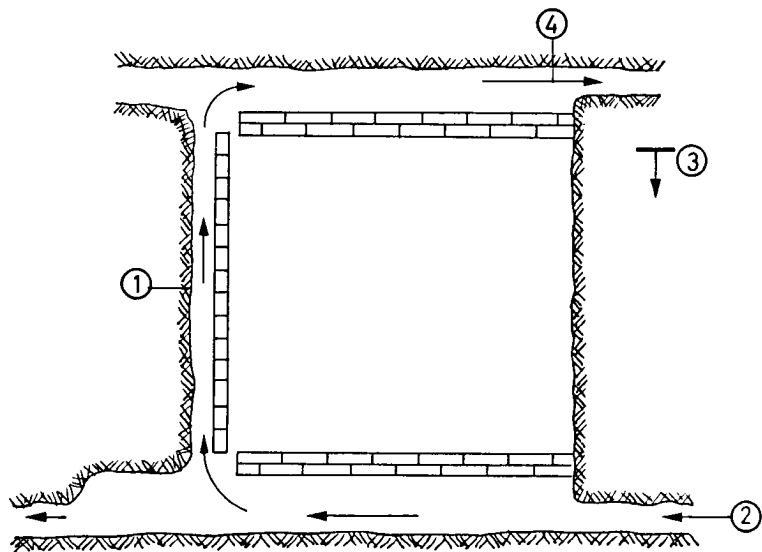


FIG. 18. — Murs d'aérage dirigeant l'air sur une taille.

1: Taille; 2: entrée de l'air; 3: pendage; 4: retour d'air.

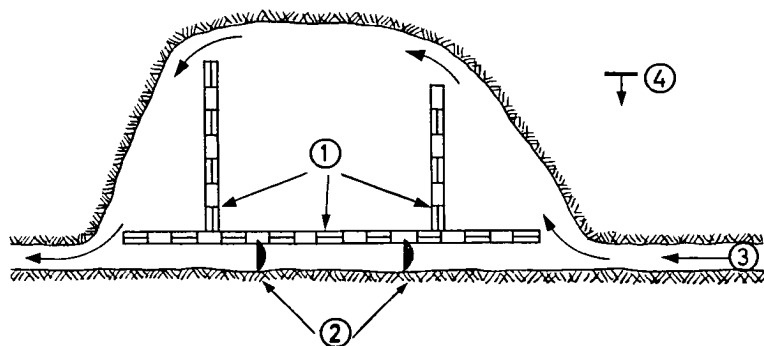


FIG. 19. — Murs d'aérage dirigeant l'air sur un chantier en dressant non relié au niveau supérieur.

1: Murs ou toiles d'aérage; 2: portes d'aérage formant vanne; 3: direction du courant d'aérage; 4: pendage.

par exemple, à partir de la voie d'entrée d'air principale, des amenées d'air supplémentaires à des points intermédiaires du circuit d'aéragé des tailles; on pourra obtenir aussi le même résultat en accroissant le débit total d'air, ou en réduisant le nombre des tailles aérées en série.

Mines de charbon

Dans les mines de charbon, les méthodes d'exploitation peuvent se classer grosso modo en deux groupes: exploitation par longues tailles, exploitation par chambres et piliers. (Il en existe toutefois de nombreuses variantes.)

Dans le cas de l'exploitation par longues tailles, l'aéragé est assuré par des voies (les voies de taille) qui relient la taille aux

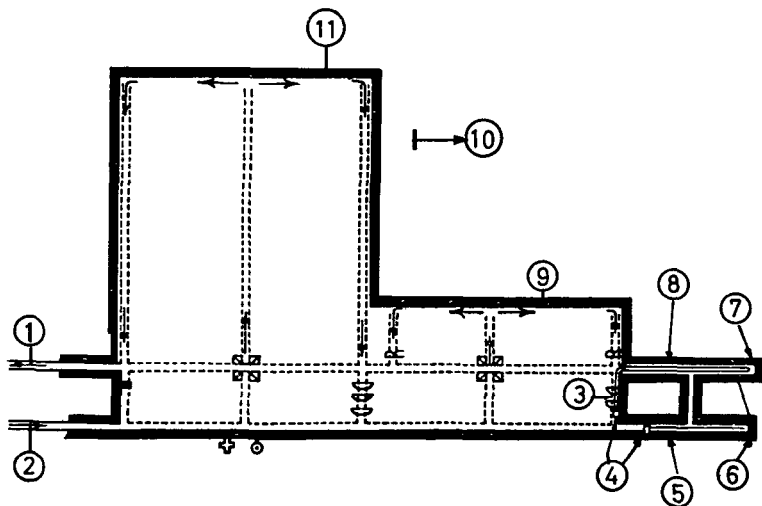


FIG. 20. — Plan d'aéragé pour un quartier de mine de charbon en exploitation.

1: Vers le puits de retour; 2: courant provenant du puits d'aéragé; 3: portes; 4: ventilateur soufflant; 5 et 8: canars; 6 et 7: avancements; 9 et 11: fronts de taille; 10: pendage.

voies principales d'entrée et de retour d'air et par lesquelles une circulation d'air s'établit le long de la taille. En général, l'air circule de bas en haut (aéragé ascendant). La figure 20 représente un schéma d'aéragé typique dans un quartier de mine de charbon.

Dans le cas de l'exploitation par chambres et piliers, l'aéragé des chantiers est plus complexe. D'une part, en effet, l'exploitation progresse simultanément sur un grand nombre de fronts, d'autre part, il est nécessaire d'aérer les chambres en avant de la zone que parcourt le courant d'aéragé principal.

Dans les avancements exécutés à l'aide de mineurs continus, le problème de l'aéragé se complique en raison de la vitesse de progression, accompagnée d'une forte production de poussières et parfois d'un dégagement régulier de méthane. En pareil cas, l'aménagement de toiles d'aéragé ou d'installations d'aéragé secondaires avec ventilateurs s'impose (fig. 21 et 22). Que l'on considère l'aéragé ou la lutte contre les poussières, la meilleure des solutions consiste, semble-t-il, à utiliser une installation auxiliaire d'aéragé aspirant complétée par une soufflante. Des précautions sévères doivent toujours être prises pour éviter le rebrassage de l'air vicié, qui pourrait avoir des conséquences dangereuses. Il faut relever enfin que les installations auxiliaires d'aéragé aspirant présentent un danger, en ce sens qu'elles risquent de rejeter les poussières de charbon dans les voies de retour d'air. Pour combattre ce danger, on luttera contre les poussières par voie humide au cours de toutes les phases du travail. Des résultats concluants ont été obtenus également à l'aide de filtres humides, spécialement étudiés à cet effet, montés à l'intérieur de la canalisation d'aspiration (fig. 23). Une autre solution encore consiste à monter sur la machine elle-même une installation d'aéragé secondaire composée d'un ventilateur et d'une canalisation utilisée conjointement avec des toiles d'aéragé (fig. 24).

AÉRAGE DES PUIITS EN COURS DE FONÇAGE

Les méthodes d'aéragé utilisées pour le fonçage des puits ne diffèrent pas fondamentalement de celles qui sont adoptées pour

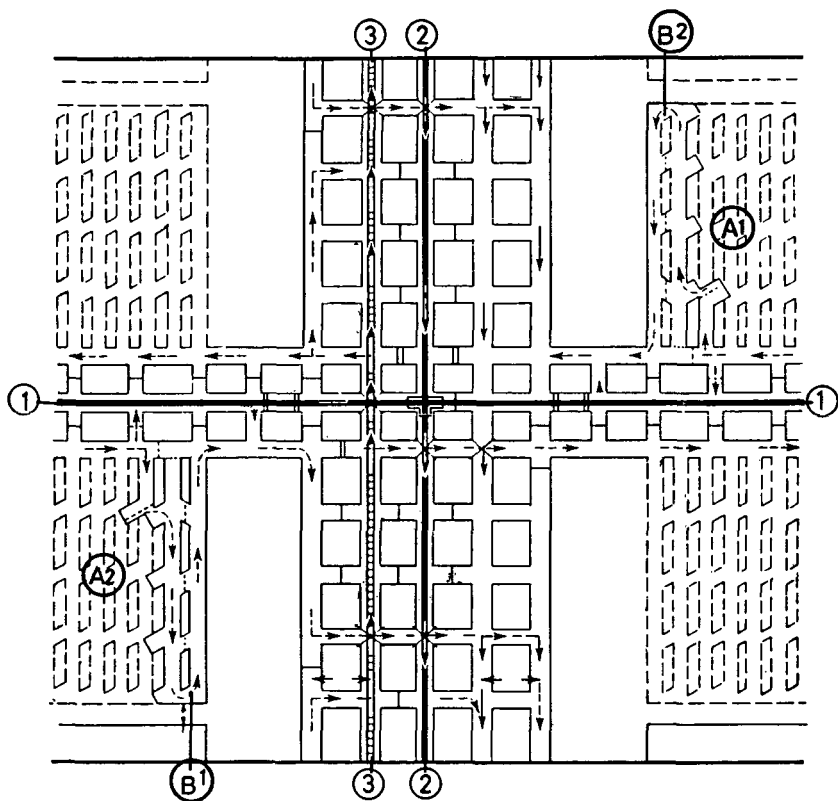


FIG. 21. — Plan d'exploitation en continu et système d'aérage.

A1 et A2: Avancements; B1 et B2: toiles dirigeant le courant d'aérage.
1 et 2: Convoyeurs; 3: voie de roulage.

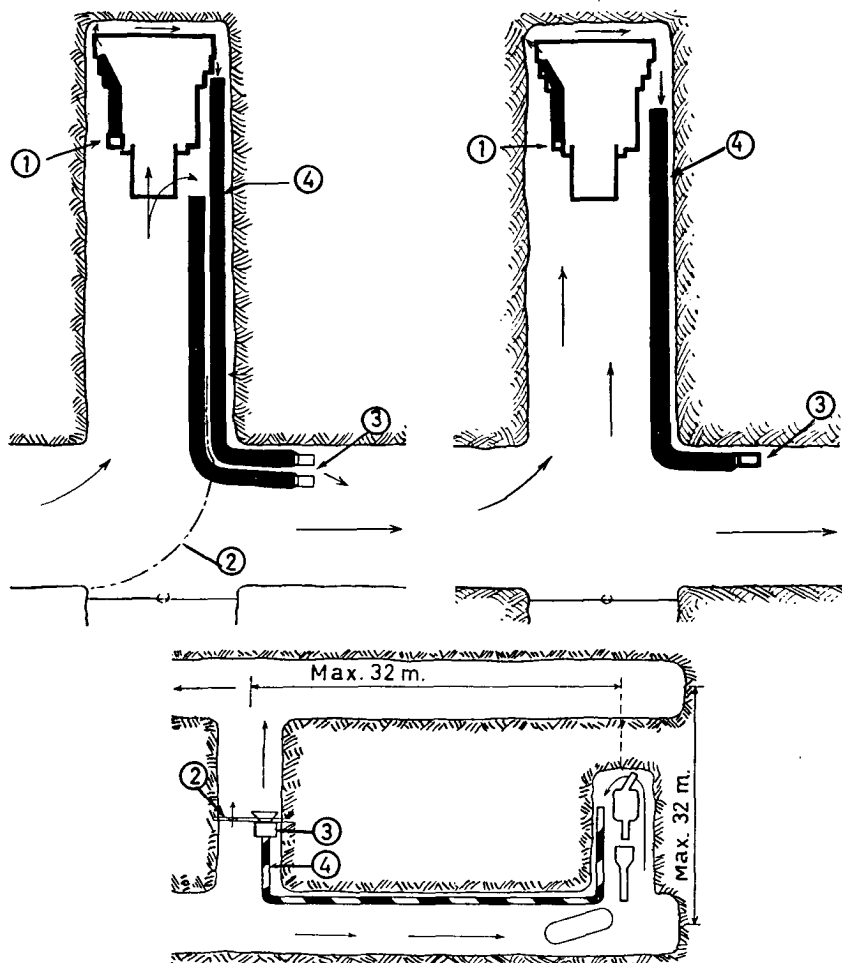


FIG. 22. — Système d'aérage pour mineurs continus.

1: Ventilateurs soufflants; 2: toiles d'aérage; 3: ventilateurs aspirants; 4: conduits d'air.

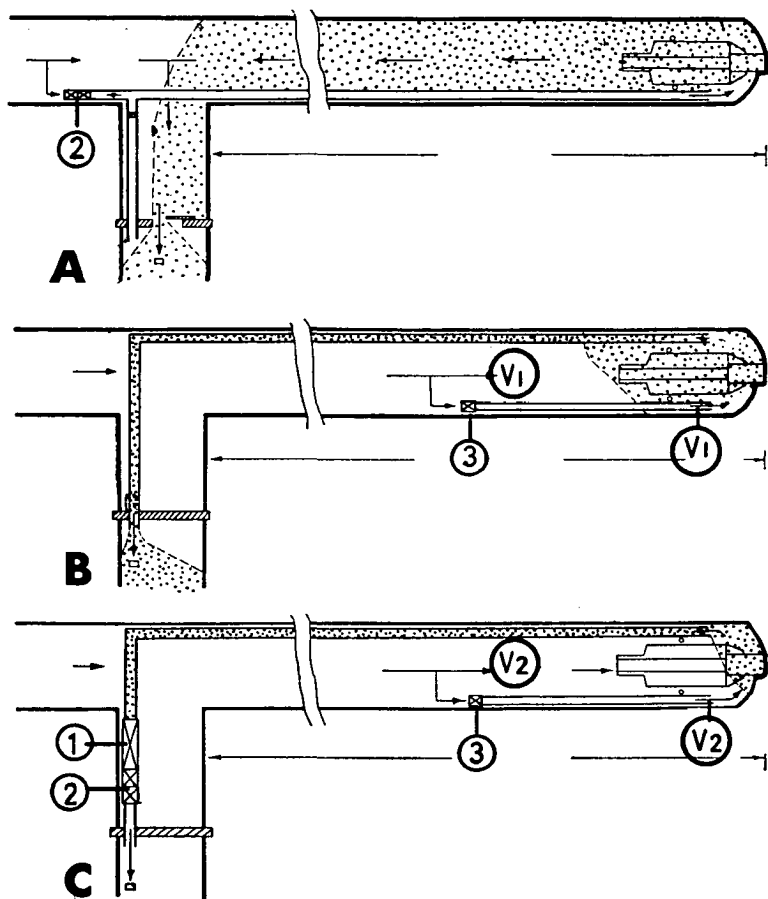


FIG. 23. — Mineurs continus: captage des poussières avec aéragé secondaire.

A: Aéragé soufflant, empoussiéragé considérable; B: aspiration naturelle: vitesse de l'air insuffisante pour dégager le front de taille; C: aspiration avec ventilateur auxiliaire et capteur de poussières: la vitesse accrue du courant d'aéragé dégagé le front de taille. V1: Vitesse 0,15-0,20 m/s; V2: vitesse 0,30-0,50 m/s.

1: Ventilateurs; 2: ventilateurs auxiliaires; 3: capteur de poussières.

Les points d'échantillonnage sont représentés: au front par des petits cercles; sur le retour d'air, par des rectangles.

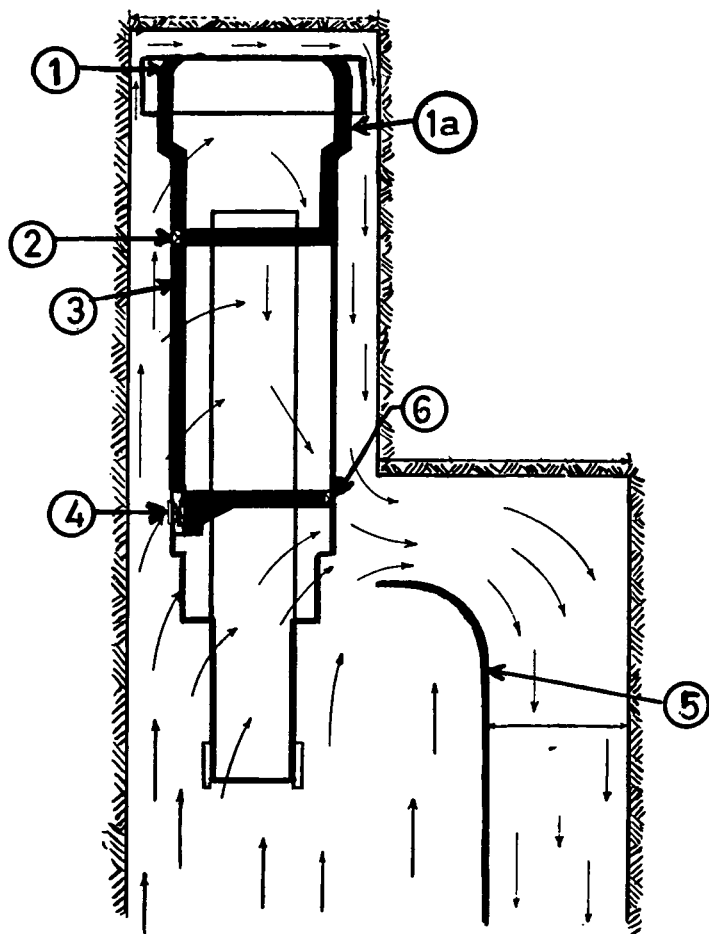


FIG. 24. — Canars d'aérage sur un mineur continu.

1 et 1a: Extrémités avant des canars; 2: chicane; 3: canar principal; 4: ventilateur; 5: toiles d'aérage; 6: deuxième entrée d'air.

le creusement des galeries. Toutefois, la section des puits est généralement supérieure à celle des galeries et le volume de travail exécuté, comme le volume des déblais, est d'autant plus grand. En outre, la vitesse de fonçage est souvent un facteur d'une grande importance, de sorte que la rapide évacuation des poussières et des fumées de tir est l'un des principaux impératifs.

Comme dans le creusement des galeries, c'est l'aéragé soufflant qui permet d'assurer au fond, lors du fonçage des puits à partir de la surface, les conditions les plus satisfaisantes. Il présente toutefois un inconvénient: lorsque l'équipe de fonçage descend dans le puits après les tirs, elle doit traverser le bouchon de fumées et de poussières qui est refoulé vers le haut du puits; ce passage est si rapide, toutefois, qu'il ne présente guère de danger. Il est établi, d'ailleurs, que l'exposition totale aux poussières et aux fumées de tir est inférieure, avec l'aéragé soufflant, à ce qu'elle est avec l'aéragé aspirant.

Si des ouvriers sont appelés à travailler dans des excavations creusées à partir du puits (dans une station de pompage, par exemple), ou encore dans des puits intérieurs, des dispositions doivent être prises pour évacuer les poussières et les fumées de tir. En pareil cas, l'aéragé par aspiration et refoulement simultanés doit être choisi de préférence.

La figure 25 représente différents schémas d'aéragé susceptibles d'être adoptés pour le fonçage des puits. Dans les puits de section rectangulaire, on peut isoler un ou plusieurs compartiments à l'aide de toiles d'aéragé. En général, toutefois, les canalisations d'aéragé conviennent mieux pour les fonçages rapides, outre qu'elles sont plus étanches que les cloisons d'aéragé. Le débit d'air au fond du puits devrait être d'au moins 175 l/s par mètre carré de la section du puits. Si l'aéragé est aspirant, la vitesse de l'air qui descend dans le puits sous l'effet de la dépression créée au fond devrait être au minimum de 0,2 m/s en moyenne sur toute la section du puits afin que les poussières et les fumées de tir ne remontent pas dans le puits, comme elles ont tendance à le faire sous l'action de courants de convection locaux. Lorsque l'aéragé est du type à aspiration et à refoulement simultanés, le

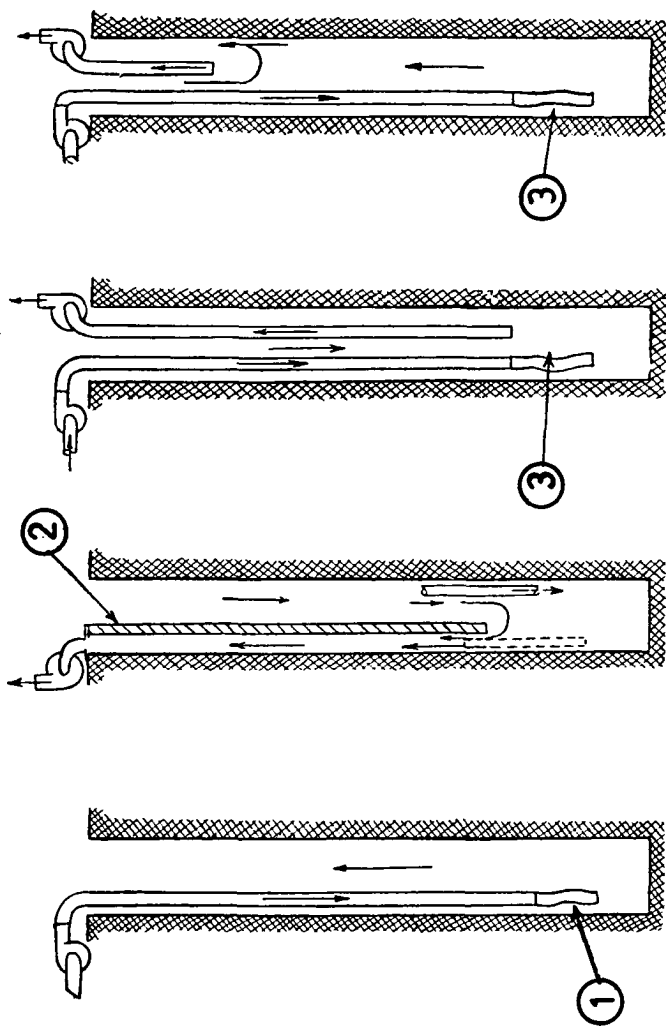


FIG. 25. — Méthodes d'aérage dans le fonçage des puits.

De gauche à droite: aérage avec colonne soufflante; aérage avec cloisonnement; aérage combiné avec colonne soufflante et longue colonne aspirante; aérage combiné avec colonne soufflante et courte colonne aspirante.
 1: Toile ou tuyauterie; 2: cloisonnement; 3: toile ou tuyauterie facultative.

débit de l'air aspiré devrait être de 25 pour cent supérieur à celui de l'air refoulé.

L'aérage par aspiration et refoulement alternatifs (qui consiste à refouler l'air au fond du puits pendant les postes de travail et à aspirer après les tirs par la même canalisation) présente l'inconvénient de tous les systèmes d'aérage aspirant, à savoir que le fond du puits ne peut être rapidement purgé des poussières et des fumées de tir à moins que l'on ne trouve le moyen d'amener l'extrémité de la canalisation d'aérage à une très faible distance du fond du puits. En raison de la vitesse élevée à laquelle l'air sort de la canalisation d'aérage lorsque l'aérage est soufflant, au contraire, on peut, en montant à l'extrémité de la canalisation d'aérage un cône de faible longueur ou une rallonge souple, diriger un courant d'air puissant directement sur l'emplacement de travail.

Etant donné qu'une vingtaine de marteaux perforateurs ou plus pourront être en action simultanément dans l'espace restreint du fond du puits, des précautions sévères doivent être prises pour combattre les poussières de foration (voir chap. VII). S'il est vrai que le fond du puits est souvent recouvert d'eau, on aurait tort de croire que cette circonstance offre une protection quelconque contre la libération des poussières de foration dans l'atmosphère.

Pour le choix du ventilateur qui assurera l'aérage du fond du puits au cours du fonçage, la considération déterminante sera la possibilité de fournir la gamme étendue des pressions requises: la résistance des canalisations d'aérage augmentant au fur et à mesure que le fonçage progresse, il faut en effet que le ventilateur puisse fournir la pression croissante qui sera nécessaire pour maintenir du début à la fin du fonçage, à une profondeur de plus en plus grande, le débit d'air voulu. Pour obtenir du ventilateur les caractéristiques de fonctionnement désirées, on peut avoir recours à des chicanes ou à des registres de réglage, faire varier la vitesse de rotation, modifier les éléments de la transmission, ou encore modifier la position des volets du redresseur ou du distributeur.

SURVEILLANCE

Dans certains pays, la législation exige, pour certaines catégories de mines telles que les mines de charbon, qu'un agent compétent soit désigné pour s'occuper de l'aéragé et de la lutte contre les poussières. Un agent de ce genre, auquel des assistants pourront être adjoints au besoin, peut faire beaucoup pour améliorer la sécurité et l'hygiène et pour accroître la productivité. En désigner un, c'est avoir la certitude que les installations d'aéragé et le matériel de lutte contre les poussières seront utilisés de la manière la plus judicieuse possible et c'est là une des mesures les plus propres à garantir un contrôle efficace des opérations génératrices de poussières et une protection adéquate des travailleurs contre les effets nocifs des poussières.

PLANS ET REGISTRES D'AÉRAGE

Il est de toute importance pour les mines d'établir des plans et de tenir des registres d'aéragé qui soient constamment à jour et qui contiennent le plus possible d'informations utiles pour la lutte contre les poussières, notamment des indications sur le sens de tous les courants d'aéragé, le débit d'air dans les voies d'aéragé principales, l'emplacement des ventilateurs, des barrages et des portes d'aéragé, des portes de réglage ainsi que des crossings, l'emplacement de tous les chantiers où l'exploitation est en cours et les conditions d'aéragé qui y règnent.

CHAPITRE V

CAPTAGE ET FILTRATION DES POUSSIÈRES AU FOND

On a vu, au chapitre III, comment l'eau peut être employée pour prévenir la formation de nuages de poussières et pour précipiter les poussières en suspension dans l'atmosphère. L'eau, toutefois, ne convient pas tout à fait pour ce dernier usage, surtout lorsqu'il s'agit des particules les plus fines de poussières nocives, qui nous intéressent au premier chef à cause du rôle qu'elles jouent dans la pathogenèse des pneumoconioses. Ainsi, il peut être nécessaire, dans certains cas, de recourir à des procédés consistant à collecter l'air au moyen de dispositifs de ventilation auxiliaire, soit pour l'évacuer à l'extérieur sans danger pour le personnel, soit pour le filtrer, de sorte qu'il puisse continuer de circuler tout au long des zones d'exploitation de la mine.

Les installations de captage et de filtration des poussières sont utilisées aussi bien au jour qu'au fond. La différence essentielle entre ces deux utilisations est que, dans le premier cas, l'air résiduel, après passage dans l'installation, peut, sans danger, être évacué dans l'atmosphère extérieure, alors que, dans la plupart des utilisations au fond, l'air filtré continue de passer au travers des chantiers et ainsi risque d'être inhalé par les travailleurs. Aussi faut-il, dans ce dernier cas, que le filtrage soit plus efficace, et que les particules les plus fines soient retenues. Au jour, en revanche, le matériel de captage des poussières est souvent plus complexe, en raison des nombreux types de machines qui peuvent dégager des poussières et de la multitude des endroits où ces dégagements peuvent se produire. Pour lutter efficacement contre les poussières, il faut installer un réseau de canalisations

extrêmement complexe, monter divers types de hottes, prévoir et diriger les moindres déplacements de l'air.

Le chapitre XII décrira le matériel et les méthodes employés au jour; dans le présent chapitre, il sera question des endroits de la mine où le besoin d'appareils de ce genre a des chances de se faire sentir, des moyens de collecter l'air vicié et des types de filtres à employer.

SOURCES D'EMPOUSSIÉRAGE

Nous avons déjà vu que la quasi-totalité des travaux miniers s'accompagnent de dégagement de poussières, et qu'il est souhaitable de capter autant de poussières qu'il est possible à la source même en les empêchant ainsi de passer en suspension dans l'atmosphère. Il est cependant inévitable que, dans toute opération, une certaine quantité de particules vienne en suspension dans l'atmosphère, et le courant d'aérage en recueille davantage au fur et à mesure qu'il avance à travers la mine. Si, au cours de son trajet, l'air n'est pas débarrassé d'une partie des poussières, le niveau maximal de concentration sera atteint ou dépassé à l'arrivée en haut du puits de retour d'air, ou des orifices de sortie, quels qu'ils soient. En fait, au cours du passage à travers la mine, l'air perd bien une proportion importante de poussières par sédimentation naturelle, mais il en reste toujours trop. Avant d'atteindre le front de taille, l'air peut avoir à traverser des puits, des stations de chargement, de culbutage et de transbordement, des voies de roulage et d'autres sources d'empoussiérage; aussi faut-il souvent, pour limiter l'accumulation des particules en suspension et maintenir la concentration de poussières à un niveau admissible, débarrasser l'air sur place des poussières libérées. Il sera question, dans les chapitres pertinents, de ces différentes sources d'empoussiérage; on se préoccupera surtout ici des stations de culbutage, des grilles, des installations de chargement des skips et des points de transbordement, où il est particulièrement nécessaire de procéder au captage et au filtrage des poussières par voie sèche.

INSTALLATIONS D'ASPIRATION

Le captage des poussières consiste en principe à isoler la source d'empoussiérage et à y aspirer l'air constamment. Si l'on veut que le volume d'air traité n'atteigne pas des proportions excessives, il faudra donc réduire au minimum le nombre et l'importance des ouvertures par lesquelles peut passer l'air. Néanmoins, la quantité d'air à aspirer dépend également de divers autres facteurs, notamment de la nature de l'opération génératrice de poussières, de la quantité de poussières dégagée et des conditions de ventilation au point d'entrée ou au voisinage du rocher abattu.

Dans le cas des goulottes de chargement des skips, des culbuteurs tournants et des stations de déchargement et de transbordement, il est en général possible d'isoler les sources d'empoussiérage; cependant, aux endroits où des berlines sont déchargées latéralement ou par le fond sur des grilles et des goulottes, l'espace enclos doit être assez vaste pour recevoir une benne pour le moins. L'air doit y être aspiré d'un point situé à une distance de 3 à 4,50 m au-dessous du niveau des bennes, de sorte qu'il s'écoule de haut en bas au travers du crible et de la grille, et entraîne toutes les poussières produites au cours du basculement. Le volume d'air à aspirer devrait être suffisant pour que l'on obtienne à l'entrée du culbuteur une vitesse d'environ 0,65 m/s. Si l'on ne peut éviter que le courant d'aéragé ou de ventilation principal traverse le point de culbutage, ce chiffre devrait être augmenté suffisamment pour que les poussières soient effectivement entraînées vers le bas, mais ne puissent l'être par le courant d'aéragé.

Pour filtrer de l'air provenant de plusieurs sources, comme c'est le cas au fond d'un puits d'extraction principal, il est recommandé, d'ordinaire, de disposer d'une installation de filtrage centralisée et à grande capacité, reliée par des canars à tous les points auxquels des poussières peuvent se dégager. Il s'agit là en général d'installations fixes qui peuvent durer aussi longtemps que les puits qu'elles desservent; le filtre est logé dans un endroit

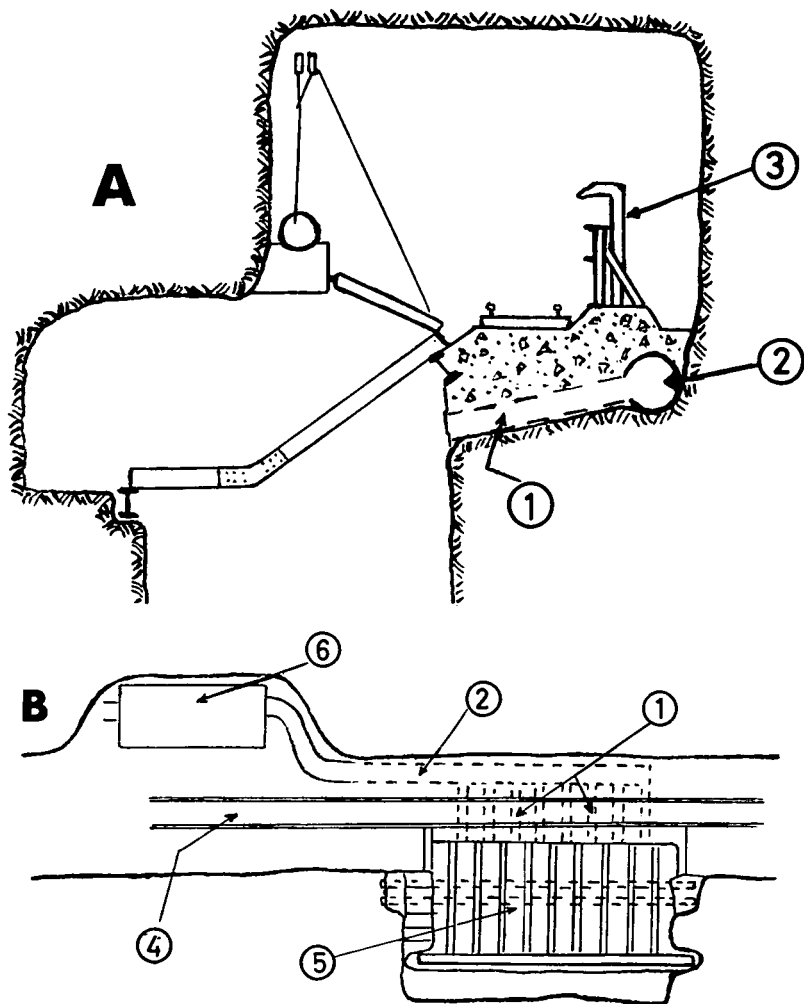


FIG. 26. — Ventilation d'une station de culbutage et de sa grille.

A: Coupe; B: plan.

1: Canars auxiliaires; 2: canar principal; 3: culbuteur; 4: voie ferrée; 5: grille; 6: filtre et ventilateur.

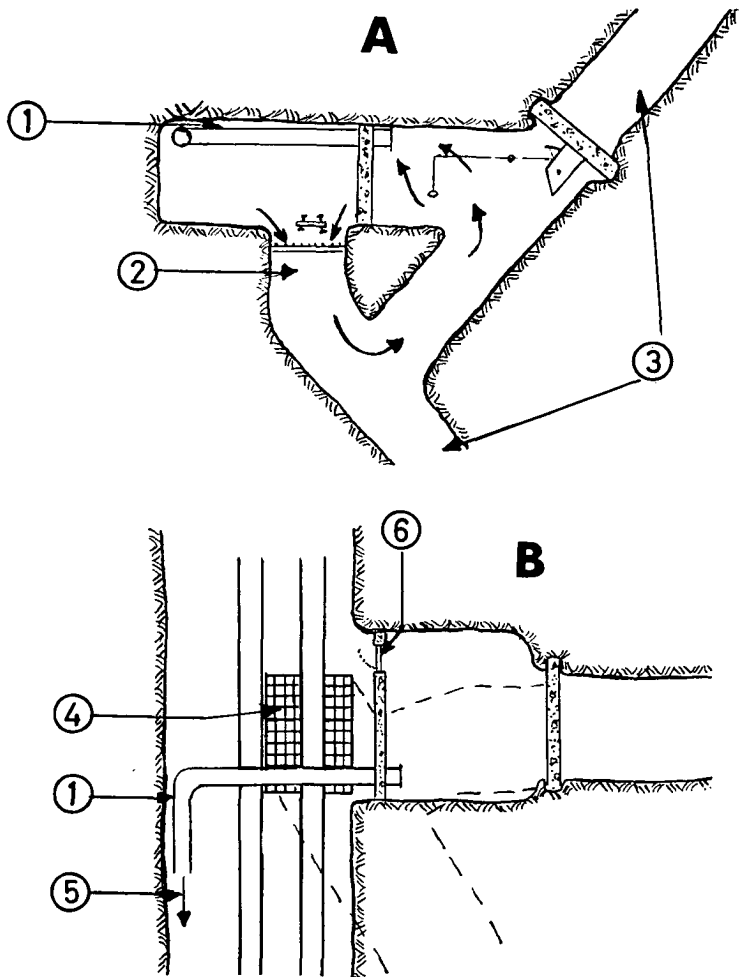


FIG. 27. — Dépoussiéage de l'air aux stations de culbutage.

A: Coupe; B: plan.

1: Canar d'aéragé; 2: courant d'air descendant; 3: goulotte reliant les deux niveaux;
4: grille; 5: aspiration des poussières vers le filtre; 6: porte à fermeture automatique.

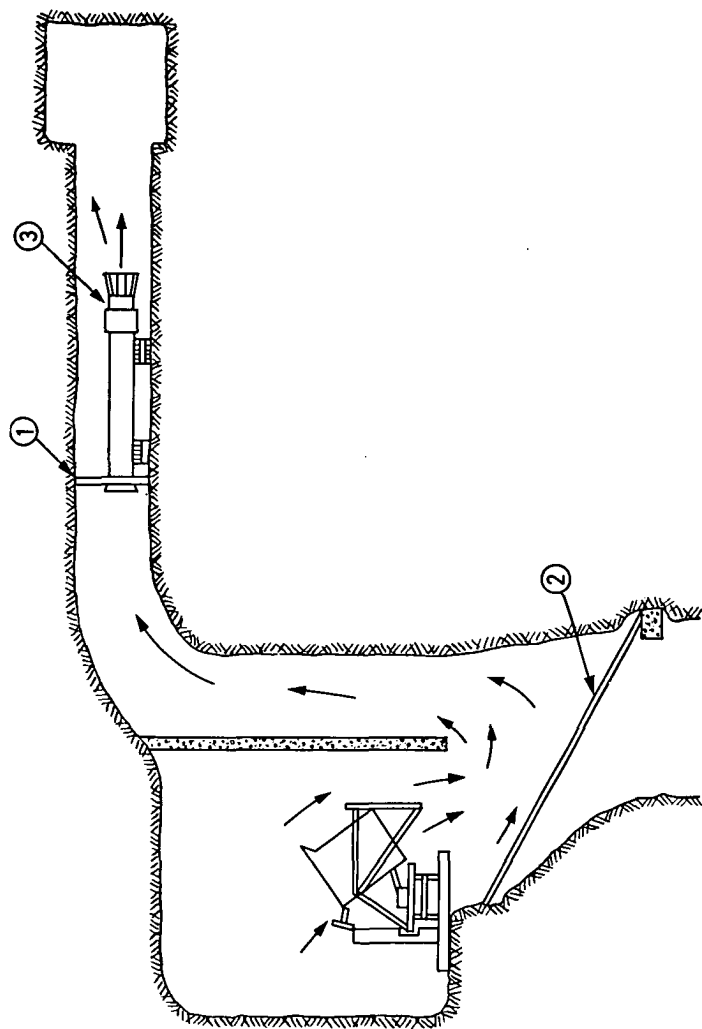


Fig. 28. — Coupe d'une installation de culbutage dans une station de transbordement.

1: Cloison étanche; 2: grille; 3: ventilateur.

où il est possible de construire une chambre en brique ou en béton. Dans le cas des culbuteurs ou des goulottes de dimensions plus restreintes situés à proximité des zones d'exploitation, la durée d'utilisation prévue est d'ordinaire plus brève; les dispositifs de captage et de filtration peuvent être de conception plus simple et, dans bien des cas, l'ensemble est démontable. On trouvera aux figures 26, 27 et 28 la représentation de quelques installations types.

FILTRATION DES POUSSIÈRES

L'une des principales exigences auxquelles doivent répondre les filtres situés au fond est de pouvoir rejeter l'air filtré dans le courant principal d'aérage sans qu'il en résulte de risque pour le personnel. Lorsqu'on dispose des installations voulues, il est parfois possible de se passer entièrement de filtre et d'évacuer l'air vicié, après captage, directement dans un puits de retour d'air ou dans une voie d'aérage ascendante donnant dans un tel puits. A condition que cet air empoussiéré ne risque pas d'incommoder le personnel travaillant en d'autres points de la mine, c'est là une méthode efficace et peu coûteuse de se débarrasser des poussières.

Un filtre à air utilisé au fond ne doit pas seulement retenir efficacement les poussières susceptibles d'être inhalées; il doit aussi pouvoir fonctionner avec un minimum de surveillance et d'entretien; si possible, il devrait être à nettoyage automatique; enfin, il doit être possible d'y recueillir les poussières accumulées, pour s'en débarrasser sans danger pour le personnel et sans risque de les disperser à nouveau dans l'atmosphère.

Il existe plusieurs types de capteurs de poussières utilisés dans les charbonnages et les mines métallifères, aussi bien au fond qu'au jour:

- a) les capteurs mécaniques;
- b) les filtres en textile;
- c) les précipitateurs électrostatiques.

CAPTEURS DE POUSSIÈRES MÉCANIQUES

Les capteurs de poussières mécaniques sont en général du type centrifuge ou à cyclone, et se subdivisent en capteurs secs et capteurs humides. Ils impriment à l'air un mouvement tourbillonnant qui l'accélère et a pour effet de chasser hors du flux principal les particules ainsi soumises à la force centrifuge, après quoi il ne reste plus qu'à les recueillir par gravité ou par un autre moyen. L'efficacité de ces capteurs étant surtout conditionnée par la vitesse de l'air, le diamètre du tourbillon, le poids spécifique des poussières et leur granulométrie, il est évident que leur action est sélective et que la proportion de particules éliminées sera plus forte dans le cas des plus grosses. Dans la pratique, rares sont les particules inférieures à 10 microns qui sont éliminées par les capteurs cyclones. Aussi, leur usage n'est-il guère recommandé au fond et se borne-t-on normalement à les employer au jour, où l'air chargé des poussières résiduelles peut être évacué au-dehors (fig. 29).

Certains capteurs mécaniques de type centrifuge comprennent un ventilateur d'aspiration incorporé; les poussières y sont précipitées par la force centrifuge au passage dans le ventilateur, puis recueillies au travers d'orifices ménagés dans le carter. Il existe des modèles perfectionnés dans lesquels l'eau est amenée d'une manière ou d'une autre pour mouiller les poussières, ce qui favorise leur précipitation (fig. 30). Leur action n'est malheureusement pas assez efficace dans le cas des particules de petites dimensions pour qu'on les emploie au fond. Aussi sont-ils surtout utilisés au jour; il en sera donc question plus loin.

Un autre modèle, le capteur thermique par voie humide, a, sur les particules fines, une action très efficace, qui consiste en principe à mouiller les poussières d'abord avec de l'eau chaude, puis avec de l'eau froide pulvérisée. Il s'ensuit une condensation de l'eau en gouttelettes qui se forment autour des particules fines, lesquelles se trouvent ainsi entraînées. Montés sur certains types de broyeurs, ces capteurs ont donné de bons résultats, mais les informations détaillées sur leur rendement font encore défaut.

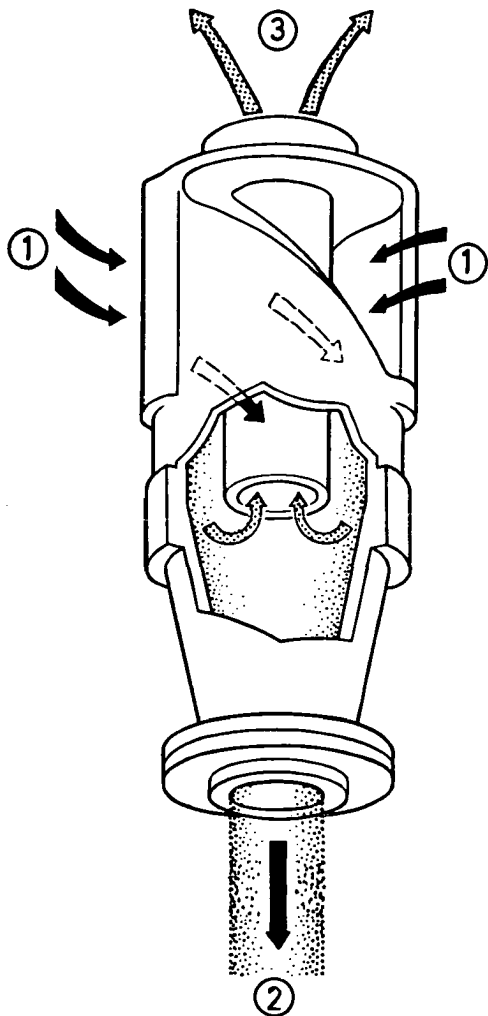


FIG. 29. — Capteur de poussières centrifuge sec.

1: Air empoussiéré; 2: grosses particules tombant dans un récipient spécial; 3: particules fines aspirées vers le filtre.

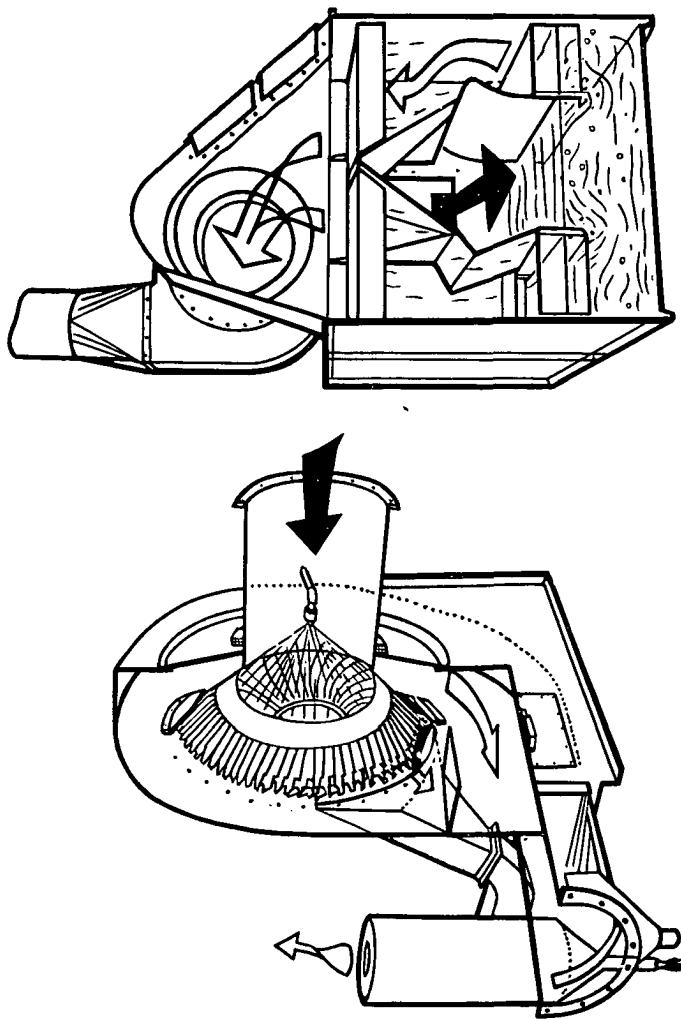


Fig. 30. — Capteurs centrifuges humides.

FILTRES EN TEXTILE

Au fond de la mine, ce sont les filtres en textile qui sont les plus efficaces. Leur élément filtrant est constitué par des sacs, des manchons ou des écrans de laine, de coton ou de fibres synthétiques; on a également expérimenté à cet effet la fibre de coco, le jute et des mélanges de fibres. Le filtrage est dû au fait que les poussières, arrêtées au passage dans les mailles ténues des fibres, s'y accumulent et deviennent alors leur propre agent filtrant; ainsi s'explique la facilité avec laquelle on peut nettoyer le tissu rien qu'en le secouant. Ce n'est donc pas le tissu lui-même qui fait vraiment office de filtre, la finesse des mailles n'ayant que peu de rapport avec la capacité de rétention; en fait, dans certains filtres de ce type, l'air s'écoule à la surface sans traverser l'étoffe.

Les manchons

Jusqu'ici, les sacs¹ ou manchons en flanelle de bonne qualité ont donné les résultats le plus uniformément satisfaisants.

Ils peuvent être de grand diamètre et disposés isolément ou par paires, ou bien de faible diamètre et groupés en batteries multiples. Les plus grands peuvent être suspendus ou maintenus en position horizontale (fig. 31) ou verticale; les plus petits sont d'ordinaire disposés verticalement et se prêtent à l'utilisation de dispositifs d'autonettoyage, qui seront décrits ci-après.

Un modèle a été spécialement conçu pour être utilisé au fond; il est formé de sacs ou de manchons de faible diamètre, d'une longueur maximale de 2,5 m et disposés en rangées; sa capacité va de 140 à 700 m³/mn, voire davantage. Fermés à leur extrémité supérieure, les manchons sont suspendus à un cadre mobile auquel on peut imprimer un mouvement oscillant, soit à la main, soit par des moyens mécaniques, afin de faire passer les poussières recueillies à la partie ouverte des sacs dans une trémie qui forme la base de l'appareil et dans la face latérale de laquelle se trouve

¹ Pour plus de détails sur les sacs, voir ci-après, p. 98.

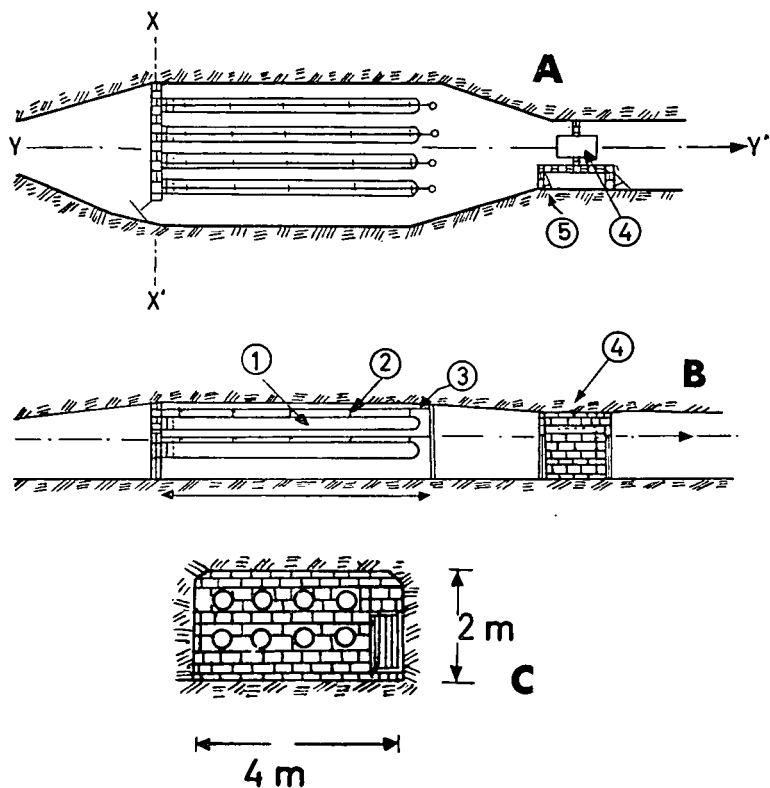


FIG. 31. — Installation de filtration horizontale à manchons de flanelle.

A: Plan; B: coupe longitudinale en Y-Y'; C: coupe transversale en X-X'.

1: Manchons de flanelle (longueur 610 cm; diamètre 56 cm); 2 et 3: crochets de suspension des manchons; 4: ventilateur; 5: portes du sas.

l'entrée d'air. Au besoin, l'installation peut fonctionner automatiquement, ce qui permet un nettoyage à la fréquence voulue. Les poussières accumulées dans la trémie peuvent être évacuées à la main, à grande eau ou au moyen d'une vis d'Archimède (fig. 32).

Mentionnons, parmi les autres systèmes de nettoyage, les jets d'air comprimé agissant à l'extérieur des manchons, combinés à un battage mécanique. Ces jets peuvent être installés à demeure et nettoyer les manchons en permanence pendant leur fonctionnement.

Il est également possible de nettoyer les manchons en service, au moyen d'air comprimé arrivant par des colliers entourant les manchons et pourvus de fentes à la face intérieure, qui se déplacent continuellement, de haut en bas et de bas en haut (fig. 33). Les poussières collées à la face intérieure du filtre tombent et sont entraînées par une vis d'Archimède. Ce système permet d'utiliser la quasi-totalité de la surface filtrante pendant le fonctionnement. Cependant, des observations récentes ont montré que les filtres sont alors exposés à une usure considérable, de sorte qu'ils ne durent guère qu'un an ou deux au maximum, tandis qu'avec d'autres modèles de filtres à manchons, la durée d'utilisation est notablement plus longue. (C'est d'ailleurs avec les filtres plats que les tissus résistent le plus longtemps, car ils n'y sont soumis à aucune contrainte mécanique.)

Quel que soit le type de filtre choisi, il importe au plus haut point, dans toutes les installations du fond, de s'assurer qu'aucune poussière n'est libérée dans le circuit d'aéragé au cours des opérations de nettoyage.

Dans de nombreux bassins miniers, il est d'usage d'acheter des filtres tout faits, vendus dans le commerce par des entreprises qui peuvent fournir les modèles convenant le mieux aux usages voulus, donner des avis techniques ou aider au choix et à l'installation du matériel. Cependant, dans bien des cas, l'entreprise minière devra s'en remettre à son propre personnel et à ses propres ateliers pour étudier et monter les installations; dans de tels cas, il convient de considérer attentivement les points suivants.

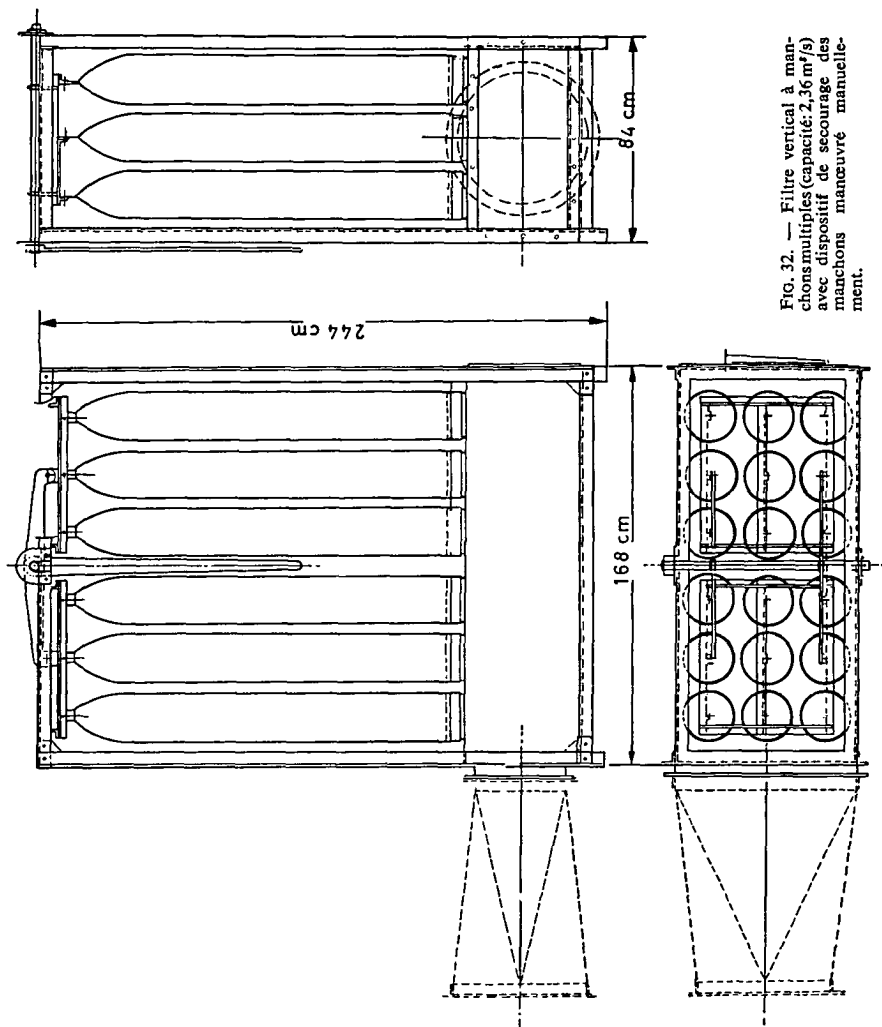


FIG. 32. — Filtre vertical à manchons multiples (capacité: $2,36 \text{ m}^3/\text{s}$) avec dispositif de secourage des manchons manœuvré manuellement.

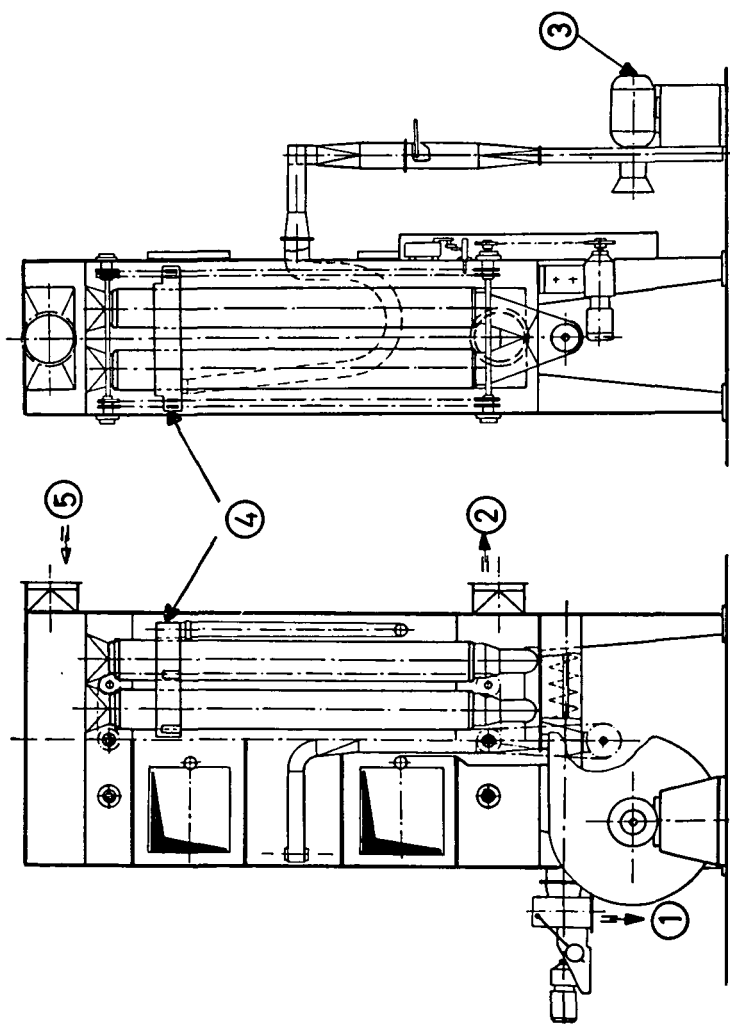


FIG. 33. — Filtre vertical à manchons multiples avec dispositif de nettoyage à air comprimé.

1 : Orifice de sortie des poussières recueillies; 2 : sortie de l'air filtré; 3 : ventilateur alimentant les bagues racleuses; 4 : bagues racleuses; 5 : admission de l'air empoussiéré.

Installation.

1. A son entrée, l'air doit être réparti uniformément entre les manchons (ou sacs) et il faut prendre soin que ceux-ci ne soient agités d'aucune vibration. Il est également recommandé, dans la mesure du possible, de ménager dans l'appareil, du côté où s'ouvrent les manchons, une chambre de détente, car non seulement la répartition de l'air s'en trouve améliorée, mais encore, en raison de la perte de vitesse qui en résulte, les particules les plus lourdes se déposent d'elles-mêmes, ce qui réduit la charge de poussières sur la toile; cette chambre de détente devrait être munie d'un orifice d'admission du type voulu pour limiter la perte de charge. Si l'entrée d'air se fait directement dans une boîte rectangulaire, cette perte de charge peut atteindre une fois et demie la pression dynamique dans les canars.

2. Les sacs devraient être soit suspendus au moyen de crochets et d'œilletons, soit reposer sur un filet, de telle sorte qu'ils ne risquent pas de s'user.

3. Il conviendrait d'éviter que de l'eau se condense ou s'égoutte à l'intérieur ou à l'extérieur des sacs; à cette fin, il est recommandé, d'ordinaire, de placer le ventilateur en amont du filtre; l'air est ainsi amené dans les sacs par pulsion et non par aspiration. De la sorte, l'échauffement et la légère augmentation de pression dus au passage dans le ventilateur ont tendance à sécher l'air avant qu'il n'atteigne le tissu du filtre.

4. Le choix d'un ventilateur devrait en grande partie dépendre des circonstances; cependant, le ventilateur devrait de préférence être du type centrifuge et devrait disposer d'une puissance suffisante pour surmonter la résistance du système, à laquelle les sacs en flanelle contribuent pour une proportion correspondante à environ 60 à 75 mm de colonne d'eau.

Entretien.

1. On peut se faire une idée du volume de poussières recueillies à la surface de l'étoffe du filtre en mesurant la différence de pression entre l'entrée du filtre et l'atmosphère ambiante; l'augmen-

tation de pression sera proportionnelle à l'accumulation des poussières. Une fois pleins, les sacs qui ne sont pas nettoyés automatiquement ou à la main en cours de fonctionnement devraient être transportés au jour dans des récipients étanches. Des concentrations types de poussières de 2 à 20 mg/m³ entraîneraient une augmentation de pression de 6 à 12 mm de colonne d'eau par poste de huit heures, et le but à atteindre est de maintenir la pression de service au-dessous de 50 mm de colonne d'eau. En cas de concentrations de poussières très élevées, il convient de réduire la vitesse de filtrage ou de raccourcir les intervalles entre les nettoyages, ou encore de modifier ces deux facteurs à la fois. Les concentrations exceptionnellement élevées exigent des installations de nettoyage automatiques des filtres ou le choix d'autres modèles de filtres.

2. Les manchons devraient faire l'objet d'un examen attentif après nettoyage, et réparés au besoin. Avec l'usage, la flanelle s'élimine, mais le rendement du filtre n'en souffre pas de façon appréciable.

3. Les manchons devraient pouvoir durer de deux à trois ans, bien que, lorsqu'ils sont utilisés en milieu chaud et humide, ils puissent être attaqués par des champignons qui en détériorent rapidement le tissu.

4. Les manchons devraient être démontés et nettoyés par un personnel portant des appareils respiratoires, et à des moments où aucune autre personne ne risque d'être incommodée par les dégagements de poussières éventuels. Ils devraient être nettoyés au jour et à l'air libre, à bonne distance des bâtiments, ou alors, de telle sorte que les poussières ne puissent nuire à qui que ce soit.

Traitement des tissus.

Pour conserver les tissus de flanelle, on les plonge soit dans une solution à 20 pour cent de naphthénate de cuivre concentrée à 1,5 pour cent de cuivre, soit dans un mélange de sulfate de cuivre et de cristaux de soude (carbonate de sodium Na₂CO₃) en solution dans la proportion de 2 kg de cristaux de soude pour 22 litres d'eau, mélangés à 4,5 kg de cristaux de sulfate de cuivre

dissous dans 130 litres d'eau. On améliore la pénétration en ajoutant une petite quantité d'un agent mouillant convenable.

Filtres à cadres

Les filtres plats sont formés de cadres horizontaux ou verticaux sur lesquels est tendu le tissu filtrant. Dans certains cas, ils peuvent présenter un avantage sur les autres types, en ce sens qu'ils sont moins encombrants; cependant, on ne peut leur adjoindre de dispositifs automatiques de nettoyage tels que ceux que nous avons décrits. De même, il est plus difficile de changer le tissu que dans le cas des manchons. Les filtres de ce type exigent la construction d'installations permanentes, d'ordinaire en brique ou en béton. L'une des principales difficultés est d'assurer l'étanchéité à l'air et aux poussières à la jonction du tissu et du cadre.

Filtres à sacs

Les sacs, généralement en flanelle, qui, comparativement aux manchons, ont un diamètre supérieur par rapport à leur longueur sont d'un usage très répandu. Employés isolément ou par paire, ils sont d'un montage facile et peuvent être utilisés dans des installations temporaires; on peut également les grouper en batteries pour épurer d'importants volumes d'air; ils sont alors souvent montés sur une plate-forme en ciment, de manière à rester, gonflés sous la pression de l'air; lorsque l'installation est à l'arrêt, ils s'affaissent dans leur cadre, en se retournant, ce qui fait que les poussières recueillies tombent dans un réceptacle disposé au-dessous.

Rendement des filtres en textile

Tous les filtres en textile ont des limites de rendement plus nettement définies que les filtres mécaniques. La taille limite des particules, selon le tissu filtrant, s'établit entre 0,5 micron, parfois même moins, et 2 microns, ce qui, étant donné la nature des poussières qui se dégagent dans les mines, correspond à un ren-

dement de filtrage supérieur à 99 pour cent. La résistance des filtres en tissu peut aller jusqu'à 60 et 100 mm de colonne d'eau. La capacité spécifique dépend de la nature du tissu et des poussières recueillies et peut aller jusqu'à 7,5 m³/mn par mètre carré de tissu.

Tissus utilisables

Les nombreuses recherches consacrées aux tissus filtrants ont permis de conclure que les poussières sont le mieux captées au moyen de flanelle de pure laine. Le coton, les fibres synthétiques et les autres tissus filtrants ont une efficacité de captage uniformément moindre que celle de la laine. La raison en est probablement que ces textiles (à l'exception du coton), en dépit des traitements appliqués pour les rendre plus rugueux, ne présentent pas, comme la laine, ces petites fibres sur lesquelles se forme sans cesse une couche filtrante supplémentaire constituée par les poussières déposées, facteur qui améliore grandement le rendement du filtre. L'attraction électrostatique semble être également un facteur important. L'examen au microscope de textiles filtrants chargés de poussières montre que celles-ci pénètrent plus profondément dans les tissus en fibres synthétiques que dans les tissus de pure laine.

L'expérience a également montré que les filtres en tissu de laine peuvent être utilisés lorsque l'humidité relative est élevée; même si celle-ci dépasse 90 pour cent, ils ne s'en trouvent pas obstrués par la formation d'une boue superficielle. La tendance à la condensation dans de telles conditions peut d'ailleurs être réduite si l'on dispose le ventilateur en amont du filtre.

Outre les textiles, on a utilisé, dans le fond, certaines autres matières telles que la sciure ou la laine de bois.

Les filtres en coton ou en fibres de cellulose et les filtres visqueux, très largement utilisés au jour dans les installations de conditionnement d'air, ne conviennent pas en utilisation au fond en raison de leur faible efficacité lorsqu'il s'agit de retenir les particules de petites dimensions.

FILTRES A SCIURE

Un filtre à sciure est généralement formé de deux couches superposées de sciure et de débris de bois de 3 à 12 mm de granulométrie, chacune d'une épaisseur d'environ 4 cm et reposant sur un tamis de matériau anticorrosion. L'air y passe de haut en bas. La vitesse optimale est d'environ 0,3 m/s. Les vitesses plus élevées tendent à creuser des passages étroits dans la sciure, notamment au bord des couches. La pression doit se situer entre 10 et 15 cm de colonne d'eau. Quand cette dernière pression est atteinte, la sciure doit être ratissée après arrosage. Le filtrage ne peut s'effectuer tant qu'il n'y a pas une certaine quantité de poussières arrêtées, si bien que le rendement maximal ne peut être atteint qu'après un certain temps de fonctionnement. Après la période de mise en fonctionnement initiale, on peut surmonter cette difficulté en ne changeant qu'une seule couche de sciure à la fois (fig. 34).

PRÉCIPITATEURS ÉLECTROSTATIQUES

Le principe des précipitateurs électrostatiques repose sur le phénomène de l'électrophorèse, c'est-à-dire la tendance que manifestent les fines particules en suspension dans un gaz et sous l'influence d'un champ électrique à se déplacer vers l'anode ou la cathode.

Ces appareils sont de deux types; le plus couramment employé dans l'industrie consiste essentiellement en une série de plaques ou de tubes parallèles, mis à la terre, sur lesquels passe l'air chargé de poussières. Les surfaces des éléments mis à la terre (électrodes collectrices) entourent les électrodes constituées par un fil porté à un potentiel élevé, négatif en général, de 25 à 100 kV ou davantage. Les particules de poussières se déposent sur les plaques mises à la terre.

Le type le plus couramment utilisé dans les mines est connu sous le nom de précipitateur à deux étages. L'air chargé de poussières y est en premier lieu dirigé à travers un élément ionisant formé d'une rangée de fils et de tubes verticaux, alternés et équi-

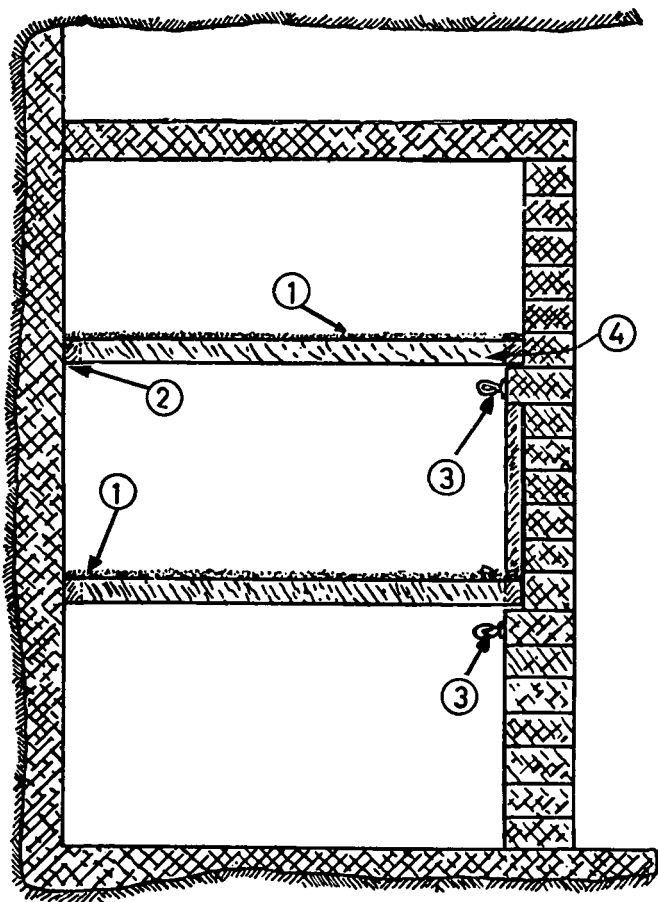


FIG. 34. — Coupe d'un filtre à sciure.

1: Bacs de sciure (épaisseur: 3,5-4 cm); 2: garnitures étanches dans les coins; 3: éclairage d'inspection; 4: cadre de bois soutenant le tamis à mailles fines.

distants, disposés en travers de l'orifice d'admission. Les fils sont portés à un potentiel positif de 13 kV environ, tandis que les tubes sont mis à la terre. Les poussières transportées par le courant d'air acquièrent une charge électrique en traversant le champ ainsi créé, et passent directement dans la cellule de captage formée de plaques proches les unes des autres, les plaques sous tension (6 kV) s'intercalant entre celles qui sont à la terre. Sous l'influence du champ électrostatique ainsi créé, les particules chargées se dirigent vers les plaques mises à la terre, sur lesquelles elles s'accumulent. C'est ce genre d'appareil qui donne les meilleurs résultats au fond. De plus, il consomme peu de courant et ne dégage pratiquement pas d'ozone (fig. 35).

Les poussières précipitées sont enlevées par lavages réguliers ou, dans certains cas, par raclage ou par secousses. Certains types sont équipés de dispositifs d'autonettoyage constitués par un cadre mobile qui plonge les plaques dans un bain.

Ces filtres présentent un grand avantage: comme ils sont ouverts, il suffit d'une faible dépense d'énergie pour y faire passer l'air. Ils ne se colmatent pas à l'usage et le débit volumétrique ne tend donc pas à baisser. Ils sont d'un nettoyage facile, consomment peu d'électricité et, sauf dans le cas des modèles à nettoyage automatique, ils ne comprennent aucune pièce mobile.

En revanche, leur utilisation ne convient pas dans les mines grisouteuses ou dans une atmosphère explosive, car des arcs électriques peuvent s'y produire, notamment dans des conditions d'humidité extrême. Si la résistance électrique des poussières recueillies est élevée, elles risquent de former une gaine autour des électrodes collectrices et d'entraîner localement un effet de couronne intense ainsi qu'une réduction du champ effectif due à l'accumulation sur les électrodes de particules de polarité opposée. En revanche, si ces poussières sont de conductance élevée, elles perdent rapidement leur charge électrique au contact de la plaque du collecteur, s'en détachent et rentrent en suspension.

Tant que la vitesse de l'air reste dans les limites préconisées, les précipitateurs électrostatiques arrêtent efficacement les particules les plus fines, jusqu'à 0,1 micron. L'expérience montre que,

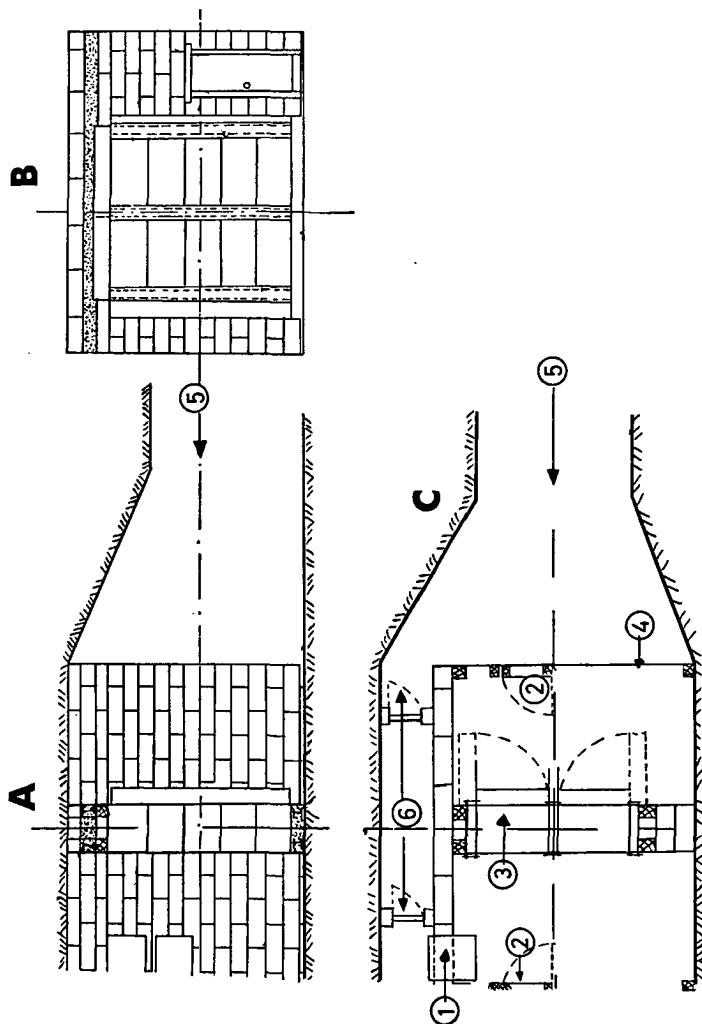
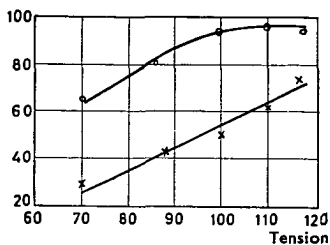


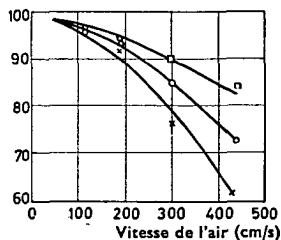
FIG. 35. — Précipitateur électrostatique au fond.

A: Coupe longitudinale; B: coupe transversale; C: plan.

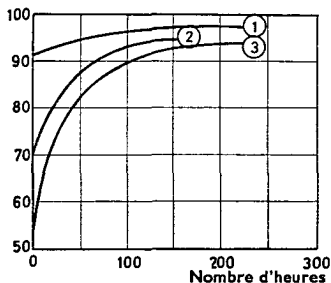
1: Source d'énergie; 2: portes de treillis à mailles fines à verrouillage de sécurité; 3: cellule de captage; 4: treillage de gros fil métallique supportant un tarmis à mailles fines; 5: sens du flux d'air; 6: sas.



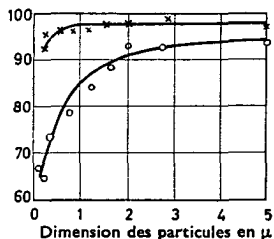
o: Vitesse 1,5 m/s.
x: Vitesse 4 m/s.



o: Particules de toutes dimensions.
x: Particules < 0,5 μm.
□: Particules > 0,5 μm.



Vitesse de l'air: 3 m/s.
Concentration (nombre de particules par cm³): 1: plus de 1 500; 2: 500-1 500, 3: moins de 500.



x: Après 200 h.
o: 30 h après nettoyage.

FIG. 36. — Courbes types de rendement du précipitateur électrostatique en fonction de la tension, de la vitesse de l'air, de la durée d'utilisation (pour trois niveaux de concentration des poussières) et des dimensions des particules.

En ordonnée, rendement de l'appareil en pourcentage.

montés et entretenus correctement, ces filtres fonctionnent uniformément avec un rendement dépassant 90 pour cent. Le graphique de la figure 36 indique le rendement de ces filtres selon la tension, la vitesse de l'air, la durée d'utilisation et les caractéristiques des poussières.

Ces appareils devraient être montés par des spécialistes qualifiés et selon les instructions du fabricant. Il convient d'en interdire l'approche aux personnes non autorisées, et d'installer un dispositif de sécurité les mettant automatiquement hors tension lorsque quelqu'un pénètre dans leur enceinte. Du point de vue de l'ingénieur spécialisé dans l'aéragé, il importe d'éviter toute turbulence à l'entrée de l'installation, et de faire en sorte que la vitesse soit uniforme sur toute la superficie du filtre. Il faut aussi prendre des précautions pour éviter les fuites d'air sur le pourtour de celui-ci.

ESSAIS DES FILTRES

Si l'on veut déterminer le rendement d'une installation d'épuration de l'air, surtout si elle est destinée à être utilisée au fond, il faut tenir compte de plusieurs facteurs. En passant commande, il faut toujours se rappeler que son véritable objet est de supprimer les poussières pneumoconio-gènes. Les garanties de fonctionnement (par exemple, des appareils de captation des poussières sur des installations de concassage des roches au fond) ne devraient en aucun cas être considérées uniquement en fonction du rendement gravimétrique. Cette considération vaut en général pour toutes les installations d'épuration de l'air du fond. Les mesures portant uniquement sur le rendement gravimétrique feront souvent apparaître un rendement de captage de 99 pour cent, voire davantage, et négligent entièrement les poussières qui risquent d'être inhalées, dont la grosseur n'atteint pas 5 microns, car le poids de ces particules très fines ne représente qu'une fraction négligeable du poids total des poussières. Aussi les garanties doivent-elles s'étendre aux particules fines qui constituent les poussières résiduelles, compte tenu également de la mesure dans laquelle elles tendent à déterminer des silicoses du

fait de leur composition minéralogique. Les appareils de captage des poussières utilisés au fond doivent supprimer effectivement les poussières nocives, de sorte que leur protection s'étende à la fois aux personnes travaillant à proximité et à celles qui sont occupées en aval des appareils d'extraction.

Le pouvoir d'arrêt d'un filtre s'exprime d'ordinaire en pourcentage et est plus généralement appelé rendement. Il s'exprime par l'équation :

$$R = \left(1 - \frac{P_i}{P_o} \right) \times 100$$

où R = rendement;

P_i = concentration de poussières à la sortie du filtre;

P_o = concentration de poussières à l'entrée du filtre.

Pour calculer le rendement, il faut l'exprimer en fonction des particules susceptibles de pénétrer dans les voies respiratoires, c'est-à-dire de celles dont la taille est inférieure à 10 microns. Dans le cas des poussières de quartz, la concentration maximale à la sortie du filtre ne devrait pas dépasser 200 particules par centimètre cube, bien que pour les poussières les moins nocives cette concentration puisse être légèrement dépassée.

Le calcul du rendement des appareils de captage des poussières exige une grande expérience et devrait être confié à des spécialistes qualifiés. Un des instruments d'échantillonnage des poussières qui conviennent le mieux à cette fin est le précipitateur thermique, en raison de son exactitude et des données qu'il peut fournir sur la répartition granulométrique des poussières.

ENTRETIEN

Même le captage le plus efficace des poussières en suspension dans l'air aux points de dégagement et l'installation d'un matériel coûteux ne peuvent pas toujours empêcher que l'air sortant de l'installation de filtrage contienne des quantités importantes de

poussières. Si le montage a été effectué de façon satisfaisante, le fait ne peut être attribué qu'à un entretien et à un contrôle défectueux. Jusqu'ici, il n'existe aucun dispositif de captage des poussières au fond qui puisse fonctionner efficacement pendant de longues périodes sans être entretenu convenablement.

Les défauts à chercher sont notamment : les dégâts aux éléments filtrants (textiles ou autres matières) ou aux cadres de soutien des filtres, qui provoquent des fuites d'air vicié ; le colmatage du filtre dû à l'accumulation excessive de poussières ou à un nettoyage insuffisant ; l'obstruction de l'entrée d'air ou les dégâts subis par les canars, qui réduisent la puissance d'aspiration aux sources d'empoussièrement ; l'excès d'humidité, qui endommage le textile ou compromet le fonctionnement des filtres électrostatiques ; enfin, un fonctionnement défectueux du ventilateur. Il faut toujours s'en tenir strictement aux instructions du fabricant. Des prises devraient être aménagées en des points judicieusement choisis des appareils et des canalisations pour permettre les mesures de pression, qui renseignent instantanément sur l'état de l'élément filtrant, sur l'existence éventuelle de fuites et sur le fonctionnement du ventilateur.

Une personne qualifiée devrait être chargée de surveiller le montage des filtres et, par la suite, d'en assurer le bon fonctionnement ainsi que le nettoyage, et au besoin de veiller au remplacement des éléments filtrants. Le préposé à cette tâche finira par connaître les installations dans leurs moindres détails et sera en mesure d'effectuer sans délai de petites réparations. Il devrait être chargé en outre de la révision courante du matériel mécanique (notamment du graissage), des hottes d'aspiration, des conduits et autres éléments analogues de l'installation.

CHAPITRE VI

CONTRÔLE DU TOIT ET SOUTÈNEMENT

Le contrôle du toit entre pour beaucoup dans le succès des mesures de lutte contre les poussières. On sait que le toit tend toujours à s'abaisser dans le vide créé dans l'arrière-taille. Le soutènement a pour effet de provoquer en avant du front un mouvement du « toit » dirigé de haut en bas. La couche encore en place peut être, en conséquence, soumise à une forte compression qui, dans le cas du charbon en particulier, entraîne une fissuration. Il s'ensuit, lors des opérations d'abatage subséquentes, une production de poussières très abondante.

Dans l'exploitation en longue taille, le soutènement permanent des zones déhouillées (par opposition au soutènement systématique de la taille et des voies) est généralement assuré par remblayage. Différentes méthodes de remblayage sont utilisées; la plupart sont de nature à entraîner la formation de poussières, de sorte que des dispositions doivent être prises pour maintenir celles-ci dans les limites qu'exige la sécurité. Un premier principe fondamental veut que les matériaux de remblayage, quels qu'ils soient, qui doivent être transportés ou manipulés d'une manière ou d'une autre, soient suffisamment mouillés, de façon que les poussières ne puissent passer en suspension dans l'air. Partout où il est fait usage de moyens mécaniques de remblayage, il y a lieu en outre d'observer une autre précaution fondamentale, qui consiste à détourner le courant d'aéragé principal du point de remblayage.

LUTTE CONTRE LES POUSSIÈRES AU COURS DU REMBLAYAGE

Sauf dans des cas particuliers, le remblayage à la main a fait place dans une large mesure, dans les mines de charbon, au

remblayage mécanique, hydraulique ou pneumatique. Les mesures de lutte contre les poussières doivent être adaptées à la méthode de remblayage utilisée et à la nature des remblais: ainsi, lorsque les remblais proviennent de recoupages des épontes, elles dépendront de la quantité d'eau qui aura été appliquée au cours du recoupage. Pour les mines de charbon, les méthodes de remblayage suivantes peuvent être envisagées:

- a) en plateure, remblayage complet à la main;
- b) en dressant, déversement des remblais;
- c) en dressant et en semi-dressant, remblayage par tuyauterie;
- d) remblayage centrifuge;
- e) remblayage par fausses voies;
- f) remblayage hydraulique;
- g) remblayage pneumatique.

Remblayage complet à la main

En plateure et en couche faiblement inclinée, le remblayage complet à la main était naguère la méthode de remblayage la plus répandue dans les mines de charbon. Au cours des dernières années, il a été remplacé de plus en plus par le remblayage pneumatique et le foudroyage. Les poussières se dégagent au cours de différentes opérations:

- a) pendant le culbutage, aux points de culbutage fixes;
- b) pendant le transport des remblais;
- c) pendant le pelletage, au cours du remblayage proprement dit.

Déjà lorsqu'on ne mouillait pas les remblais, de très fortes concentrations de poussières se formaient au cours de ces opérations. Même avec un arrosage copieux, des poussières risquent de se dégager pendant le culbutage, surtout si la surface du chargement des berlines a séché. Etant donné qu'une opération de remblayage exige jusqu'à 250 ou 300 berlines de remblais, le problème est vite grave. Aussi tous les points de culbutage devraient-ils être pourvus d'une installation de pulvérisation qui permette d'arroser les berlines avant le culbutage.

Les points de culbutage fixes où il se forme beaucoup de poussières devraient être mis en enceinte et pourvus d'une installation d'aspiration et de captage des poussières.

S'il est fait usage de couloirs oscillants, les poussières devraient être précipitées au moyen de pulvérisateurs à faible débit (2 à 3 l/mn environ), répartis sur toute la longueur du convoyeur. Les difficultés dues à l'adhérence des remblais au convoyeur sont d'autant moins à craindre, on le relèvera en passant, que ceux-ci sont plus mouillés. Au cours du pelletage, la respiration des ouvriers occupés à mettre le matériau en place est particulièrement profonde, en raison de l'effort que demande le travail, de sorte que les poussières, même en petite quantité, présentent un danger accru. On devrait veiller, en conséquence, non seulement à ce que les remblais soient bien mouillés avant le pelletage, mais aussi à ce que l'aéragé soit suffisant dans toute la zone où les mineurs peuvent être appelés à travailler.

Déversement

Le déversement des remblais dans les zones déhouillées, en dressant, produit de très grandes quantités de poussières, à moins que les remblais n'aient été mouillés abondamment avec le plus grand soin. Sauf nécessité absolue, les travailleurs devraient se tenir à distance lors du culbutage de terres non concassées, car même l'humidification la plus abondante ne permet pas d'éviter qu'il ne se forme de grandes quantités de poussières. Le déversement provoque un empoussiéragé moindre lorsque les roches sont concassées (auquel cas le remblayage est aussi plus compact).

De façon générale, les mesures de lutte contre les poussières aux points de culbutage sont les mêmes dans le cas considéré ici que dans le remblayage à la main; pour les détails, toutefois, elles dépendent du modèle de culbuteur utilisé (culbuteur élévateur, rotatif, latéral, etc.). Aux points où des berlines à déchargement latéral, des convoyeurs ou des couloirs oscillants sont installés, le débit d'eau peut être porté à 5 l/mn par pulvérisateur.

Remblayage par conduite

C'est lorsque la couche a un pendage de 40 à 55 degrés que les conditions sont le plus favorables pour le remblayage par coulée en conduite. Les remblais sont mis en place au moyen d'une conduite fermée de 20 à 30 cm de diamètre. Selon la longueur de la tuyauterie, ils en sortent à une vitesse qui peut atteindre 40 m/s : la formation de poussières à la sortie de la conduite dépend de cette vitesse.

Avec cette méthode de remblayage, les sources d'empoussiérage peuvent se trouver :

a) au sommet de la taille, à l'endroit où les berlines sont déchargées dans la trémie d'alimentation de la conduite de remblayage ;

b) si les remblais sont tout d'abord culbutés et transportés à la conduite de remblayage : au point de culbutage et aux points de chargement, de transbordement et de déversement du convoyeur, au point d'alimentation de la conduite de remblayage ;

c) à la sortie de la conduite de remblayage ;

d) au point de chute des remblais (là encore, la concentration de poussières ne peut être réduite que si le matériau de remblayage est bien mouillé).

Aux points de chargement, de transbordement et de déversement du convoyeur, des pulvérisateurs d'un débit de 3 à 5 l/mn devraient être installés. On veillera à ce qu'ils arrosent bien les remblais sur toute la largeur du convoyeur.

A la sortie de la conduite de remblayage, la formation de poussières devrait être réduite par la disposition même de la conduite, qui devrait être installée de façon à laisser une hauteur de chute libre des remblais aussi faible que possible.

Il est bon d'arroser la zone de remblayage sans interruption, de façon que les poussières déposées ne soient pas soulevées au point de chute des remblais.

Il y a intérêt également à isoler la zone de remblayage du reste de la zone déhouillée au moyen d'une cloison de toile à texture serrée. La cloison devrait s'étendre sur 30 à 40 m en amont de la sortie de la conduite de remblayage. On reviendra de façon

plus détaillée sur ce dispositif dans la section consacrée au remblayage pneumatique, où il est utilisé également.

Les mesures décrites ci-dessus permettent de réduire fortement la formation de poussières. Elles ne sont pas toujours suffisantes, cependant, pour maintenir l'empoussiérage au-dessous du seuil dangereux. Aussi des contrôles serrés devraient-ils être effectués par prélèvements à intervalles réguliers.

Remblayage centrifuge

Pour que le remblayage centrifuge soit possible, il faut que la couche ait une épaisseur de 1,5 m au moins, en raison de la hauteur de la remblayeuse. Bien que ne produisant pas de fortes concentrations de poussières, cette méthode de remblayage n'est pas très répandue. Indépendamment des restrictions d'application, la raison en est sans doute qu'avec certains modèles de remblayeuses, l'abatage et le remblayage ne peuvent s'effectuer simultanément. Quand les conditions d'exploitation le permettent, toutefois, on devrait s'efforcer de recourir à cette méthode.

Lorsque le matériau chargé dans la remblayeuse est sec ou mal mouillé, il risque de se former d'assez fortes concentrations de poussières. La façon la plus efficace d'y remédier consiste à humidifier les remblais dans la masse par pulvérisation, cela sans aller jusqu'à entraver le fonctionnement de la remblayeuse ni le tassement des remblais, mais de manière qu'une proportion aussi grande que possible des poussières fines soient agglomérées au moment où les remblais sont éjectés hors de la machine. Il importe également, cela va sans dire, de détourner le courant d'aéragé du point de remblayage.

Remblayage par fausses voies

Dans le remblayage par fausses voies, les remblais proviennent de coupages d'épentes effectués par foration et tir. Si cette méthode n'est plus en faveur dans les mines de charbon, il arrive souvent dans les mines métalliques que l'on se procure des remblais par foration au toit ou au mur lorsque le remblayage systématique s'impose.

C'est principalement au cours de la foration et du tir qu'il se forme des poussières. Les précautions à observer au cours de ces deux opérations sont indiquées aux chapitres VII et VIII. La production de poussières pendant le pelletage et la mise en place du matériau abattu à l'explosif peut être réduite au moyen d'eau, par pulvérisation de préférence. Le travail présente souvent un danger accru du fait que l'aérage, dans la zone de remblayage, est médiocre, de sorte qu'il est particulièrement difficile d'évacuer les poussières ou d'en abaisser la concentration.

Remblayage hydraulique

Dans le remblayage hydraulique, les remblais sont transportés par tuyauterie, mélangés à un volume généralement égal d'eau, jusqu'à la zone de remblayage. Le mélange de terre et d'eau se fait d'ordinaire en surface.

Du point de vue de la lutte contre les poussières, cette méthode est la meilleure de toutes les méthodes de remblayage, car elle ne risque pas de dégager des poussières. Le remblayage hydraulique n'est pratiqué toutefois que dans les bassins charbonniers à couches épaisses. Son application se trouve restreinte non seulement parce que l'utilisation des grandes quantités d'eau qu'elle exige présente, du point de vue de l'exploitation et de la sécurité, certains inconvénients, mais aussi parce que d'autres méthodes offrent des avantages techniques et économiques qu'elle n'offre pas. Lorsque les conditions sont favorables, le remblayage hydraulique n'en est pas moins vivement recommandé, en raison de l'intérêt qu'il présente, encore une fois, du point de vue de la lutte contre les poussières.

Remblayage pneumatique

Le remblayage pneumatique, une des méthodes les plus en vogue, consiste à projeter les terres au moyen d'un jet d'air comprimé. Il permet d'amener les remblais au point de remblayage sans entraver les opérations effectuées en taille (abatage, roulage, déplacement du matériel), de sorte qu'il s'impose de plus en plus pour les tailles mécanisées. En outre, comme les remblais

peuvent être tassés de façon compacte jusqu'au toit, ils supportent très vite la pression des terrains: les mouvements de ceux-ci s'en trouvent réduits et, partant, la formation de poussières qui en résulte. Malgré les grandes variations constatées dans les concentrations de poussières mesurées par prélèvement selon les chantiers, on peut admettre de façon générale que les conditions d'empoussiérement sont plus mauvaises dans les tailles où le remblayage est effectué pneumatiquement que dans celles où d'autres méthodes sont utilisées. C'est dire que les mesures de lutte contre les poussières devraient être étudiées avec un soin particulier.

Le danger que présente le remblayage pneumatique du point de vue des poussières est encore imparfaitement connu. De nombreux modèles de remblayeuses pneumatiques, en effet, ont été mis en service à une date relativement récente. Il semble en outre que le mécanisme de la suppression des poussières par voie humide soit plus complexe, en l'occurrence, qu'on ne l'avait admis pour d'autres opérations qui provoquent aussi la formation de poussières. La nature des remblais et la quantité d'eau utilisée, à ce qu'il apparaît, jouent un grand rôle. Il faut accorder encore une attention particulière à l'installation de remblayage — il en existe de différentes sortes — et aux conditions dans lesquelles l'installation fonctionne.

C'est principalement :

- a) pendant le transport des remblais jusqu'à la remblayeuse;
- b) à la remblayeuse même;
- c) à la sortie de la canalisation de remblayage;
- d) dans la zone battue par le souffle d'air qui sort de la canalisation de remblayage, qu'il se forme des poussières.

Matériaux de remblayage.

Comme matériaux de remblayage, on utilise d'ordinaire, pour le remblayage pneumatique, les roches provenant de creusements ou de travaux préparatoires au rocher; des résidus de concassage, de lavage ou de triage; des reprises au terril. Il arrive encore que

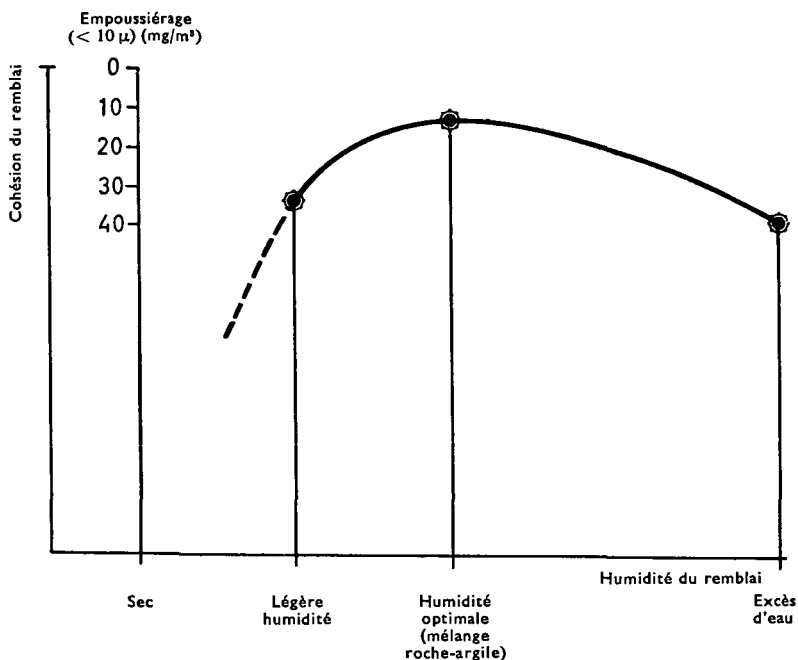


FIG. 37. — Remblayage pneumatique: courbe de variation de l'empoussiéragé en fonction de la teneur en eau et de la cohésion du remblai.

l'on emploie des cendres de chaudière et du laitier de haut fourneau granulé (ces derniers matériaux devraient toujours être mélangés avec un autre remblai, car ils provoquent une forte abrasion de la remblayeuse et de la canalisation de remblayage). Certes, il peut arriver que les remblais soient choisis pour les propriétés qu'ils présentent en tant que tels, mais on utilise d'ordinaire les matériaux que l'on a sous la main. Du point de vue du risque coniotique, toutefois, la composition minéralogique du matériau revêt une grande importance. C'est ainsi que l'on ne devrait utiliser

qu'avec les plus grandes précautions des terres qui contiennent du quartz. A ce propos, il faut relever que, d'après les observations faites, les nuages de poussières formés au cours du remblayage pneumatique contiennent une proportion plus forte de particules de 1 à 5 microns que les concentrations produites au cours de la plupart des autres opérations.

La question de la teneur en eau des remblais revêt une extrême importance. On a constaté, en effet, qu'il y a une limite au volume d'eau nécessaire pour agglomérer les poussières, volume qui varie selon la nature des remblais, en fonction de la granulométrie et de la porosité de ceux-ci principalement. Dans certains cas, il peut être nécessaire, pour cette raison même, de mélanger des remblais préalablement humidifiés avec des remblais secs. Selon des informations récentes, on obtient les résultats les meilleurs, du point de vue de l'empoussiérement, en utilisant un matériau de remblayage contenant de 4 à 8 pour cent d'humidité.

En plus de la teneur en eau des remblais, le pouvoir d'agglomération des particules joue un rôle important. Si le matériau de remblayage a une grande cohésion, la quantité de poussières passant en suspension dans la zone battue par le souffle d'air sortant de la canalisation de remblayage est en général faible; dans le cas contraire, la concentration des poussières est vite forte. Aussi devrait-on s'efforcer d'utiliser un matériau de remblayage qui contienne une assez forte proportion de fines particules d'argile et qui soit d'une granulométrie constante.

Le graphique de la figure 37 illustre la relation qui existe entre la production de poussières au cours du remblayage pneumatique, la teneur en eau et la cohésion du matériau de remblayage.

Suppression des poussières.

Après le choix du matériau de remblayage, ce sont les différentes façons dont les poussières peuvent se former au cours du remblayage pneumatique et les moyens par lesquels ces poussières peuvent être combattues ou supprimées qui devraient retenir l'attention.

A cet égard, il convient de veiller tout particulièrement à l'entretien des remblayeuses, et surtout, dans le cas des machines pneumatiques, à la prévention des fuites, qui donnent lieu à un empoussiérage anormal.

Transport des remblais.

Pendant le transport des remblais jusqu'à la remblayeuse, il peut se former des poussières si le matériau n'a pas été copieusement mouillé. Il est particulièrement important d'humidifier abondamment les remblais lorsqu'il s'agit de roches concassées. La durée du transport en berlines devrait être aussi brève que possible, de façon que le matériau ne sèche pas. Pour la même raison, les berlines ne devraient pas être arrêtées et stationner sur le parcours. Une installation de pulvérisation devrait être montée à toutes les stations de culbutage, afin que le matériau puisse être arrosé avant et pendant le culbutage au moyen de pulvérisateurs fins.

Les pulvérisateurs qui arrosent les berlines devraient former un rideau de brouillard d'eau sur toute la largeur des berlines. A une pression de 3 à 5 kg/cm², leur débit pourra atteindre de 15 à 20 l/mn. Ceux qui entrent en action pendant le culbutage devraient assurer également un arrosage efficace sur toute la largeur du jet, qui devrait être dirigé dans la direction du matériau déchargé. Deux ou trois pulvérisateurs, d'un débit de 5 l/mn chacun à la pression indiquée ci-dessus, devraient être suffisants pour répondre à ces exigences.

La plupart des culbuteurs utilisés pour le déchargement des remblais dans les opérations de remblayage pneumatique n'étant pas placés sous encoffrement, les mesures qui viennent d'être décrites revêtent une importance extrême. Si elles sont appliquées correctement, il ne devrait plus se former de poussières par la suite au cours du transport des remblais jusqu'à la remblayeuse.

Modèles de remblayeuses.

La quantité de poussières produite par la remblayeuse dépend du modèle utilisé. De ce point de vue, les résultats les meilleurs

sont obtenus au moyen des remblayeuses à chambres. Les machines à une chambre ont l'inconvénient de nécessiter, pour des raisons de fonctionnement, des interruptions du remblayage qui ont des conséquences fâcheuses en taille. (On reviendra plus loin sur cette question.)

Les machines à deux ou trois chambres sont supérieures à cet égard. Les remblayeuses à chambres ne provoquent pas de formation de poussières, car elles sont construites de façon telle que le courant d'air rencontre le matériau de remblayage alors que celui-ci est enfermé dans la machine. Toutefois, étant donné leur hauteur, ces machines sont moins fréquemment utilisées que les remblayeuses à cellules. Dans les machines de ce dernier type, il se forme des poussières dans la trémie d'alimentation et à la sortie de l'air, en très grande quantité lorsque le rotor ou le carter de la machine est usé. Cependant, en raison de leur faible hauteur et de la facilité avec laquelle elles peuvent être déplacées, ces machines sont beaucoup plus répandues que les remblayeuses à chambres. On devrait s'assurer que leur construction les rend étanches aux poussières et veiller à ce que les pièces usées soient remplacées ou réparées sans délai.

Si, avec les nouveaux modèles de remblayeuses, on peut s'attendre à une réduction de l'empoussiérage, la plupart des remblayeuses à cellules aujourd'hui en service doivent être pourvues d'une installation de captage des poussières, à moins qu'elles ne puissent être installées sur le retour d'air.

Les figures 38 et 39 représentent deux installations de captage des poussières pour remblayeuse.

Dans le premier cas, il s'agit d'une installation de captage à sec semblable à celles qui sont utilisées pour la foration. Les poussières sont aspirées dans la trémie de la remblayeuse, qui est partiellement encoffrée et d'où partent les canalisations d'aspiration de l'installation.

Dans le second cas, la trémie est encoffrée (à l'exception d'une ouverture qui permet au conducteur de la machine d'en surveiller l'alimentation). L'air chargé de poussières qui s'y trouve est aspiré par un tuyau d'aspiration à ventilateur incorporé, et envoyé

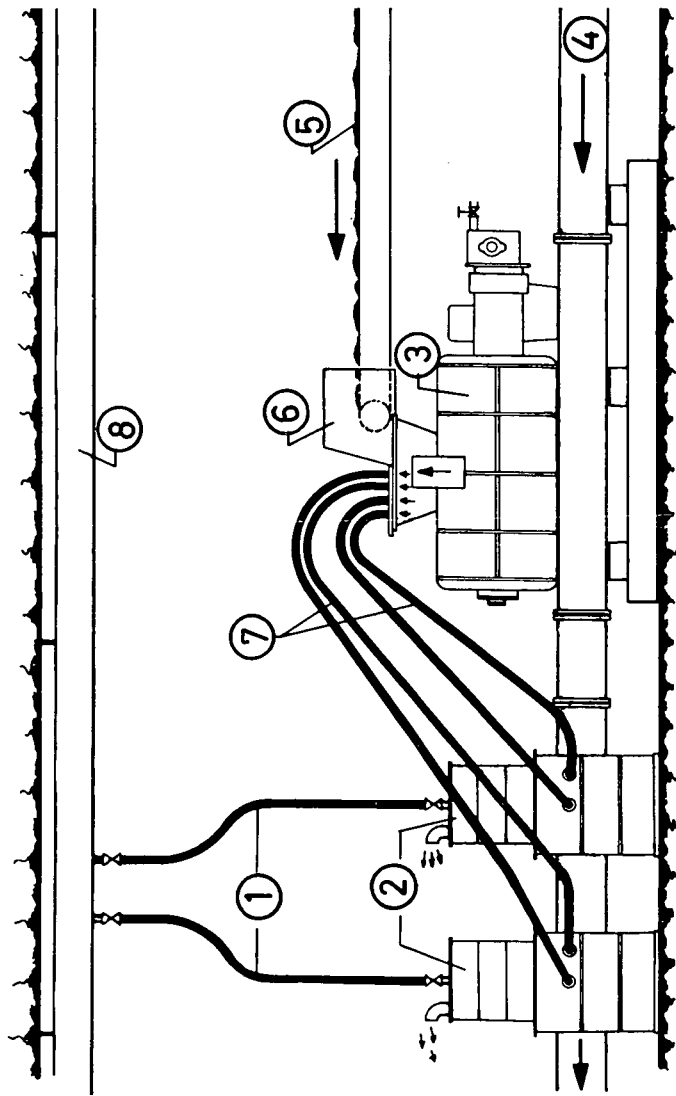


Fig. 38. — Remblayeuse pneumatique avec dispositif de captage des poussières par aspiration.

1: Tuyaux; 2: capteur sec; 3: remblayeuse; 4: canalisation de remblayage; 5: convoyeur à bande; 6: encoffrement de la trémie d'aspiration; 7: tuyau d'aspiration; 8: réseau d'air comprimé.

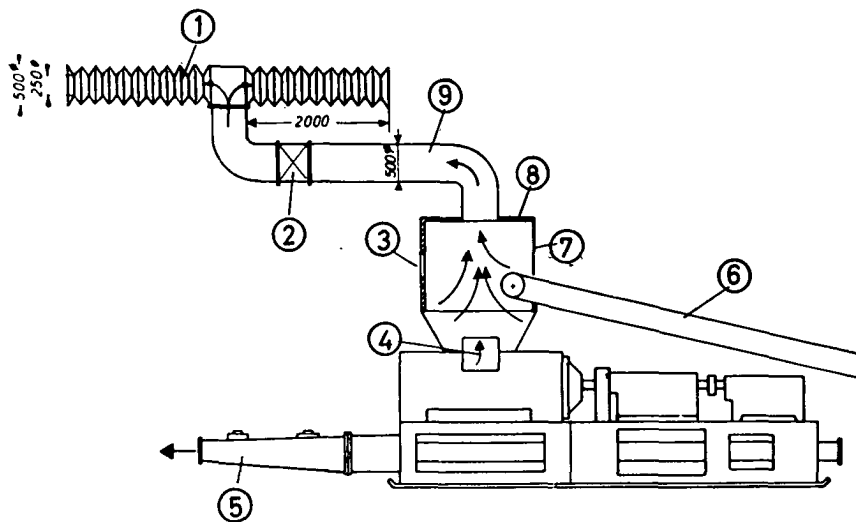


FIG. 39. — Captage des poussières dans une remblayeuse à cellules (dimensions en mm).

1: Filtre tubulaire en laine; 2: ventilateur; 3: regard pour le conducteur; 4: admission d'air dans la trémie; 5: tuyau de remblayage; 6: convoyeur à bande; 7: rideau de caoutchouc; 8: encoffrement de la trémie; 9: canar de plastique.

dans un sac où les poussières sont recueillies (le sac à poussières est changé tous les deux ou trois jours pour être nettoyé au jour, à l'aide d'un aspirateur de préférence).

Mise en place des remblais.

La formation de poussières à la sortie de la canalisation de remblayage peut dépendre dans une certaine mesure de la longueur et du diamètre de la canalisation, du nombre de coudes et de la pression ou du débit d'air.

Les recherches faites jusqu'ici quant à l'effet de la longueur et du diamètre de la canalisation sur la production de poussières n'autorisent aucune conclusion. En outre, les avis diffèrent encore quant à l'effet du diamètre de la canalisation et des variations

de la consommation d'air sur le rendement des remblayeuses pneumatiques.

On peut toutefois poser en règle générale que si le matériau de remblayage répond aux exigences définies plus haut, le diamètre et la longueur de la canalisation de remblayage n'ont pas grande importance. Les recherches faites à ce sujet montrent que, lorsque les remblais sont bien humidifiés, la concentration de poussières varie très peu, quelle que soit la longueur de la canalisation.

Le mode de chargement de la remblayeuse, au contraire, est un facteur important. Si les remblais passent dans la canalisation d'air comprimé à un débit uniforme, il ne se produit pas d'augmentation de la consommation d'air ni de la quantité de poussières déposées qui entre en suspension, comme c'est le cas après les interruptions de la circulation d'air. Au cours du remblayage, les longs arrêts devraient être évités, car les dépôts qui demeurent à l'intérieur de la canalisation y sèchent, ce qui risque d'entraîner une forte production de poussières lors de la reprise du remblayage. Lorsque la canalisation est horizontale ou qu'elle a une légère pente, on peut prévenir la formation de poussières, après un arrêt, en y faisant circuler de l'eau avant de recommencer le remblayage. En modifiant le rapport air comprimé-remblais, le conducteur de la remblayeuse peut déterminer dans une large mesure la quantité de poussières qui sera produite. Il doit veiller à maintenir la consommation d'air comprimé au niveau le plus bas possible. Aussi les remblayeuses ne devraient-elles être confiées qu'à des conducteurs qui aient la formation requise et qui soient dignes de confiance.

On peut essayer de réduire la production de poussières à la sortie de la canalisation de remblayage par un arrosage supplémentaire. Lorsque le matériau de remblayage est sablonneux et insuffisamment humidifié, toutefois, les résultats ne sont d'ordinaire que partiellement satisfaisants. La formation de poussières se trouve réduite dans une certaine mesure lorsque la distance entre la sortie de la canalisation de remblayage et la zone de remblayage proprement dite est faible.

Protection des alentours de la zone de remblayage.

Des mesures doivent encore être prises pour lutter contre la formation de poussières au point de chute des remblais et dans la zone battue par le souffle d'air. Le matériau de remblayage, projeté à grande vitesse hors de la canalisation, provoque en effet la formation de poussières par projection sur le mur ou le toit. L'air qui sort de la canalisation soulève également une certaine quantité de poussières. Les poussières ainsi mises en suspension sont chassées vers la zone du front de taille par le gros débit d'air de la canalisation. A moins que des mesures ne soient prises pour y remédier, elles risquent alors d'être entraînées le long de la taille par le courant d'aéragé, présentant un danger supplémentaire pour les travailleurs qui s'y trouvent. Pour éviter ce danger, on peut prendre les mesures suivantes :

1. Avant de commencer le remblayage, on arrosera copieusement la zone de remblayage au moyen d'un pulvérisateur à longue portée produisant un rideau de brouillard à retombée lente; l'arrosage doit être réglé en fonction de l'avancement du remblayage.

2. La zone de remblayage sera bien isolée de la taille au moyen d'une cloison de toile épaisse à texture serrée, disposée sur une distance de 20 à 30 m environ en amont de la sortie de la canalisation de remblayage.

3. Un jet d'eau sera fixé à l'extrémité de la canalisation (planche III).

De cette façon, la zone de remblayage est isolée de la taille. Les poussières soulevées par le remblayage et, jusqu'à un certain point, les poussières entraînées par le souffle d'air qui sort de la canalisation de remblayage peuvent se déposer. En outre, cette solution permet d'éviter que l'aéragé ne soit perturbé — éventualité toujours possible — par le souffle d'air, qui peut en effet, dans l'espace ainsi isolé, soit perdre sa turbulence, soit changer de direction et prendre le sens du courant d'aéragé.

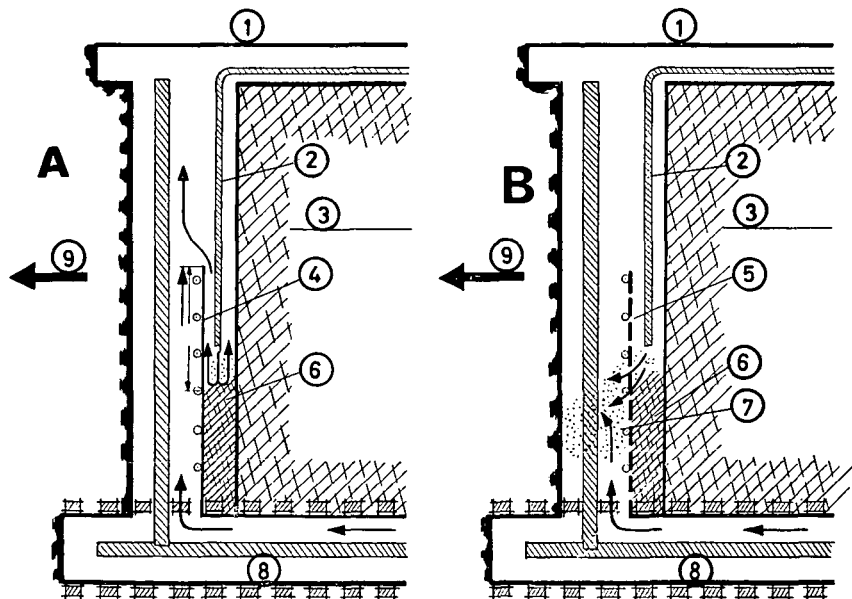


FIG. 40. — Remblayage pneumatique avec utilisation de toiles d'aérage.

A: Utilisation d'une cloison en toile épaisse prévenant la dispersion des poussières;

B: Utilisation de cloisons en treillis donnant lieu à pollution de l'atmosphère.

1: Galerie; 2: conduite soufflante; 3: remblayage pneumatique; 4: cloison en toile; 5: cloison en treillis; 6: remblai en cours d'injection; 7: zone polluée; 8: galerie de la bande transporteuse; 9: sens de l'avancement.

Les illustrations de la figure 40 montrent l'effet de la cloison de remblayage, selon qu'elle est faite de treillis métallique ordinaire ou de toile à texture serrée, sur la circulation de l'air d'aérage et sur l'empoussiérage au cours du remblayage pneumatique.

FOUDROYAGE

Le foudroyage, ou abatage systématique du toit, a le grand avantage de ne pas exiger le transport de remblais. Avec le remblayage pneumatique, c'est, en plateure surtout, la méthode la

plus utilisée pour la liquidation des vides de l'exploitation. Du point de vue de la formation de poussières, le foudroyage est considéré comme plus sûr que le remblayage pneumatique, à condition que le toit vienne régulièrement au fur et à mesure que le front avance. Lorsque tel n'est pas le cas, en effet, et qu'il faut faire venir le toit par un tir, il se forme une grande quantité de poussières. La production de poussières, qui est susceptible de fortes variations, peut être attribuée aux facteurs suivants:

- a) l'effet de broyage des mouvements du toit avant l'effondrement de celui-ci;
- b) l'effondrement et la fragmentation du toit;
- c) le soulèvement des poussières déposées sur le mur au moment de l'effondrement du toit.

La concentration de poussières dépend principalement des facteurs suivants:

- a) la nature du toit et l'étendue de l'effondrement (si le toit est formé de roches tendres, la production de poussières est inférieure, lorsqu'il s'affaisse, à ce qu'elle est si le toit est formé de grès dur);
- b) l'ouverture de la couche, qui détermine la hauteur sur laquelle le toit tombe;
- c) la longueur de la taille;
- d) la vitesse de l'avancement;
- e) l'aérage.

Le graphique de la figure 41 indique les variations de l'empoussièrement, lors de l'enlèvement du soutènement, pour une couche de grande puissance avec toit de grès et pour une couche de faible puissance avec toit schisteux.

On peut réduire la quantité de poussières produite par l'effondrement du toit en prenant les mesures suivantes:

- a) arrosage du mur dans la zone où le soutènement du toit doit être enlevé et dans la zone de foudroyage;

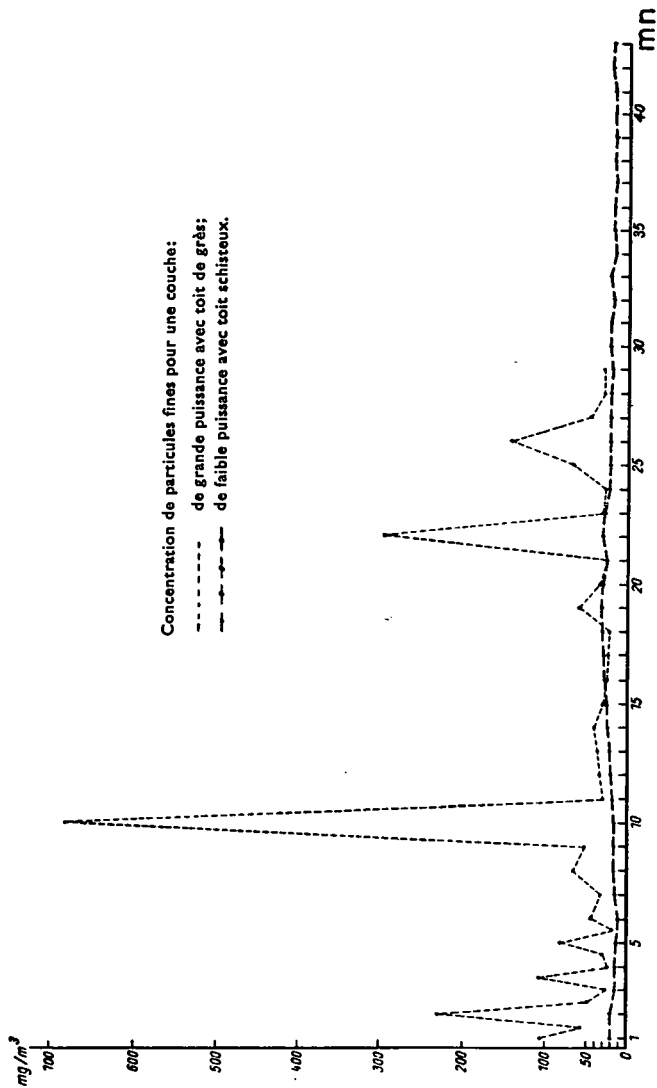


FIG. 41. — Variation de l'empoussièrement lors du foudroyage.

b) isolement de la zone de foudroyage au moyen de rideaux d'eau.

Si la zone de foudroyage est bien arrosée, la formation de poussières peut être réduite de 30 à 40 pour cent.

L'isolement de la zone de foudroyage à l'aide de pulvérisateurs s'effectue de la manière suivante. Avant l'enlèvement du soutènement du toit, des pulvérisateurs appropriés soit à eau seule, soit à mélange air-eau sont installés sur l'une des lignes d'étaçons, le long de la taille, en avant de chacune des équipes de foudroyage. Les pulvérisateurs doivent être dirigés dans la direction de la zone de foudroyage. Le rideau de gouttelettes d'eau formé par les pulvérisateurs doit s'étendre sur toute la hauteur de la taille, autant que possible, et jusqu'à la zone de foudroyage. Une grande partie des poussières soulevées par les équipes de foudroyage sera ainsi précipitée.

La figure 42 illustre une manière de disposer les pulvérisateurs de façon satisfaisante.

Les pulvérisateurs utilisés pour lutter contre les poussières au cours du foudroyage doivent répondre à trois exigences: la zone d'arrosage doit être nettement circonscrite; l'eau doit être finement atomisée; la longueur du jet et la largeur d'arrosage doivent être suffisantes, de façon que, au point d'utilisation, la zone située entre le front d'abatage et le secteur de foudroyage puisse être complètement isolée. En outre, les pulvérisateurs ne devraient pas produire de brouillard (à moins que ce ne soit un brouillard qui se dépose très rapidement), pour que les ouvriers des équipes de foudroyage ne soient pas gênés, ni la visibilité réduite. D'ailleurs, si le brouillard se dépose lentement, les poussières les plus fines risquent d'y rester prises et de s'y maintenir en suspension plus longtemps que ce ne serait autrement le cas. Il y a intérêt à prévoir un pulvérisateur par équipe de foudroyage. Le débit des pulvérisateurs ne devrait pas être trop fort, car la pulvérisation d'une quantité d'eau excessive peut donner lieu à des difficultés — par exemple, produire des boursouffures du sol.

L'eau ne devrait pas être pulvérisée perpendiculairement à la direction du courant d'aéragé, mais à un angle de 30 degrés environ. De cette façon, une partie des poussières en suspension dans l'air

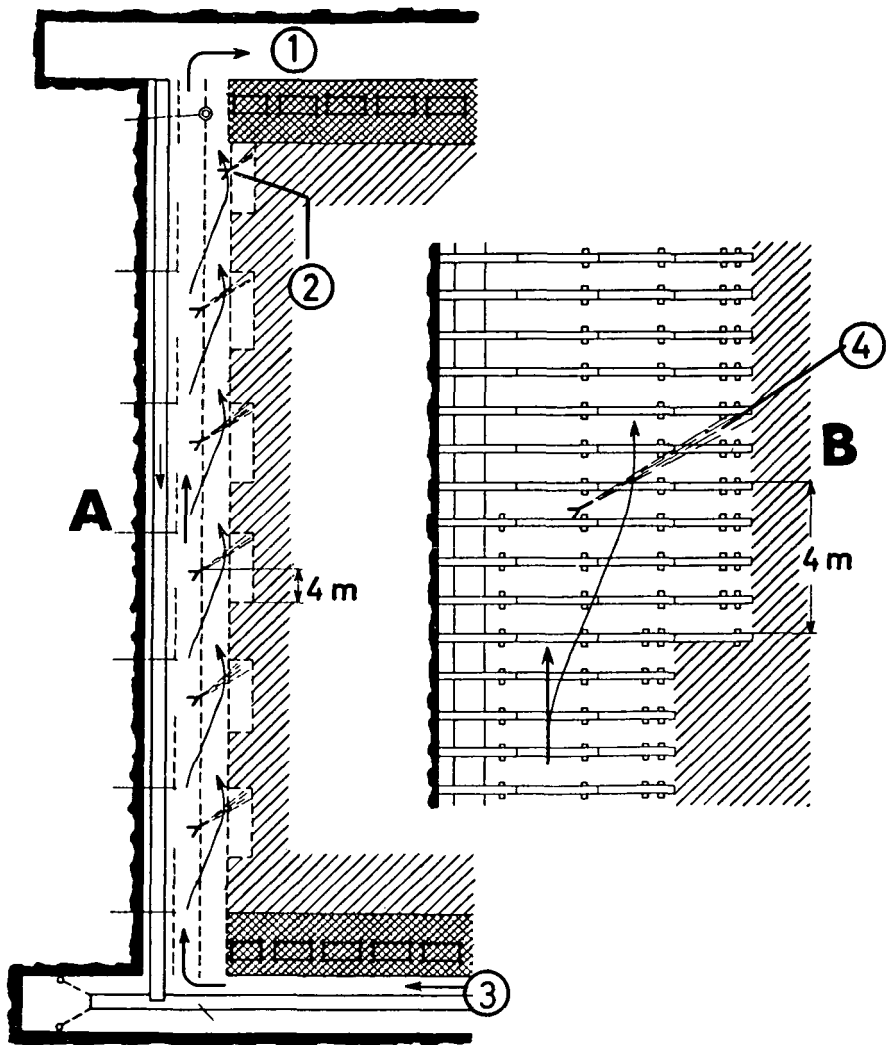


FIG. 42. — Utilisation de pulvérisateurs au cours du foudroyage.

A: Vue d'ensemble; B: agrandissement partiel.

1: Retour d'air; 2: pulvérisateur à mélange air-eau; 3: entrée d'air; 4: zone de foudroyage.

est chassée par le jet d'eau vers la zone de foudroyage, où elle peut être précipitée. Si les pulvérisateurs sont convenablement installés avant l'enlèvement du soutènement du toit, il suffit, dans la plupart des cas, de les changer une seule fois de place dans chacun des secteurs où travaillent les équipes de foudroyage.

La planche II A représente un pulvérisateur à mélange d'air et d'eau qui permet d'isoler de façon assez satisfaisante le front d'abatage du secteur de foudroyage. Il est formé d'un tuyau de métal recourbé de 10 mm de diamètre et de 36 cm de longueur. La face extérieure du tuyau est légèrement aplatie sur une largeur de 7 mm. De part et d'autre de la bande ainsi formée, le tuyau est percé de dix trous de 1,3 à 1,5 mm de diamètre distants les uns des autres de 20 mm. Ces trous sont situés de chaque côté en regard les uns des autres. L'eau et l'air pénètrent dans le pulvérisateur à travers des disques percés de trous de 2,2 et de 3 mm de diamètre. La longueur du jet est de 4 m.

INSTALLATIONS DE CONCASSAGE AU FOND

Il est parfois nécessaire de concasser les terres utilisées comme remblais dans une installation au fond. Certains problèmes particuliers qui se posent en pareil cas sont examinés au chapitre XIV.

BOULONNAGE DU TOIT

Le boulonnage du toit, qui permet de consolider les strates et d'accroître leur résistance, est utilisé au front de taille, dans les voies de taille, dans les creusements au rocher et dans d'autres types d'excavations. Au cours des dernières années, cette forme de soutènement s'est généralisée très rapidement dans toutes les grandes régions minières. Elle peut être adoptée, soit à l'occasion, soit de façon systématique conformément à un plan général. Les trous de boulonnage peuvent avoir jusqu'à 2 m de profondeur de sorte que lorsque le boulonnage du toit est systématique, il impose un programme de foration très chargé.

Quand le boulonnage du toit n'est qu'occasionnel, les trous peuvent être forés au moyen de marteaux perforateurs ou de per-

foratrices à main. Quand il est systématique, au contraire, des machines sur supports spéciaux sont utilisées. Pour ce qui est de la production de poussières, l'emploi de marteaux perforateurs ou de perforatrices à injection d'eau d'une conception appropriée résout le problème. Pour la foration de trous verticaux dans le toit, cette solution présente toutefois plusieurs inconvénients, qu'il s'agisse des conditions dans lesquelles travaillent les ouvriers par suite des ruissellements d'eau ou des effets de l'eau, qui sont souvent fâcheux, surtout à proximité du matériel électrique. En outre, l'alimentation en eau peut poser des problèmes lorsque le boulonnage doit s'effectuer à un endroit qui n'est pas desservi par le réseau de distribution d'eau. Pour toutes ces raisons, la foration à sec, combinée avec l'utilisation d'un système de captage ou d'évacuation des poussières qui ait fait ses preuves, présente des avantages certains. On trouvera au chapitre VII la description de plusieurs systèmes de ce genre.

RECOURAGE DES ÉPONTES

La lutte contre les poussières au cours des opérations de recoupage des épontes revêt une importance particulière, surtout lorsque des poussières de roche dangereuses risquent d'être produites. Elle revêt une importance plus grande encore lorsque le recoupage se fait au cours du poste d'abatage et que les poussières de recoupage en suspension dans l'air risquent de traverser la taille. Toutes les machines de recoupage et tout le matériel de foration utilisés à cet effet devraient être pourvus de dispositifs de suppression des poussières par voie humide. En outre, il y a intérêt à humidifier la zone de recoupage et les zones voisines par arrosage manuel lorsque le recoupage se fait à l'aide de pics ou lorsqu'il est nécessaire de recourir au tir.

Si les conditions locales l'exigent, des dispositions devraient être prises pour empêcher que les poussières produites au cours du recoupage ne soient dispersées par le courant d'aérage. On pourra utiliser à cet effet des pulvérisateurs et des toiles placées de façon à faire office de déflecteurs.

CHAPITRE VII

FORATION

La foration en roches dures, qu'il s'agisse de la foration des trous de mine ou des sondages de recherche, occupe une place de première importance dans l'exploitation des mines et des carrières comme dans le creusement des galeries. A l'origine, elle se faisait à la main, au moyen d'une barre d'acier affûtée et d'un marteau. On utilisait de l'eau pour faciliter l'évacuation des débris de roche. Si la production de poussières était jugée particulièrement forte ou particulièrement dangereuse, on plaçait une garniture humide sur l'ouverture du trou. Le plus souvent, toutefois, on ne se souciait guère du danger que présentaient les poussières, car la quantité de poussières produite était faible et ne retenait pas l'attention.

Avec la mise en service des machines de foration et l'augmentation de la vitesse d'avancement qui s'en est ensuivie, la quantité de poussières produite par la foration a beaucoup augmenté. C'est à cause de cet élément nouveau qu'on a commencé, vers la fin du siècle dernier, à se préoccuper sérieusement du problème des pneumoconioses.

Toutes les machines de foration primitives reposaient sur le principe de la percussion. La première, instrument rudimentaire, fit son apparition en 1683. Avec le temps, différentes améliorations et différentes modifications y furent apportées, jusqu'à la mise au point, en 1861, du marteau perforateur Sommeiller, qui fonctionnait à l'air comprimé et combinait un mouvement de rotation et un mouvement de frappe. La conception de cet outil, qui apparaît comme le précurseur des marteaux perforateurs modernes, de même que celle des outils qui ont été fabriqués par la suite, a

été beaucoup améliorée lors du creusement des tunnels de chemins de fer percés, dans les Alpes notamment, à la fin du XIX^{me} et au début du XX^{me} siècle. L'apparition des machines de foration lourdes à fleuret plein a été suivie, au début de ce siècle, par celle du marteau perforateur Leyner, dont le fleuret était maintenu libre dans un porte-outil, de sorte que le piston pouvait être beaucoup plus léger. Caractéristique plus importante du point de vue de la lutte contre les poussières, ce modèle était conçu pour permettre l'injection d'eau à travers le fleuret (percé à cet effet d'un canal axial) dans le trou.

C'était là un grand progrès dans la suppression des poussières de foration, malgré l'inconvénient que présentait encore le passage de l'air comprimé du cylindre dans le canal du fleuret; les petites bulles d'air qui se formaient ainsi se chargeaient de poussières fines, qui étaient libérées dans l'atmosphère. Par la suite, on s'est attaché à empêcher l'air comprimé de pénétrer dans le trou en cours de foration et à améliorer l'injection d'eau.

Dans toutes les mines métalliques, la foration et le tir sont deux opérations de première importance, mais leur rôle n'est pas moindre dans les mines de charbon, pour le fonçage des puits, le traçage des travers-bancs et le creusement de la plupart des voies. Malgré la mécanisation croissante de l'abatage, une forte proportion de la production de charbon de nombreux pays est toujours obtenue par havage, foration et abatage à l'explosif.

Les techniques de foration utilisées dans les mines de charbon diffèrent beaucoup de celles qui sont employées en roche dure. Les problèmes qu'elles posent du point de vue de l'empoussiérage ont également, dans l'un et l'autre cas, leurs particularités. Il suffit de modifications dans la nature de la roche pour que la production de poussières présente parfois des caractéristiques qui exigent des études et des méthodes de suppression spéciales. On peut dire toutefois que, dans tous les cas, l'utilisation des perforatrices ou des marteaux perforateurs s'accompagne de la production de grandes quantités de poussières fines susceptibles d'être inhalées et retenues dans les poumons, de sorte qu'il est indispensable de munir les machines utilisées d'un système d'injection

d'eau efficace ou de lutter contre les poussières d'une manière ou d'une autre.

Grâce à un progrès régulier, les machines et les accessoires de foration ont un rendement de plus en plus élevé. Du point de vue de la prévention des poussières, la situation se présente grosso modo de la manière suivante.

Deux principaux modèles de marteaux perforateurs à injection d'eau ont fait leur apparition: les marteaux à injection centrale et les marteaux à injection latérale. Des progrès ont été également réalisés dans la mise au point et la fabrication de différents appareils de captage et de filtration des poussières, qui permettent la foration à sec.

Les perforatrices, qui ont toujours eu la faveur pour la foration au charbon, s'imposent désormais de plus en plus pour la foration en roches dures, en particulier dans les travaux de reconnaissance. Les perforatrices doivent être montées sur un support et pourvues d'un dispositif de poussée mécanique.

Outre qu'il faut veiller avec un grand soin à la suppression des poussières produites pendant la foration, quelle que soit la machine de foration utilisée, il est indispensable, avant de commencer la foration, d'arroser copieusement le front et toutes les surfaces voisines pour éviter que les poussières déposées ne soient mises en suspension dans l'air.

FORATION AU MARTEAU PERFORATEUR A INJECTION D'EAU

Marteaux perforateurs à injection centrale

Le marteau perforateur à injection centrale est la première machine de foration à injection d'eau qui ait donné des résultats satisfaisants. Longtemps, il a été l'instrument le meilleur dont on ait disposé où que ce soit pour la foration en roches dures. Si son adoption marquait un grand progrès par rapport aux techniques de foration à sec utilisées auparavant, un vaste travail de

recherche n'en devait pas moins être entrepris en vue de réduire encore la production de poussières et d'améliorer l'efficacité de la foration. C'est ainsi que, depuis lors, de nombreuses normes ont été formulées, et de nombreux perfectionnements apportés en ce qui concerne les dimensions du tube d'injection et du canal axial du fleuret, et les jeux et tolérances (fig. 43).

Les défauts du marteau perforateur à injection centrale peuvent être résumés comme suit :

- a) entrées d'eau dans le mécanisme, nuisant au graissage;
- b) chute de la pression de l'eau au passage du tube d'injection dans le canal du fleuret, en raison de la solution de continuité que présente le système d'injection à cet endroit;
- c) aspiration d'air à l'entrée du canal du fleuret: l'air pénètre dans le canal du fleuret, ce qui provoque, comme on l'a déjà signalé, la libération de poussières dans l'atmosphère.

La marge de tolérance entre le diamètre du tube d'injection et le diamètre du trou axial percé dans le piston pour le passage du tube est un point important de la construction des marteaux perforateurs. Cette marge devrait être aussi faible que possible et les limites admises devraient être précisées lorsqu'un modèle

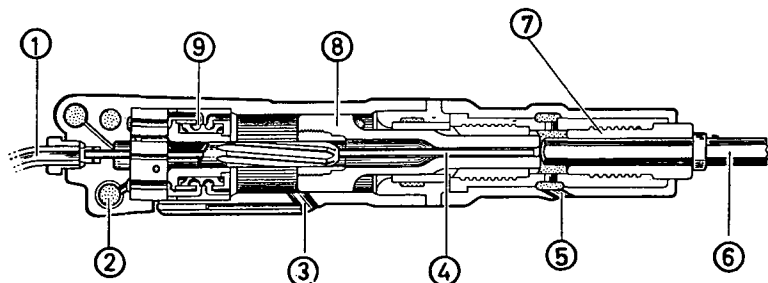


FIG. 43. — Marteau perforateur à injection centrale et à orifices supplémentaires d'échappement avant.

1: Entrée d'eau; 2: entrée d'air; 3: échappement; 4: tube d'amenée d'eau; 5: orifice supplémentaire d'échappement avant; 6: fleuret (creux); 7: manchon porte-fleuret; 8: piston; 9: soupape.

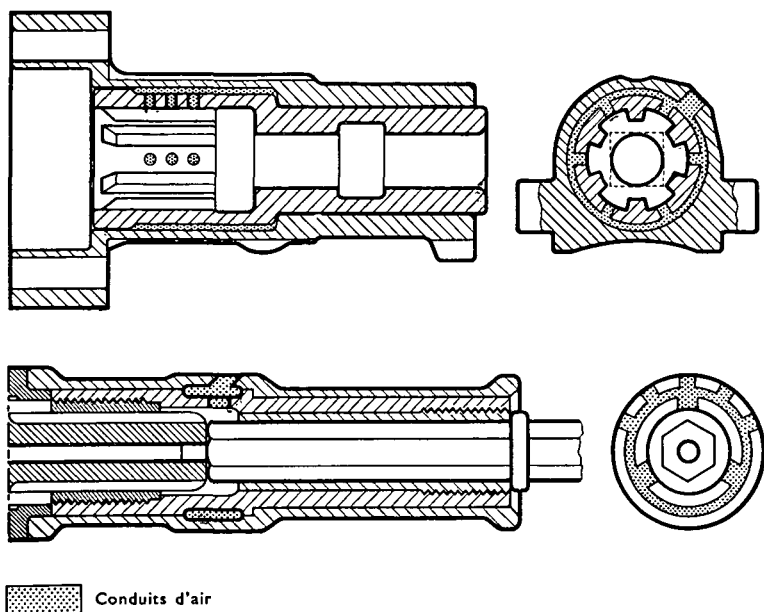


FIG. 44. — Orifices d'échappement avant.

Les canaux annulaires qui apparaissent clairement dans les coupes transversales permettent l'évacuation de l'air à l'avant du piston.

est homologué pour être utilisé en milieu poussiéreux. Il est indispensable que des orifices d'échappement soient ménagés dans la partie inférieure du marteau perforateur pour l'évacuation de l'air comprimé devant le piston; leur nombre et leurs dimensions devraient être suffisants pour assurer une évacuation totale de l'air, même quand, en raison de l'usure croissante des pièces mobiles du marteau perforateur, la quantité d'air qui s'échappe dans le corps de la machine augmente (fig. 44 et 45).

Sur certains modèles, des modifications ont été apportées au piston et ont permis de réduire la pulvérisation à travers les orifices

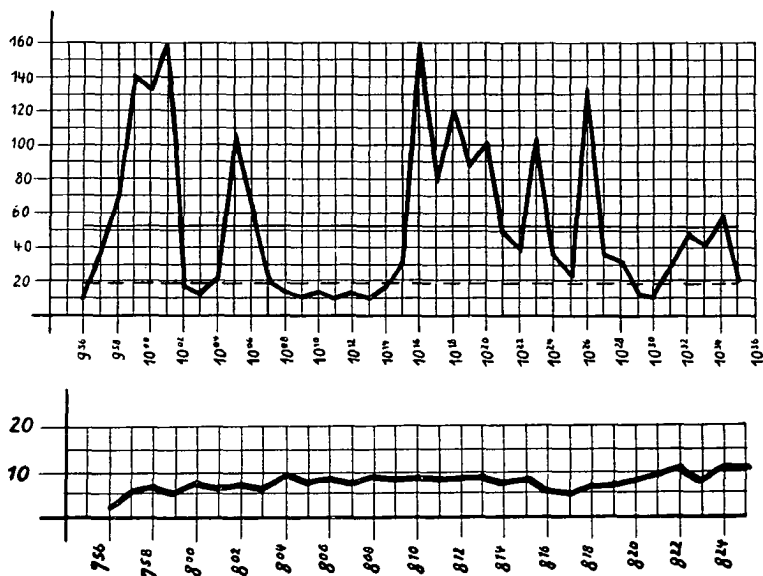


FIG. 45. — Courbes de l'empoussiérage produit par des marteaux perforateurs avec et sans orifices d'échappement avant.

En haut: Sans orifice d'échappement avant: 9 h 56: début de la foration avec un marteau travaillant à l'horizontale; 10 h 2: pause pour changement de fleur; 10 h 4: reprise du travail; 10 h 5: achèvement du trou; 10 h 8: pause pour graissage; 10 h 13: reprise du travail; 10 h 24: pause pour changement de fleur; 10 h 28: achèvement du trou; 10 h 32: pause pour changement de fleur; 10 h 35: pause.

En bas: Avec orifice d'échappement avant: 7 h 56: début de la foration avec un marteau; 8 h 1: pause; 8 h 6: changement de fleur; 8 h 11: pause; 8 h 15: achèvement du trou; 8 h 18: reprise du travail; 8 h 23: pause.

ménagés dans la partie inférieure. C'est ainsi qu'en Afrique du Sud, on a décidé de munir tous les marteaux perforateurs du piston dit « à cannelures hermétiques », qui permettrait une forte réduction de la production de poussières (fig. 46).

Les caractéristiques et le montage du tube d'injection ont posé également de nombreux problèmes. Il faut en effet que rien

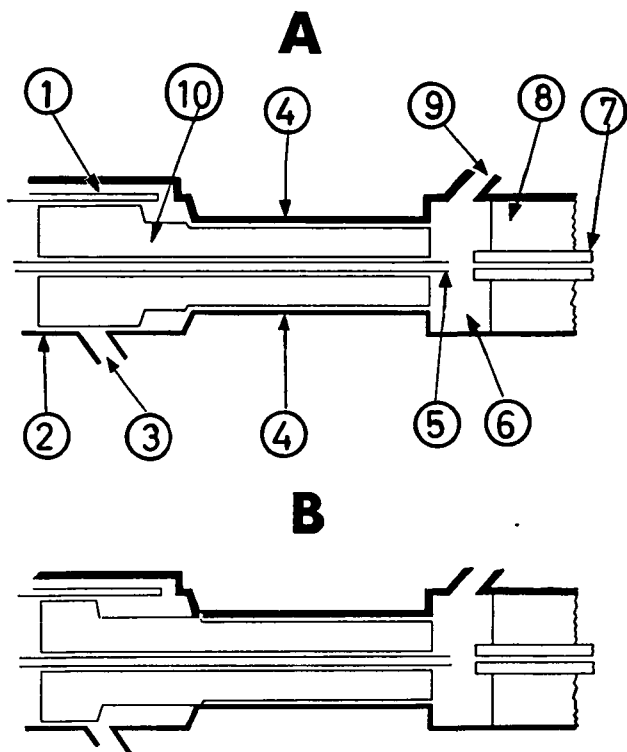


FIG. 46. — Principe du marteau perforateur moins d'un piston à cannelures hermétiques.

A: Marteau ordinaire: cannelures ouvertes avant ouverture de l'échappement; B: marteau à cannelures hermétiques: cannelures restant en position de fermeture après ouverture de l'échappement.

1: Admission d'air comprimé; 2: paroi du cylindre; 3: échappement; 4: cannelures; 5: conduite d'eau; 6: chambre avant; 7: fleuret; 8: manchon porte-fleuret; 9: orifice sur plémentaire d'échappement avant; 10: piston.

n'entrave la circulation de l'eau, ni dans la partie arrière du marteau perforateur, ni dans le tube d'injection même, ni à la sortie du tube, à l'endroit où l'eau passe dans l'emmanchement du fleuret. En outre, le diamètre intérieur du tube d'injection devrait laisser passer assez d'eau, et sous une pression suffisante, pour que l'eau parvienne à l'extrémité du fleuret et agglomère les poussières. On a utilisé aussi bien des tubes d'injection « courts » (qui se terminent juste avant l'entrée du canal du fleuret) que des tubes « longs » (qui pénètrent dans ce canal). Des essais ont été faits, qui ont été, dans certains cas, à l'origine de modifications: on a essayé de placer des raccords de caoutchouc ou de plastique à l'extrémité du tube d'injection, ou des garnitures de caoutchouc ou de plastique également à l'intérieur du canal du fleuret (dans l'emmanchement du fleuret); de même, on a essayé d'employer des matières plastiques souples pour la fabrication des tubes d'injection afin d'obtenir une bonne circulation d'eau en supprimant toute solution de continuité entre le tube d'injection et le fleuret (fig. 47). Aucune solution vraiment satisfaisante n'a encore été apportée, toutefois, à ce problème.

On le voit, de nombreux efforts ont été faits pour accroître l'efficacité de l'injection d'eau et réduire la production de poussières sur les marteaux perforateurs à injection centrale. Il s'est

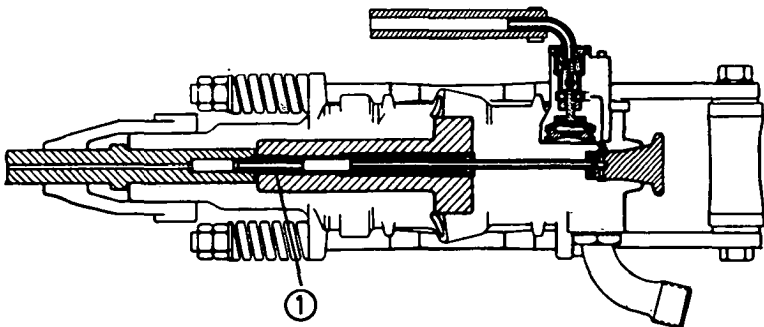


FIG. 47. — Utilisation d'un manchon de plastique pour assurer l'étanchéité de la conduite d'eau.

1: Manchon de plastique.

ainsi révélé nécessaire d'établir des normes détaillées pour ce qui est des dimensions du tube d'injection, du canal du fleuret et des tolérances correspondantes. Dans quelques pays, les règlements sur la sécurité dans les mines contiennent des dispositions détaillées auxquelles les marteaux perforateurs doivent satisfaire pour être homologués. Il reste cependant, d'une part, que les marteaux perforateurs à injection centrale nécessitent des contrôles fréquents et un entretien soigné pour que la production de poussières demeure aussi faible que possible, d'autre part, que le moindre endommagement ou le moindre déplacement du tube d'injection, qui reste relativement fragile, risque d'entraîner la formation immédiate de poussières pendant la foration même.

Marteaux perforateurs à injection latérale

Avec le marteau perforateur à injection latérale, un grand pas a été fait vers l'élimination de la plupart des défauts reprochés au marteau perforateur à injection centrale. L'une des principales difficultés rencontrées au cours de la mise au point de ce nouveau système d'injection a été de percer un trou latéral dans le fleuret pour amener l'eau dans le canal axial sans affaiblir l'outil au point de rendre les ruptures inévitables pendant la foration.

Pour la décrire en quelques mots, la tête d'injection est formée d'un manchon qui vient s'adapter sur le fleuret. Une gorge annulaire est taillée à l'intérieur du manchon, à laquelle correspond, sur l'emmanchement du fleuret, un trou latéral qui aboutit au canal axial d'injection. Deux bagues ou deux joints de caoutchouc d'un modèle quelconque assurent l'étanchéité et empêchent l'eau de s'échapper pendant la rotation du fleuret.

Les avantages de l'injection latérale sont les suivants :

1. L'échappement d'air comprimé peut être dirigé loin du trou en cours de foration; la production de bulles chargées de poussières fines est supprimée.
2. Les fuites d'eau sont réduites, de sorte que le foreur peut travailler au sec.

3. L'injection latérale permet l'utilisation de marteaux perforateurs plus légers.

4. N'importe quel marteau perforateur peut être pourvu d'une tête d'injection : la seule modification nécessaire porte sur l'emmanchement du fleuret.

5. Les problèmes d'entretien que posent les marteaux perforateurs à injection centrale ne se posent pas.

6. Le système est plus simple que l'injection centrale, ce qui se traduit par des économies.

7. Le système peut être adopté pour les perforatrices électriques : le circuit électrique, en effet, est préservé de l'eau.

On trouvera à la figure 48 la représentation d'un système d'injection latérale. Sur d'autres modèles de marteaux perforateurs à injection latérale, la pression de l'eau injectée est utilisée pour dilater les joints d'étanchéité et les maintenir appliqués de façon étanche contre la partie cylindrique de l'emmanchement du fleuret. Le principal point faible des têtes d'injection utilisées à l'heure actuelle réside, en effet, dans les joints d'étanchéité, d'autant qu'une bonne lubrification est nécessaire, d'une part, pour éviter que les joints de caoutchouc ne s'usent très rapidement, d'autre part, pour empêcher qu'un frottement excessif ne freine le mouvement de rotation du fleuret. D'ailleurs, le foreur peut voir d'un coup d'œil si les joints fuient. Ces joints ne coûtent pas cher et peuvent être remplacés sans difficulté, en quelques instants, sur le lieu même du travail.

L'expérience montre que le système d'injection latérale assure une agglomération uniforme et satisfaisante des poussières, même dans des roches de dureté variable. Le rendement de ce système — qui réussit à précipiter même les plus fines des poussières produites par la foration — s'explique avant tout par le fait que l'eau injectée sort des orifices du taillant à une pression qui est presque égale à celle du réseau de distribution d'eau. Les variations de la pression de l'eau, qui peuvent être fréquentes dans les mines, sont sans conséquence sur l'humidification des poussières.

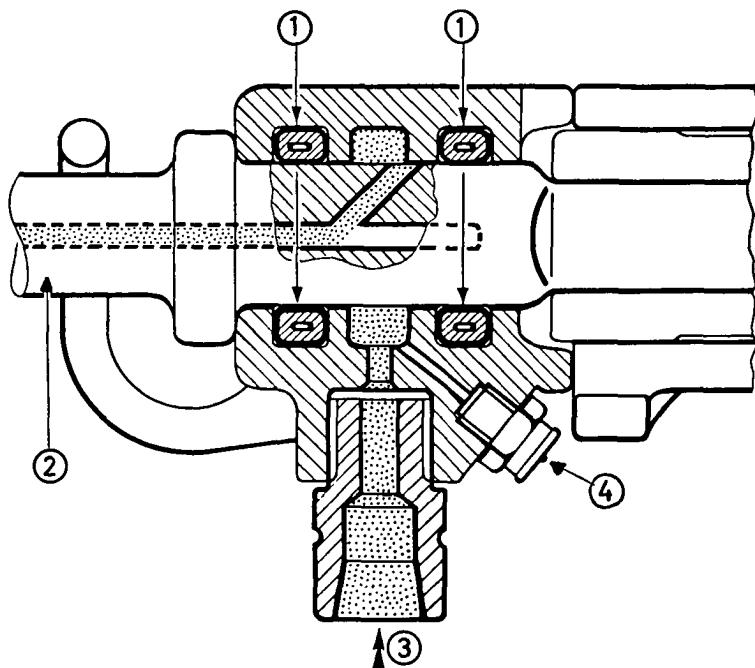


FIG. 48. — Marteau perforateur à injection latérale.

1: Bagues de caoutchouc creuses; 2: fleuret; 3: entrée d'eau; 4: graisseur.

La foration avec injection latérale est, du point de vue de la suppression des poussières pneumoconio-gènes, la plus sûre et la plus efficace des méthodes de foration avec injection d'eau.

Fleurets

Les défauts du canal percé dans le fleuret peuvent avoir une grande influence sur l'injection d'eau. Les examens effectués pour déterminer si le diamètre du canal était uniforme (il est habituellement de 6 mm) sur toute la longueur du fleuret et si

les parois en étaient aussi lisses que possible ont montré souvent que ce n'était pas le cas. Du côté de l'emmanchement, en particulier, on a constaté la présence d'étranglements formés au cours du forgeage de la collerette. Il suffit de petits étranglements de ce genre pour réduire fortement le débit et la vitesse de l'eau injectée. Aussi les fabricants de fleurets devraient-ils être tenus de contrôler tous les fleurets et de ne fournir aux acheteurs que des outils sans défaut qui répondent aux exigences mentionnées ci-dessus.

Taillants

Au cours des dernières années, l'utilisation de taillants armés de plaquettes de métal dur n'a cessé de se généraliser dans les mines métalliques, les galeries et les carrières.

La préférence va généralement aux taillants à simple burin ou aux taillants en croix, amovibles ou non (dans ce dernier cas, le taillant fait bloc avec le fleuret, et les plaquettes de métal dur sont soudées directement dans le fleuret). Certaines mines utilisent un diamètre de 40 à 42 mm, d'autres, un diamètre de 39, d'autres encore, un diamètre de 32 à 36 mm. Le choix de grands diamètres est dicté par les techniques de tir. Il exige que l'on dispose de marteaux perforateurs puissants, car la foration en est rendue plus difficile.

Aucune relation particulière n'a été constatée, dans la foration avec injection d'eau, entre l'agglomération des poussières (ou, inversement, la quantité de poussières non agglomérées), d'une part, et la forme ou la largeur du taillant, ou encore la disposition et le nombre des orifices d'écoulement de l'eau percés dans le taillant, d'autre part. Il importe toutefois que l'eau soit dirigée sur le fond du trou en cours de foration et que rien n'entrave l'écoulement de l'eau aux orifices du taillant, qui devrait en comporter au moins deux (fig. 49). Des rainures devraient être pratiquées dans le taillant, de manière que les débris de foration soient facilement évacués et que le trou ne se colmate pas.

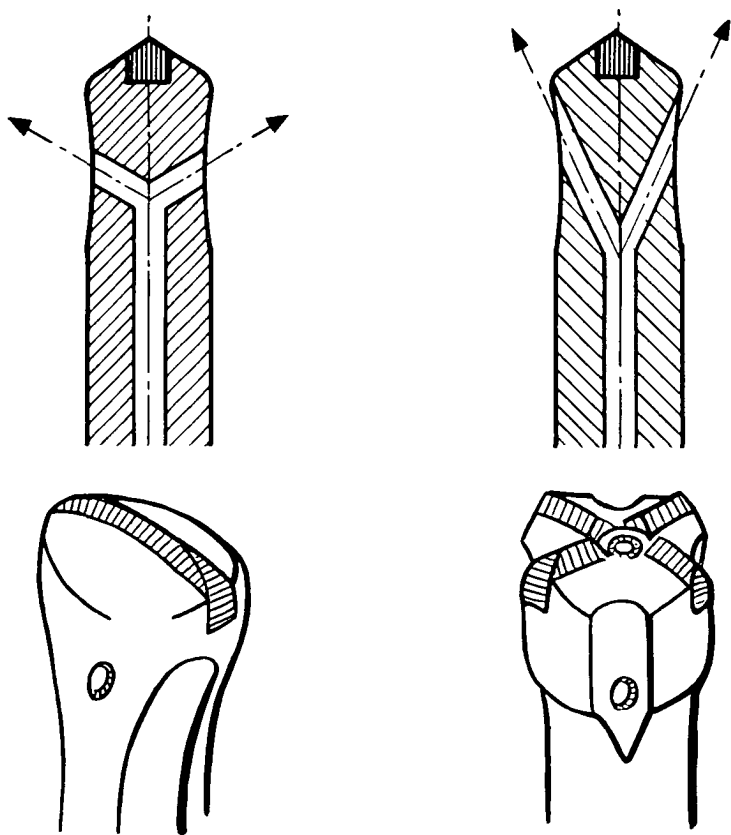


FIG. 49. — Orifices de sortie de l'eau sur les taillants.

Injection d'eau

Les différences constatées entre les quantités de poussières produites par divers modèles de marteaux perforateurs à injection (c'est-à-dire les quantités de poussières non agglomérées) tiennent à la puissance du marteau perforateur et, plus encore, à la quantité d'eau injectée. Celle-ci est fonction des caractéristiques du circuit d'injection d'eau — du robinet d'admission d'eau aux orifices percés dans le taillant, par où l'eau s'échappe. Le robinet d'admission ne devrait présenter aucun étranglement; il ne devrait pas être fait usage de vannes à réglage ou à fermeture automatique. Les raccords tournants et le canal du fleuret ne devraient pas non plus présenter d'étranglement, qui entraînerait en effet une forte réduction du débit et de la pression de l'eau.

C'est ainsi qu'au cours d'expériences faites avec un marteau perforateur pourvu d'un canal d'injection d'un diamètre intérieur de 2,6 mm, on a mesuré, aux orifices du taillant, un débit d'eau de 6,8 l/mn pour une pression de 4,8 kg/cm². Avec un canal d'injection d'un diamètre intérieur de 3 mm, dans les mêmes conditions, on a mesuré, sur un autre marteau perforateur du même modèle, un débit de 6,1 l/mn, chiffre qui aurait dû être de 7,6 l/mn. La chute de débit était due à certaines différences de détail entre les deux canaux, mais surtout au fait que le second présentait des étranglements. Des constatations semblables ont été faites avec d'autres marteaux perforateurs.

Foration en terrains difficiles

Si une circulation d'eau suffisante est assurée et qu'il ne pénètre pas d'air dans le trou, la foration avec injection d'eau permet d'obtenir une agglomération effective des poussières dans toutes les qualités de roches. Des difficultés peuvent toutefois surgir dans les terrains fissurés, car l'eau s'infiltré dans les fissures et la circulation d'eau se fait mal. En pareil cas, on utilise souvent des fleurets creux hélicoïdaux avec tête d'injection latérale. Pour éviter que le taillant ne travaille à sec, les fleurets doivent avoir,

soit un pas faible, soit une section circulaire sur une longueur d'environ 20 cm juste en arrière du taillant. Dans le premier cas, les débris de foration sont évacués s'ils sont humides, alors que la machine se bloque si elle travaille à sec. Dans le second cas, il est impossible, si le taillant travaille à sec, de forer plus de 40 cm. Ces solutions ne devraient être adoptées, toutefois, que lorsque le terrain est fissuré.

*Commande combinée de l'admission d'air
et de l'injection d'eau*

S'il est dangereux, du point de vue de la formation des poussières, d'amorcer un trou sans injection d'eau, il n'est pas moins nécessaire d'assurer une arrivée d'eau ininterrompue à l'extrémité du fleuret. On voit par là qu'il y a intérêt à munir les marteaux perforateurs d'un dispositif d'asservissement tel que le marteau ne puisse fonctionner sans que l'alimentation en eau soit assurée et avant que l'eau s'écoule des orifices du taillant. Si les marteaux perforateurs ne sont pas pourvus d'un dispositif de ce genre, il est indispensable de former les foreurs avec soin et de les surveiller de très près afin que l'amorçage des trous et la foration ne se fassent jamais à sec.

FORATION ROTATIVE

La perforatrice est d'un emploi général au charbon. Elle est beaucoup utilisée aussi pour les sondages de reconnaissance — l'outil d'attaque est alors la couronne de diamant — et, montée sur un support approprié et pourvue d'un dispositif d'avancement mécanique, elle s'impose de plus en plus pour la foration au rocher en vue du tir. La foration est obtenue par la rotation continue d'un taillant à deux ailes. La vitesse de rotation va de 70 tours/mn en roches très dures à 700 tours/mn au charbon, lorsque la couche est tendre. La perforatrice est un instrument de coupe, et non de frappe: aussi les débris de foration sont-ils nettement plus gros, et la quantité de poussières fines produite beaucoup moindre, que ce n'est le cas avec les machines à percussion.

L'étude des facteurs qui peuvent influencer sur la formation de poussières montre que la quantité de poussières produite varie en fonction de la vitesse de rotation pour une période de foration déterminée et qu'elle est indépendante, toujours pour une période de foration déterminée, de la vitesse effective d'avancement. On a donc avantage à réaliser une vitesse d'avancement élevée pour une faible vitesse de rotation en munissant la perforatrice d'un dispositif d'avancement mécanique qui permette de lui appliquer une poussée appropriée. Il s'ensuit une faible production de poussières par mètre foré. La limite jusqu'à laquelle il est possible de réduire la vitesse de rotation de la perforatrice et d'augmenter la poussée est déterminée par le colmatage du trou.

Comme ce qui précède le laisse entrevoir, il y a nécessairement une vitesse optimale de foration, du point de vue de la formation de poussières fines, pour tous les degrés de dureté de la roche. En pratique, toutefois, un certain nombre de vitesses minimales et maximales normalisées ont été fixées pour des roches caractéristiques. On a recours en outre, comme pour la foration au marteau perforateur, à l'injection d'eau ou à d'autres moyens de suppression des poussières.

Compte tenu des progrès qui ont été accomplis récemment dans la fabrication d'alliages et d'aciers spéciaux, des possibilités d'utilisation plus étendues s'offrent désormais pour les perforatrices à faible vitesse de rotation. A l'heure qu'il est, on peut envisager leur emploi — et non plus seulement sur le plan théorique — dans un grand nombre de variétés de roches dures. Du point de vue de la lutte contre les poussières, il faut se féliciter que ce soit le cas, car les problèmes à résoudre sont beaucoup moins ardues dans le cas des machines rotatives que dans celui des machines à percussion.

FORATION A SEC

Les méthodes de suppression à sec des poussières produites par la foration ont fait de grands progrès au cours des dernières années, et un certain nombre d'entre elles répondent aux conditions requises pour être adoptées, non seulement au jour, mais

encore au fond, dans les mines et dans les galeries. Il peut arriver en effet que les conditions ne se prêtent pas à la foration avec injection d'eau, en raison: soit du colmatage des trous; soit des effets fâcheux de l'eau sur la roche forée, sur le toit ou sur le sol; soit de l'humidité de l'atmosphère; soit enfin de la proximité de conducteurs ou d'appareils électriques (c'est le cas lorsque des trous doivent être forés, pour le boulonnage du toit, à proximité des lignes de contact pour locomotives électriques).

Matériel de foration à sec : normes de fonctionnement

Pour donner satisfaction, les appareils de foration à sec doivent répondre à des exigences très strictes, au nombre desquelles on mentionnera celles qui suivent:

1. Le captage des poussières devrait se faire automatiquement lors de l'amorçage du trou déjà, et pendant toute la foration.

2. Les poussières captées devraient être évacuées sans être libérées dans l'atmosphère.

3. Si l'air aspiré repasse dans l'atmosphère, après filtration, dans une zone où il est susceptible d'être inhalé, le filtre devrait être particulièrement efficace pour les particules inférieures à 5 microns.

4. L'appareil de captage devrait fonctionner avec la même efficacité quelle que soit l'inclinaison du trou (que celui-ci soit dirigé vers le haut ou vers le bas ou qu'il soit foré horizontalement).

5. La machine de foration ne devrait pas pouvoir être mise en marche sans que l'appareil de captage des poussières fonctionne.

6. L'ensemble devrait être entièrement portatif et pouvoir être utilisé dans l'espace restreint qu'offrent les mines et les galeries et dans les conditions rigoureuses qui y règnent.

Dispositifs de captage

Les dispositifs de captage mis au point pour la foration à sec sont de deux modèles différents. Le premier est formé d'un capuchon, de caoutchouc en général. Le fleuret passe à travers le capu-

chon, qui coiffe l'embouchure du trou. Du capuchon part un tuyau latéral sur lequel s'adapte un tuyau flexible qui permet, soit d'amener les poussières à une installation de filtration, soit de les évacuer d'une manière qui ne présente pas de danger (fig. 50). L'aspiration de l'air chargé de poussières est généralement obtenue à l'aide d'un éjecteur alimenté par une dérivation d'air comprimé à partir de la machine de foration. Il est apparu que ce système présentait différents inconvénients. C'est ainsi que, dans la plupart des cas, il est impossible d'appliquer le capuchon sur l'embouchure du trou de façon hermétique, car la surface de la roche est toujours irrégulière. De ce fait, l'efficacité de l'aspiration est extrêmement faible, de sorte qu'il se produit de fortes concentrations de poussières

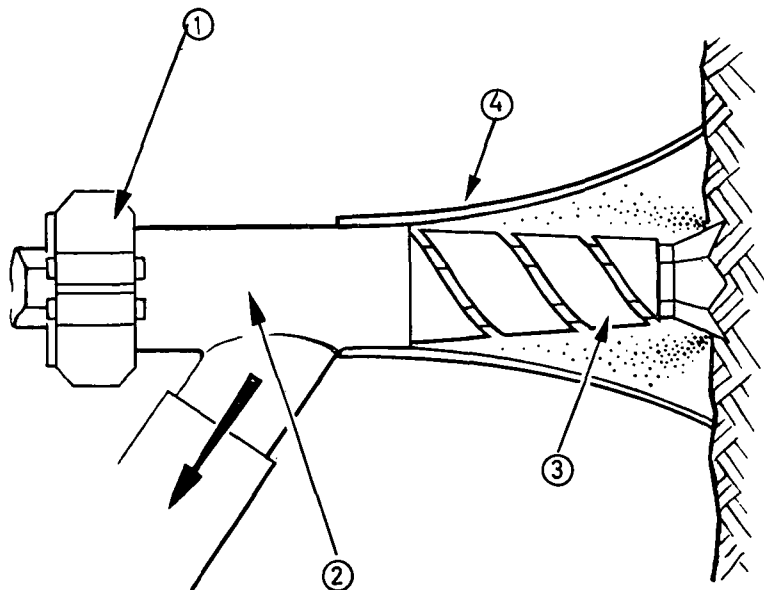


FIG. 50. — Capuchon d'aspiration.

1: Bague d'arrêt et d'étanchéité; 2: manchon d'aspiration; 3: ressort à boudin conique; 4: capuchon de caoutchouc.

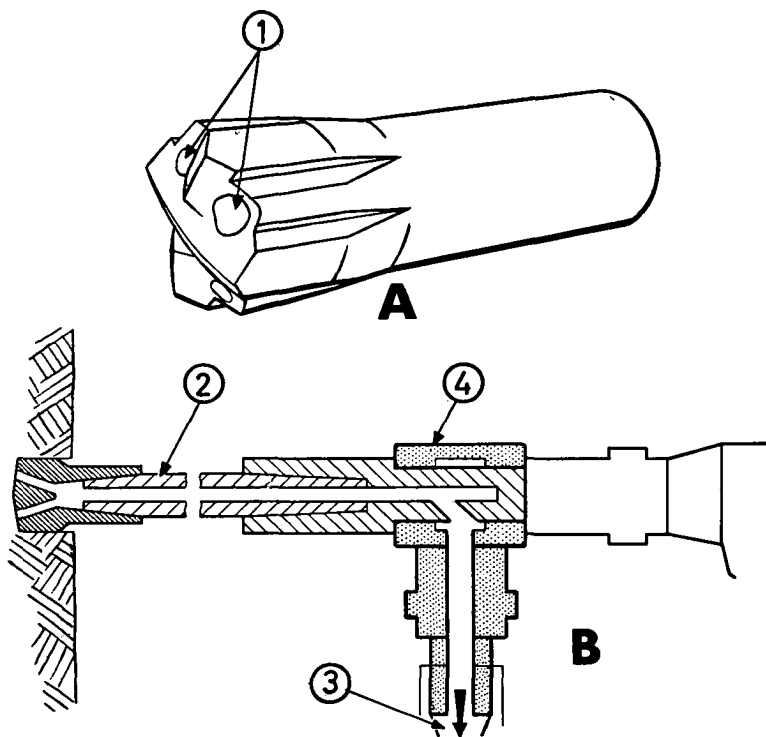


FIG. 51. — Evacuation des poussières par le canal axial du fleuret.

A: Taillant; B: dispositif d'aspiration.

1: Orifices d'aspiration; 2: fleuret creux; 3: flexible raccordé au filtre; 4: collier d'acier.

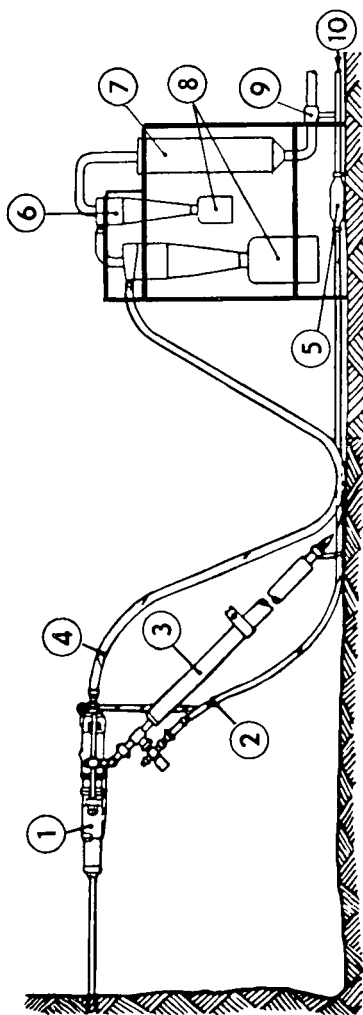


FIG. 52. — Perforatrice « Dryductor ».

1: Perforatrice; 2: flexible à air comprimé; 3: poussoir pneumatique; 4: flexible d'évacuation des poussières; 5: graisseur; 6: cyclone; 7: filtre à sac; 8: récipients à poussières; 9: éjecteur d'air; 10: réseau d'air comprimé.

(en fait, les poussières commencent à se former lors de l'amorçage du trou, avant que le dispositif d'aspiration ne fonctionne). Autre inconvénient, le foreur ne voit pas le point d'attaque du fleuret.

Dans le second système, qui est le plus récent, l'aspiration des poussières s'effectue à travers le fleuret, qui est creux. Les poussières produites par le taillant à tous les stades de la foration, y compris l'amorçage du trou, sont entraînées ainsi dans le canal axial du fleuret et, de là, vers l'installation de filtration ou le point d'évacuation, soit à travers un tube qui traverse la machine de foration longitudinalement, soit à travers un manchon étroitement ajusté sur la partie postérieure du fleuret (fig. 51). Un certain nombre de dispositifs de captage ont été mis au point sur ce principe dans les pays miniers. Ils diffèrent surtout quant au système d'évacuation ou de filtration des poussières (fig. 52).

Evacuation des poussières

Les poussières qui ont été captées peuvent être évacuées de plusieurs façons. Elles peuvent, par exemple, être recueillies dans une installation de dépoussiérage formée d'un séparateur, qui retient les grosses particules, et d'un filtre à éléments de tissu, qui retient les particules fines susceptibles d'être inhalées et arrêtées dans les poumons (particules inférieures à 5 microns). Dans ce système, l'air filtré repasse normalement dans le circuit d'aéragé principal. L'installation de dépoussiérage peut être, soit une petite installation portative qui fonctionne avec une machine de foration, soit une installation de grande capacité à laquelle plusieurs machines sont reliées par des canalisations et qui peut se trouver jusqu'à 300 m des machines (fig. 53). Les poussières peuvent être aussi transportées par canalisation jusqu'à un endroit où elles puissent être rejetées sans danger. Dans certains cas, il y aura intérêt peut-être à combiner les deux méthodes, c'est-à-dire à séparer les grosses particules sur l'emplacement de foration au moyen d'un cyclone et de transporter les poussières fines par canalisation jusqu'à un endroit où elles puissent être rejetées (fig. 54). Lorsque les poussières sont évacuées par canalisation

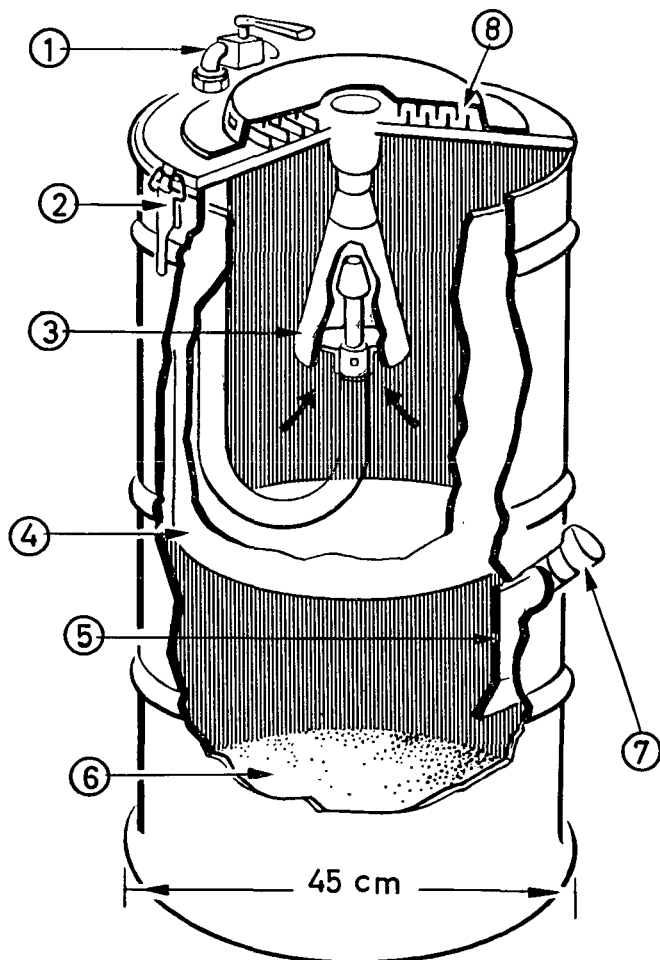


FIG. 53. — Détail du filtre utilisé pour la foration à sec.

1: Admission d'air comprimé; 2: fermoir à déclic; 3: éjecteur d'air; 4: sac filtrant; 5: déflecteur; 6: poussières déposées; 7: flexible d'aspiration; 8: chicane.

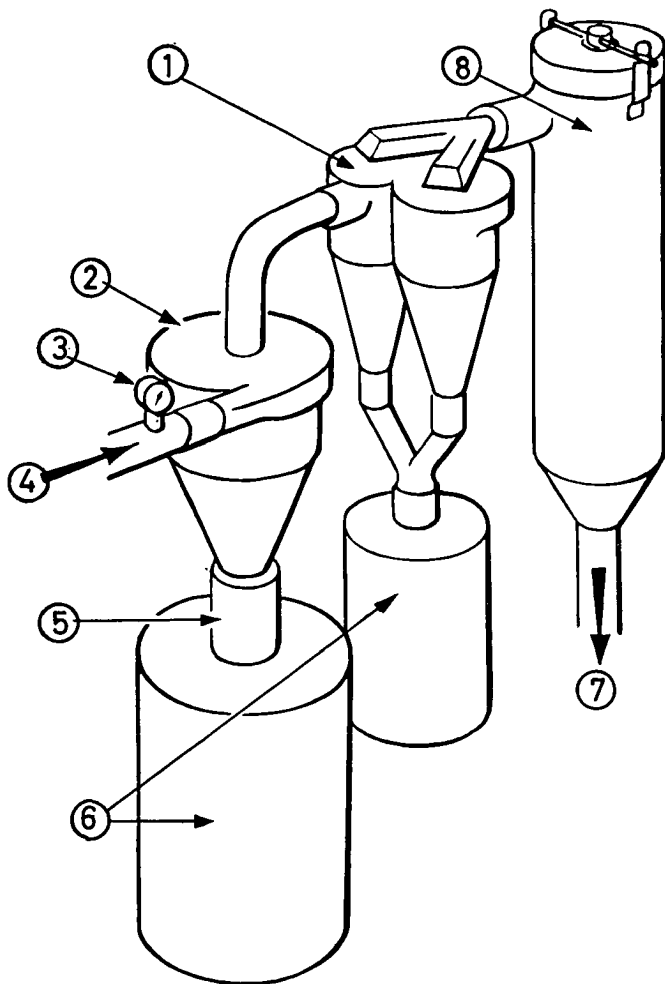


FIG. 54. — Disposition des cyclones et du filtre à poussières utilisés pour la foration à sec.

1: Cyclones couplés pour les poussières de dimensions moyennes; 2: premier cyclone retenant les grosses particules; 3: vacuètre; 4: arrivée de l'air empoussiéré de la foreuse; 5: tuyau de caoutchouc; 6: récipients amovibles; 7: sortie de l'air filtré; 8: filtre retenant les particules fines.

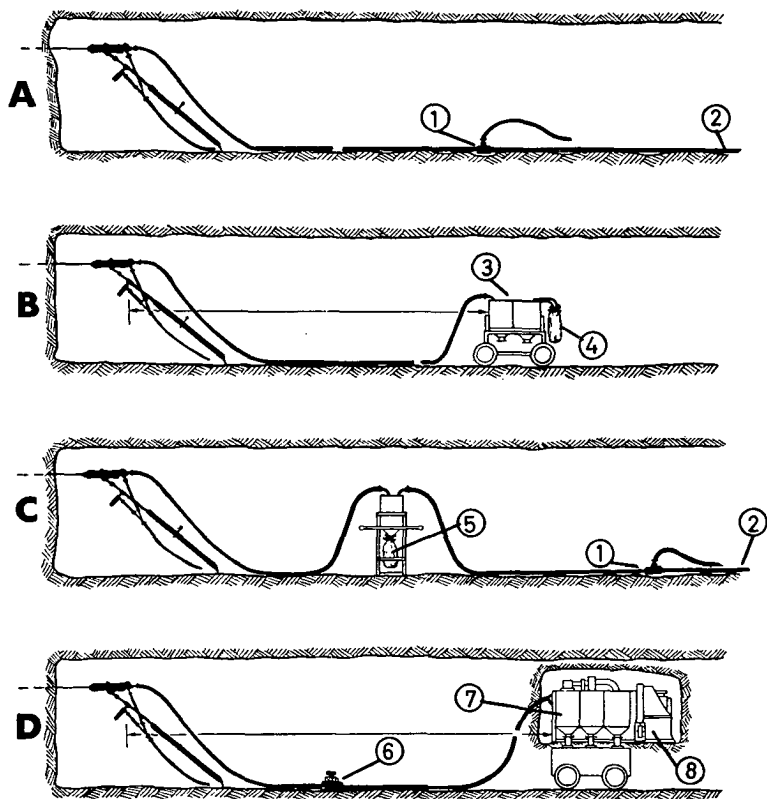


FIG. 55. — Différents dispositifs utilisables avec les foreuses à sec.

A: Evacuation des poussières par canalisation; B: séparation et filtration des poussières à la sortie de la foreuse; C: séparation sur place et évacuation des particules fines par canalisation; D: évacuation des poussières par canalisation jusqu'à une installation d'aspiration située dans une voie principale et contenant les chambres de séparation et de filtration.

1: Ejecteur d'air; 2: canalisation d'évacuation; 3: chambres de séparation; 4: filtre; 5: captage des grosses particules; 6: clapet de sûreté; 7: cyclone ou autre appareil de séparation; 8: ventilateur aspirant.

loin du chantier de foration, la circulation de l'air dans la canalisation doit être assurée au moyen d'injecteurs supplémentaires ou de ventilateurs (fig. 55).

CONTRÔLE ET ENTRETIEN DES MARTEAUX PERFORATEURS ET DES PERFORATRICES

Dans les mines où il est fait usage de marteaux perforateurs ou de perforatrices de quelque modèle que ce soit, le responsable de l'aéragé ou tout autre agent compétent devrait être chargé de contrôler toutes les machines de foration en service en même temps qu'il effectue les prélèvements de poussières. En outre, toutes les machines de foration devraient, toutes les semaines ou toutes les deux semaines au plus, être envoyées aux ateliers, où elles seront contrôlées et où les pièces usées seront changées. Les foreurs ne devraient pas être autorisés, pas plus que les autres travailleurs du fond, à démonter les machines de foration; ils ne devraient pas davantage en entraver le fonctionnement.

Machines de foration à injection centrale

L'agent chargé du contrôle des machines de foration au fond devrait, à l'occasion du contrôle, vérifier les points suivants des machines de foration à injection centrale:

a) arrivée d'eau au tube d'injection dans la partie arrière du marteau perforateur;

b) orifices d'échappement d'air ménagés dans la partie inférieure du marteau perforateur: les orifices ne devraient pas être obstrués;

c) jet d'eau, le fleuret enlevé: le jet devrait être ininterrompu et couler approximativement dans l'axe de la machine;

d) jet d'eau, le fleuret une fois en place: l'eau devrait s'écouler librement du taillant;

e) extrémité du tube d'injection d'eau: on s'assurera par un contrôle visuel que le tube n'est pas bloqué ni endommagé;

f) distance entre l'extrémité du tube d'injection et l'emmanchement du fleuret: cette distance sera contrôlée au moyen d'un calibre spécial (sur certains modèles, le tube d'injection pénètre dans le canal du fleuret; en pareil cas, un contrôle visuel du tube permettra de voir s'il pénètre dans l'emmanchement sur la longueur voulue);

g) formation de brouillard aux orifices d'échappement ménagés dans la partie inférieure du marteau perforateur: pendant la foration, il ne devrait pas se former un brouillard excessif;

h) pression d'eau: on mesurera la pression de l'eau injectée pendant la foration;

i) numéro et modèle de la machine: le numéro et le modèle seront notés pour être consignés dans le rapport du responsable.

Bien que des centaines de machines de foration à injection centrale puissent être utilisées quotidiennement dans une mine en donnant toute satisfaction, leur emploi n'en exige pas moins des précautions et des contrôles sévères, qui doivent permettre d'en conserver les caractéristiques d'origine.

Machines de foration à injection latérale

Le contrôle des machines de foration à injection latérale — il s'agit toujours ici des vérifications qui doivent être faites au fond — est plus simple que celui des machines à injection centrale. Il sera visuel et portera simplement sur le jet d'eau qui sort du taillant et sur les fuites que pourrait présenter la tête d'injection. Des observations devraient être faites pendant l'amorçage des trous et la foration; elles permettront de déterminer, dans le premier cas, s'il se forme éventuellement des poussières et de s'assurer, dans le second, que l'agglomération des débris de foration se fait bien.

Matériel de foration à sec

La production de poussières devrait être contrôlée visuellement tout au long de la foration; elle devrait l'être en outre, à intervalles réguliers, par prélèvements. Parmi les causes fréquentes de mauvais fonctionnement, on mentionnera celles qui suivent:

a) les joints d'étanchéité des appareils de dépoussiérage sont usés ou endommagés;

b) les chambres à filtres ne sont pas hermétiquement fermées;

c) les filtres sont encrassés par de l'huile ou de la saleté;

d) les éléments de filtration sont mal assemblés;

e) les filtres sont colmatés par les poussières;

f) les récipients où sont recueillies les poussières sont pleins;

g) les raccords des tuyaux de captage fuient.

Tout foreur qui utilise une machine de foration à sec devrait contrôler ces divers points régulièrement.

ESSAI DES MARTEAUX PERFORATEURS
ET DES PERFORATRICES

On trouvera, à l'annexe 2, la description d'installations d'essai pour marteaux perforateurs et perforatrices.

CHAPITRE VIII

TIR

Le danger que présentent les tirs, du point de vue de la formation de poussières, bien que reconnu de longue date, n'a cependant pas toujours été l'objet, jusqu'ici, de toute l'attention souhaitable. Différents pays avaient néanmoins adopté, déjà avant la seconde guerre mondiale, des prescriptions qui imposaient aux entreprises minières l'obligation de mettre en œuvre le matériel et de prendre les dispositions qui convenaient, eu égard aux connaissances techniques et scientifiques de l'époque, pour empêcher la formation de poussières pendant les tirs. Les plus importantes de ces précautions intéressaient les tirs au rocher.

La mesure dans laquelle l'empoussiérage total d'une mine est dû au tir varie fortement, qu'il s'agisse de la quantité de poussières produite ou de la durée des dégagements de poussières. Elle dépend, dans chaque cas, du programme de tir (fixé lui-même d'après la nature, la structure et la dureté de la roche à abattre, et d'après les problèmes d'abatage que pose celle-ci), de la méthode d'abatage et de l'importance des traçages et des travaux préparatoires qui doivent être effectués.

Quoi qu'il en soit, que les tirs s'effectuent sur un seul chantier ou sur plusieurs, les travailleurs exposés aux poussières qu'ils soulèvent — dont la concentration peut être extrêmement forte — doivent être protégés de façon efficace.

PRÉCAUTIONS GÉNÉRALES

Lors du choix de la méthode d'abatage ou d'exploitation, la préférence devrait aller aux méthodes qui permettent d'assurer un aérage abondant sur lequel puissent venir s'appuyer en quelque

sorte toutes les autres mesures de lutte contre les poussières. En outre, dès le stade de la planification, on peut s'efforcer de faire en sorte que les tirs soient aussi peu nombreux que possible et qu'ils ne s'effectuent qu'à heures fixes. Enfin, si l'on veut réduire l'empoussiérage et ramener au minimum possible l'exposition du personnel aux poussières, il conviendra d'avoir présentes à l'esprit les considérations et les précautions ci-après.

1. L'adoption de méthodes de foration et de techniques de tir judicieuses permet de réduire la quantité de poussières produites.

2. Diverses méthodes (tir par volée, etc.) permettent de réduire le nombre des tirs.

3. Avant les tirs, le mur, le toit et les parements devraient toujours être copieusement arrosés à proximité de la zone de tir.

4. Les tirs devraient toujours être fixés à des heures où seules quelques personnes risquent d'être exposées aux fumées qui en résultent (en fin de poste, par exemple).

5. On devrait veiller à ce que les personnes qui restent dans les chantiers pendant les tirs se tiennent hors de portée des fumées de tir.

6. Les poussières dégagées par les tirs devraient être rapidement évacuées, ou la concentration de poussières abaissée, grâce à un bon aérage.

7. Toutes les personnes chargées d'effectuer les tirs ou qui risquent d'être exposées aux fumées de tir devraient être mises au courant des dangers que présentent les poussières dégagées et être protégées contre ces dangers.

Le port de masques antipoussières ou l'aménagement d'abris à aérage indépendant offrent deux solutions simples, en apparence, au problème de la protection des travailleurs contre les poussières de tir. Toutefois, seules se trouvent protégées ainsi les personnes qui portent un masque ou qui se tiennent dans les abris en question. Si, dans certaines circonstances, ces deux précautions peuvent donner de bons résultats, leur application

n'en soulèvent pas moins de graves difficultés, au point qu'elles ne devraient être envisagées, pour assurer la protection des travailleurs, que dans des cas exceptionnels, lorsque aucune autre solution ne se laisse entrevoir. Dès lors, on devrait prendre les précautions voulues, soit pour empêcher que les poussières de tir ne soient libérées dans l'atmosphère, soit pour évacuer ces poussières hors de la mine, sans mettre les travailleurs en danger.

En établissant le programme des tirs, il est essentiel de bien choisir l'explosif qui convient pour les tirs à effectuer, compte tenu de la nature de la roche, de la manière dont se présente le front et de tous les facteurs qui peuvent influencer sur les caractéristiques de rupture du massif. En outre, il convient de vouer la plus grande attention à la disposition des trous de mine et à la quantité d'explosif utilisée. Pour toutes ces raisons, il est indispensable que les préposés au tir fassent l'objet d'une étroite surveillance.

TIR AU ROCHER

En roches dures, lorsque le minerai est abattu à l'explosif, des dispositions spéciales doivent être prises pour protéger les travailleurs contre les poussières et les fumées de tir. Les trous de mine sont forés en cours de poste puis chargés, et les tirs s'effectuent selon un programme établi d'avance, en fin de poste, alors que tous les travailleurs ou presque ont quitté la mine ou se sont retirés en amont aérage. La mise à feu proprement dite, qui n'exige la présence que de quelques personnes, peut se faire selon un horaire très strict, où devraient être indiquées l'heure des tirs (pour les différents chantiers où les tirs sont prévus) et les précautions à observer, de façon à éviter que des travailleurs ne soient exposés aux poussières ou aux fumées de tir provenant de chantiers voisins.

Après la mise à feu, les travailleurs ne devraient pas retourner sur l'emplacement de tir avant que les fumées aient été complètement entraînées par le courant d'aérage. Dans de nombreux pays, la durée de l'attente est fixée par la législation. Il devrait être interdit d'effectuer en cours de poste des tirs non prévus au

programme, sauf en cas d'urgence ou dans des circonstances particulières. C'est ainsi qu'il pourra être dérogé éventuellement à cette règle dans les circonstances suivantes :

- a) pour dégager un éboulement;
- b) pour enlever des blocs de grandes dimensions qui obstrueraient une cheminée, une chute ou une grille;
- c) dans les travaux préparatoires ou les creusements de galeries, à condition que des dispositions spéciales aient été prises.

La première éventualité ne se présente guère qu'en cas d'accident. La deuxième peut se produire dans les mines exploitées par tranches de sous-étage ou par des méthodes analogues. A propos de la troisième, on relèvera que, pour les creusements rapides, il est d'usage d'évacuer les fumées et les poussières de tir directement dans le puits de retour d'air par une canalisation ou par une voie d'aérage spéciale; il est aussi possible d'utiliser des filtres à fumées et à poussières (voir chap. XIV). Quelle que soit la raison pour laquelle les tirs sont effectués, les responsables doivent veiller à ce que les travailleurs ne risquent pas d'être exposés aux poussières ni aux fumées de tir.

Dans les mines de charbon, les tirs effectués dans les voies et les travers-bancs produisent de grandes quantités de poussières. Selon leur composition minéralogique, ces poussières sont formées, dans une proportion qui peut aller jusqu'à 80 pour cent, de particules inférieures à 3 microns. Pour mesurer combien il importe de lutter de façon efficace contre les dégagements de poussières produits par les tirs, il suffit de savoir que la teneur de l'atmosphère en poussières fines peut atteindre alors 3 000 mg/m³. En pareille quantité, ces poussières font peser une grave menace sur la santé des travailleurs, car elles restent longtemps en suspension dans l'air et sont transportées dans les chantiers de la mine par le courant d'aérage. Comme il n'est pas toujours possible d'effectuer les tirs uniquement aux changements de poste, ce ne sont pas seulement les travailleurs occupés au creusement des galeries qui sont exposés au danger, mais tous les travailleurs qui se trouvent sur le circuit d'aérage.

Fort heureusement, il existe différents moyens de lutter contre les poussières produites par les tirs dans les travers-bancs, les galeries, etc. Ces moyens, qui sont décrits ci-dessous, permettent de réduire fortement la quantité de poussières dégagée.

TIR AU CHARBON

Dans plusieurs pays producteurs de charbon, l'abatage du charbon à l'explosif l'emporte sur les autres méthodes d'abatage. Le plus souvent, les charges sont calculées avec précision pour assurer une dislocation uniforme du charbon, ce qui facilite les opérations d'abatage effectuées ensuite par d'autres moyens. Avec les mesures de lutte contre les poussières essayées jusqu'ici, il s'est révélé extrêmement difficile, voire impossible, de précipiter de façon efficace les poussières dégagées par les tirs au charbon, surtout dans l'exploitation par longues tailles, en raison du nombre élevé des points de tir.

Le dégagement de poussières produit par la désintégration du charbon pose un problème ardu. Il est difficile, en effet, de mettre en œuvre, dans le temps très bref du tir, une quantité d'eau suffisante pour obtenir une bonne agglomération des poussières. Du point de vue de la lutte contre les poussières, on devrait s'efforcer en taille, lors de l'abatage à l'explosif, de fissurer plutôt que de briser le charbon (soit dit en passant, la dégradation du charbon devant être évitée du point de vue de la production, cette règle va habituellement dans le sens des principes généraux d'exploitation). Aussi s'attachera-t-on d'ordinaire à utiliser des charges aussi faibles que possible (la tendance à utiliser des charges trop fortes est particulièrement marquée dans les recoupages du toit, où les charges nécessaires sont différentes à chaque tir), à disposer judicieusement les trous de mine et à utiliser un explosif qui convienne pour le travail effectué. Les prescriptions relatives au tir au charbon devraient être établies avec le plus grand soin. Quant au personnel chargé des tirs, il devrait être de toute confiance et recevoir une formation aussi complète qu'approfondie. Si les explosifs sont utilisés de façon correcte et

efficace, la production de poussières engendrée par les tirs peut être réduite à un minimum.

Tir avec infusion d'eau pulsée

La question de l'infusion d'eau au massif est traitée au chapitre IX, où l'intérêt que présente ce procédé pour la lutte contre les poussières est examiné. Le tir avec infusion d'eau pulsée repose sur l'application du principe de l'infusion au tir même: essentiellement, en effet, il s'agit de faire en sorte que le trou de mine et tous les interstices que présente la couche à proximité soient remplis d'eau sous pression au moment du tir. Cette méthode permet d'obtenir une forte réduction de la production de pous-

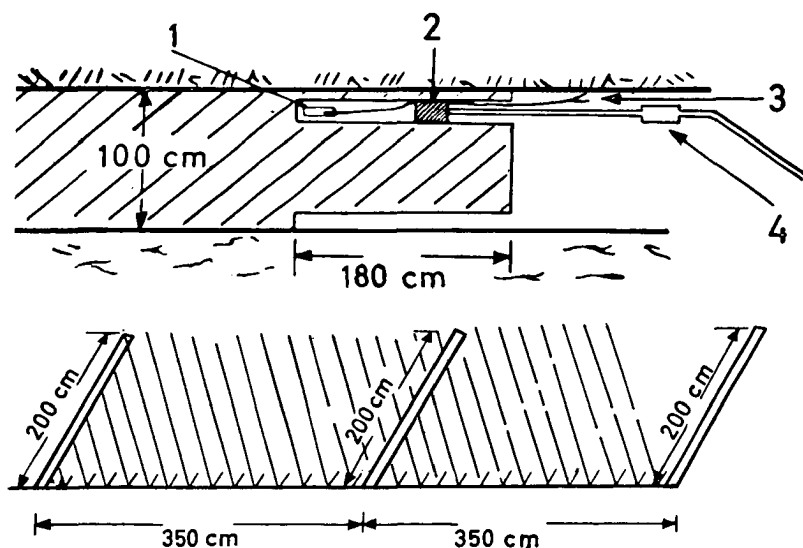


FIG. 56. — Tir avec infusion d'eau pulsée (coupe et élévation)
(proportions non respectées).

1: Charge; 2: bourrage d'eau; 3: tiges d'amorce; 4: canne d'infusion.
Charge: 450 g par trou.

sières lors des tirs. Le risque d'inflammation, dans les atmosphères grisouteuses, se trouve en outre réduit. Quant à l'efficacité des tirs, elle serait accrue.

En dépit de la généralisation des méthodes d'exploitation mécaniques, le tir avec infusion d'eau pulsée ne cesse de gagner du terrain, et les applications expérimentales s'en multiplient. Cette technique de tir peut être utilisée dans la plupart des types de couches, des plateures aux dressants. Elle a été essayée :

- a) pour le tir avec havage;
- b) pour le tir sans havage par trous de flanquement;
- c) pour le tir sans havage par longs trous.

La figure 56 montre l'application du tir avec infusion d'eau pulsée au charbon, avec havage. Les trous de mine sont forés à 40 cm environ du toit et à 3,50 m les uns des autres. Dans le cas considéré ici, la charge était de 450 g d'explosif par trou, et le bourrage, de 30 à 50 l d'eau, sous une pression de 15 à 23 kg/cm².

Les figures 57 et 58 illustrent deux manières de forer les trous de mine pour le tir avec infusion d'eau pulsée au charbon, sans havage cette fois. La disposition exacte des trous de mine dépend

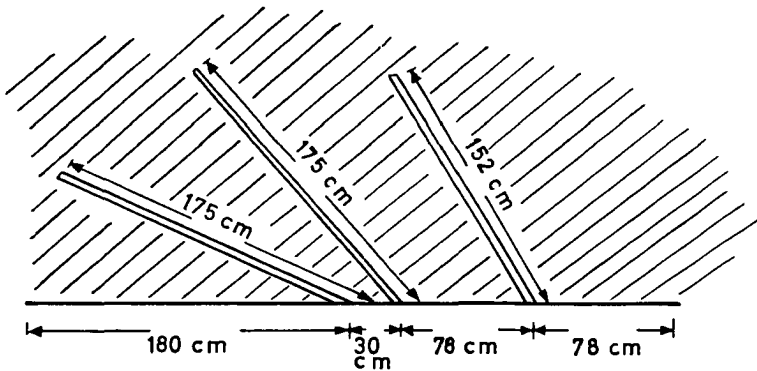


FIG. 57. — Attaque du front au moyen de trous orientés sous différents angles (proportions non respectées).

des conditions locales. Des résultats satisfaisants ont été obtenus dans la plupart des cas. On a pu surmonter les difficultés rencontrées parfois pour établir une face libre en taille en havant au mur ou en faisant sauter au préalable une petite niche. Le plus souvent, toutefois, il est possible de dégager une face libre de la manière indiquée dans les figures.

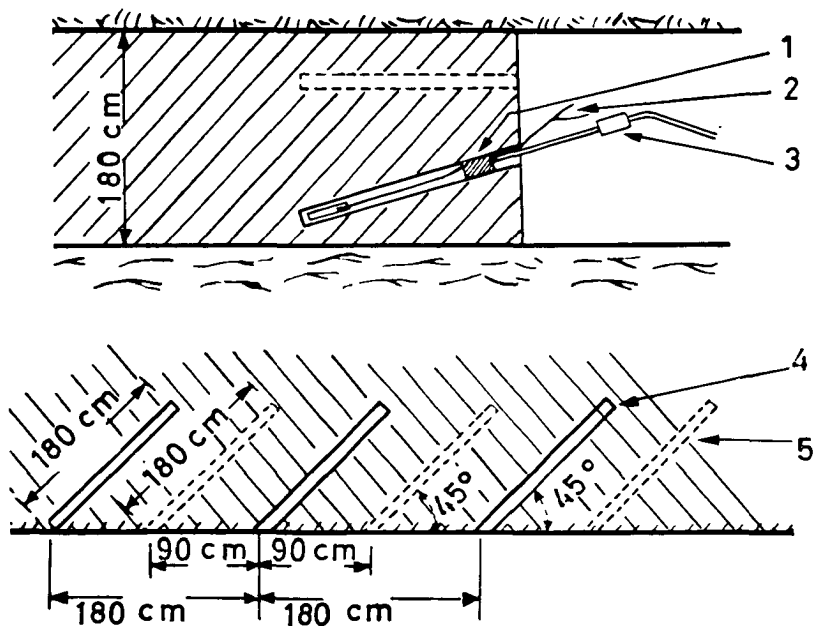


FIG. 58. — Tir au charbon compact (coupe et élévation)
(proportions non respectées).

1: Bourrage d'eau; 2: tiges d'amorce; 3: canne d'injection; 4: trous inférieurs; 5: trous supérieurs.

Charge: Trous supérieurs: 340 g; trous inférieurs: 170 g.

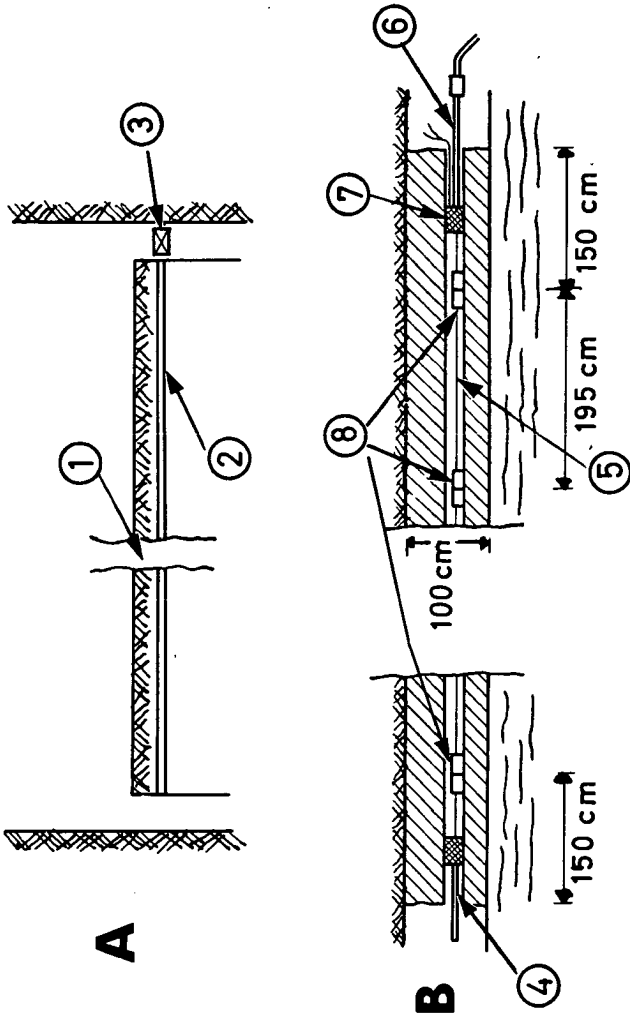


FIG. 59. — Remplacement des trous perpendiculaires au front par un seul trou parallèle à celui-ci (proportions non respectées).

A : Plan général; B : plan de détail.

1 : Fournée (1 m); 2 : trou parallèle au front; 3 : perforatrice; 4 : bourrage à dilataion; 5 : mèche « Cordtex »; 6 : canne d'injection; 7 : bourrage d'eau; 8 : charges (450 g).

Plutôt que de forer un grand nombre de trous de faible longueur perpendiculairement au front, il est possible, comme le montre la figure 59, de forer un seul trou en avant du front et parallèlement à celui-ci. Cette méthode, qui est utilisée à la fois pour l'infusion et l'abatage, se révèle très prometteuse. La principale difficulté rencontrée jusqu'ici a été d'aligner le trou sur le front de taille et de conserver la bonne direction de foration. Les essais effectués avec différents modèles de machines de foration ont permis d'arriver à une précision de plus en plus grande. Les charges sont placées à intervalles réguliers sur toute la longueur du trou; elles sont reliées au moyen d'un cordeau détonant et mises à feu à l'aide d'une amorce électrique spéciale.

Le matériel utilisé pour amener l'eau au trou de mine est, pour l'essentiel, celui qui est employé pour l'infusion au massif à haute pression. Dans le cas des tirs par volée, l'eau peut être amenée simultanément à tous les trous de mine grâce à un distributeur d'une conception appropriée.

Dans certains cas, la sécurité a encore été accrue grâce à un dispositif d'asservissement qui empêche la mise à feu tant que l'eau n'a pas atteint la pression voulue.

Tir avec cartouches d'eau

De nombreuses entreprises des mines de charbon utilisent depuis peu des cartouches d'eau pour le bourrage des trous de mine. Outre que l'adoption de cette méthode se traduirait par une amélioration des caractéristiques de rupture et une économie d'explosif, elle a conduit à une forte réduction du dégagement de poussières susceptibles d'être inhalées et retenues dans les poumons. L'eau est contenue dans des sacs de plastique de forme cylindrique qui peuvent avoir jusqu'à 50 cm de longueur. Les cartouches peuvent être remplies sur place ou être obtenues déjà pleines. Elles sont introduites avec la charge dans le trou de mine, qui est obturé par un bourrage normal sur une longueur suffisante. Des expériences ont été faites avec une cartouche placée soit derrière, soit devant la charge, et avec deux cartouches placées de

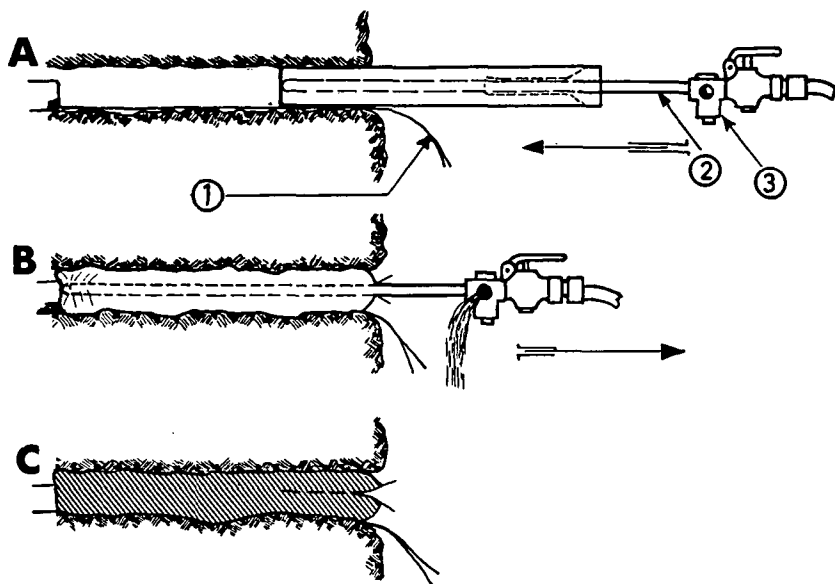


FIG. 60. — Bourre à eau « Parisis » à fermeture automatique.

A : Introduction; B : étui rempli; la soupape de décharge tarée de la canne de remplissage entre en fonctionnement; C : retrait de la canne de remplissage; la cartouche se ferme d'elle-même.

1 : Tiges d'amorce; 2 : canne de remplissage; 3 : soupape de décharge tarée.

chaque côté de la charge. La dernière solution est vraisemblablement la meilleure.

Le tir avec cartouches d'eau a fait l'objet d'essais étendus dans les mines de la République fédérale d'Allemagne, de la Belgique et du Royaume-Uni. Pour une série d'essais, on a utilisé des cartouches de chlorure de polyvinyle d'un diamètre de 36 à 38 mm, d'une longueur d'environ 35 cm et d'une capacité de 300 cm³. Le liquide utilisé, en l'occurrence, était une solution de chlorure de sodium à 5 pour cent, à laquelle était ajouté un peu de carbonate de sodium. Les cartouches étaient fermées par un procédé spécial et maintenues en place au moyen d'un coin.

Une autre cartouche a été mise au point récemment. Faite également de chlorure de polyvinyle, elle est pourvue d'une valve à fermeture automatique et peut être introduite dans le trou de mine fixée à l'extrémité d'un tuyau qui est raccordé au réseau de distribution d'eau. En ouvrant l'eau, on provoque le remplissage de la cartouche, qui gonfle et fait office de bourrage. Le tuyau peut être retiré sans aucune chute de pression, grâce à la valve à fermeture automatique dont la cartouche est munie. Le montage d'une soupape de décharge tarée sur le tuyau de remplissage permet d'obtenir dans la cartouche une pression déterminée d'avance (fig. 60).

L'emploi de ces cartouches se serait traduit par une diminution de 40 à 60 pour cent du dégagement de poussières consécutif aux tirs. En outre, il réduit le risque de coup de grisou et de coup de poussières et entraîne une amélioration du rendement du tir. Ces cartouches ont aussi été utilisées pour les tirs au rocher.

Pour conclure, il n'est pas sans intérêt de signaler que, dans un essai effectué sous contrôle à l'aide de cartouches d'eau, le volume d'eau utilisé a été de 4,6 l seulement, alors que pour abattre les poussières au moyen d'un rideau de brouillard, 1 200 l d'eau étaient pulvérisés en 20 mn.

Brouillard d'eau

La méthode la plus ancienne qui ait été utilisée pour lutter contre les poussières au cours des tirs, dans les avancements, consiste à déployer dans la galerie sur une certaine longueur, avant et pendant le tir, un rideau de brouillard d'eau qui précipite les poussières et les fumées de tir. Le brouillard est produit par des pulvérisateurs à air et à eau connus parfois sous le nom de « canons à brouillard », qui sont orientés vers le front de la galerie. Les figures 61 A et B représentent deux modèles de canon à brouillard.

Cette méthode peut être utilisée, aussi bien avec un aérage secondaire soufflant qu'avec un aérage aspirant, dans la plupart des travaux préparatoires (fig. 62). L'installation devrait comprendre

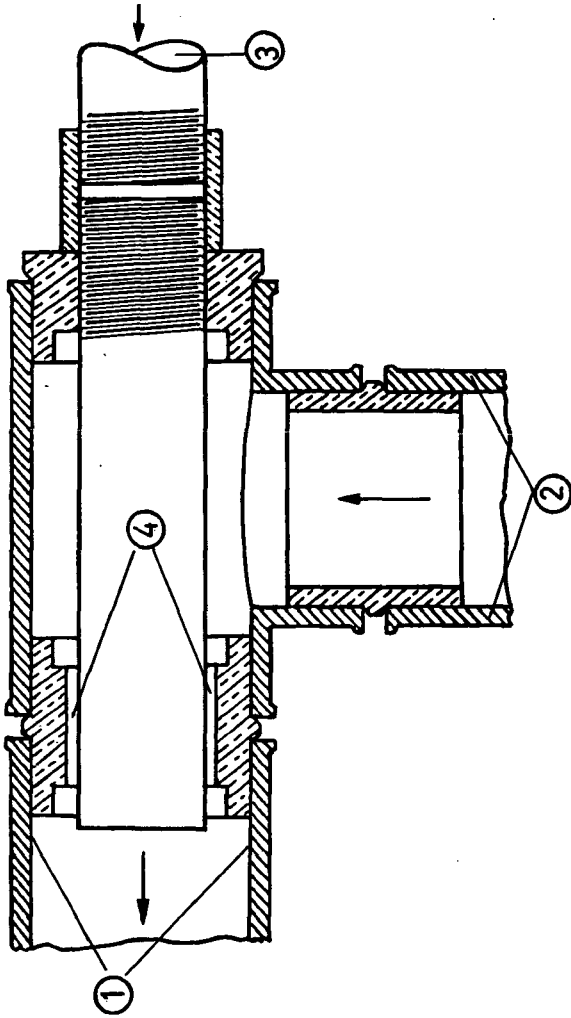


Fig. 61 A. — Projecteur de brouillard simple.
1: Sortie; 2: entrée d'air; 3: entrée d'eau; 4: orifices annulaires d'entrée d'air correspondant à un diamètre minimal de 1,5 mm.

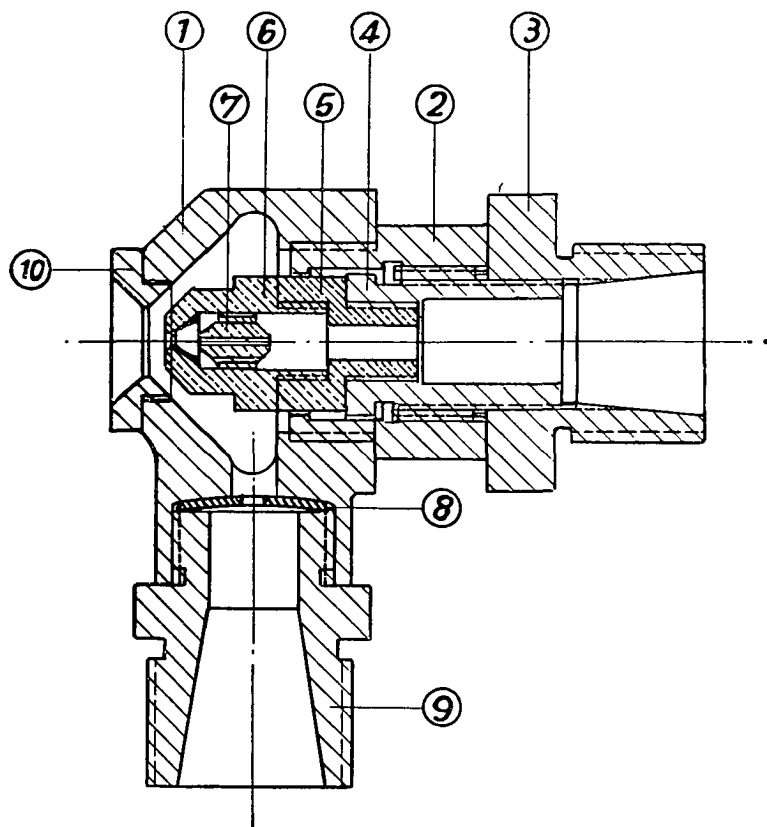


FIG. 61 B. — Pulvérisateur mixte (BEF).

1: Corps; 2: manchon; 3: raccord d'eau; 4: douille de réglage fileté; 5: base du gicleur; 6: gicleur; 7: cannelures; hélicoïdales; 8: pastille; 9: raccord d'air; 10: diffuseur conique.

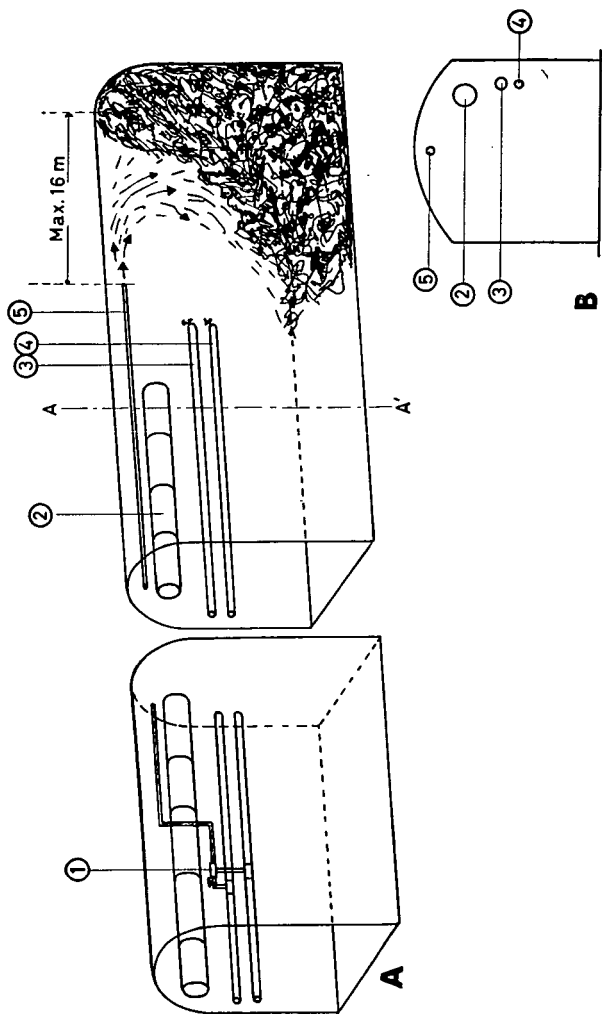


FIG. 62. — Position du projecteur à brouillard dans un avancement.

A: Vue d'ensemble; B: coupe en A-A'.

1: Projecteur à brouillard relié aux réseaux d'air comprimé et d'eau; 2: canar d'aérage; 3: conduite d'air comprimé; 4: conduite d'eau; 5: tuyau du projecteur de brouillard (maximum 16 m du front).

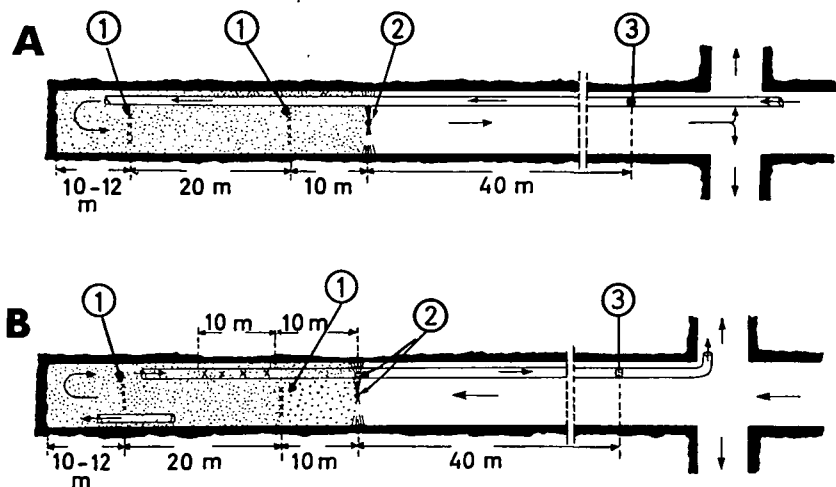


FIG. 63. — Projection d'un brouillard d'eau.

A: Aéragé soufflant; B: aéragé aspirant.

1: Pulvérisateurs à brouillard; 2: pulvérisateurs d'eau; 3: ventilateur.

un ou plusieurs pulvérisateurs. L'eau devrait y être envoyée avant le tir, et la pulvérisation devrait se poursuivre pendant 20 à 30 mn au moins après le tir. Le système est utilisé à grande échelle dans les mines de la Ruhr, sous le nom de « tir avec rideau de brouillard ». La zone de brouillard est produite par des pulvérisateurs à air et à eau. Elle s'étend sur une distance de 30 m en arrière du front. En outre, des pulvérisateurs à eau disposés dans la galerie et (lorsque l'aéragé est aspirant) dans la canalisation d'aspiration abattent les poussières encore contenues dans le mélange de brouillard et de poussières formé au front. La figure 63 montre la disposition générale de l'installation avec aéragé soufflant et aéragé aspirant. On a essayé également de combiner l'action du brouillard et la filtration dans un système qui fonctionne avec aéragé aspirant et où les pulvérisateurs montés précédemment

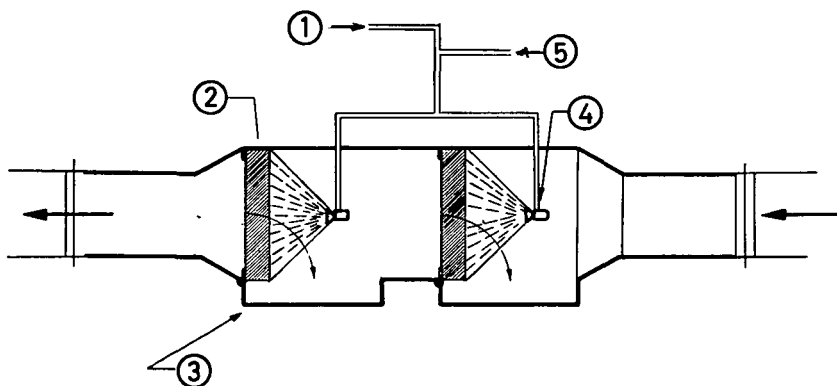


FIG. 64. — Précipitation des poussières dans un canar de retour d'air.

1: Entrée d'air; 2: position du filtre pendant la précipitation; 3: logement du filtre quand celui-ci n'est pas en usage; 4: pulvérisateur; 5: entrée d'eau.

dans la canalisation d'aéragé sont remplacés par un certain nombre de filtres à anneaux Raschig placés, chacun, à l'intérieur de la canalisation, dans le jet d'un pulvérisateur d'un débit d'environ 20 l/mn (fig. 64). Les filtres sont montés de façon telle que, lorsqu'ils ne sont pas en usage, ils peuvent être soit tournés d'un angle de 90 degrés selon un axe vertical, soit abaissés dans un logement ménagé au fond de la canalisation, ce qui réduit la résistance que rencontre le courant d'air. Les canars où les disques de filtration sont installés devraient avoir un diamètre double de celui du reste de la canalisation d'aéragé, de façon que, pendant les tirs, une quantité d'air suffisante puisse y circuler.

Filtration à sec

La suppression des poussières contenues dans les fumées de tir peut se faire encore au moyen d'installations de filtration. Actuellement, ce sont les filtres à manchons de tissu qui sont les plus efficaces: ils retiennent jusqu'à 99 pour cent des particules

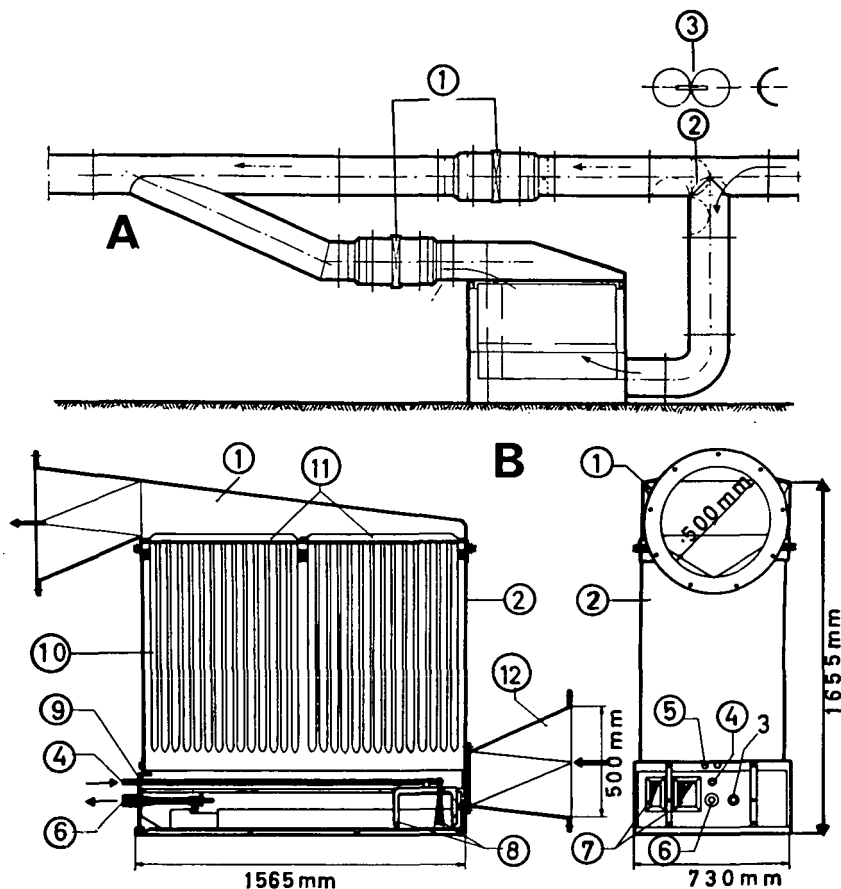


FIG. 65. — Filtre mobile pour l'élimination des poussières de tir.

A: Vue d'ensemble. 1: Ventilateurs; 2: porte de dérivation articulée à fermeture automatique; 3: détail de la porte 2.

B: Coupe longitudinale et vue en bout du filtre. 1: Couvercle; 2: bâti, 3: prise d'air comprimé; 4: prise d'eau; 5: manettes pour secouage du filtre; 6: évacuation des boues; 7: regards; 8: pulvérisateurs avec racleur; 9: bac de dépôt des poussières; 10: filtres de tissu; 11: rampes de support des filtres; 12: raccord d'admission d'air dans les filtres.

susceptibles d'être inhalées et retenues dans les poumons (contrôle par comptage). Plusieurs modèles de filtres de ce genre sont décrits au chapitre V. Des installations mobiles spéciales de filtration ont été mises au point pour lutter contre les poussières produites par les tirs (voir fig. 65 et planche V).

Les installations de filtration sont d'une construction ramassée, de sorte qu'elles peuvent être installées dans l'espace restreint qu'offrent généralement les galeries, comme le montre la planche V, sans que des excavations spéciales soient nécessaire. Le nettoyage des manchons de filtration se fait par secouage ou battage. Les poussières retenues sont recueillies dans un collecteur d'où elles peuvent être évacuées dans des sacs ou éliminées à l'eau.

Malgré leur grande efficacité, même pour la filtration des particules les plus fines, les filtres de tissu devraient être utilisés avec précaution pour la suppression des poussières de tir. A supposer même que leur rendement soit de 99 pour cent, en effet, si la concentration d'un nuage de poussière atteint 25 000 particules de moins de 5 microns par centimètre cube, elle sera encore après filtration, lorsque le filtre fonctionne parfaitement, de 250 particules par centimètre cube: il y a des chances, on le voit, pour que la concentration des poussières demeure excessive même après la filtration. De plus, en raison de la grande quantité de poussières que dégagent les tirs, les filtres risquent de se colmater et d'être mis hors service. Aussi ne devraient-ils être utilisés d'ordinaire que lorsque le programme de tir n'est pas trop chargé; même alors, une surveillance minutieuse s'impose.

CHAPITRE IX

ABATAGE DU CHARBON

Le front de taille étant l'endroit où l'activité est la plus intense dans les mines de charbon, c'est là que le problème de l'élimination des poussières doit être étudié avec le plus de soin. La plupart des roches qui constituent le terrain où sont situées les exploitations minières contiennent de la silice libre et, dans les mines de charbon, les poussières, bien que composées en majeure partie de charbon, sont mélangées avec d'autres poussières dégagées par les couches contiguës au cours d'opérations telles que la foration, le recoupage du toit, le remblayage et, dans certains cas, le havage. Pour éviter ou limiter le risque auquel sont exposés, de ce fait, les travailleurs, le seul moyen satisfaisant est d'utiliser des procédés qui éliminent ces poussières à leur source.

Ces dernières années, l'exploitation des mines de charbon a été marquée par une tendance croissante à concentrer la production et à augmenter la vitesse d'avancement du front de taille. Cette tendance, qui va de pair avec une mécanisation de plus en plus poussée et un perfectionnement sans cesse accru des machines utilisées, exige que l'on voue une attention croissante aux méthodes d'élimination des poussières.

Les poussières dégagées lors des travaux d'exploitation au front de taille peuvent être classées grosso modo en trois catégories, selon leur source, à savoir: celles que produisent les mouvements de terrain dans les zones non encore exploitées situées derrière le front de taille, celles qui sont dégagées par les opérations d'abatage proprement dites, et enfin celles qui résultent des travaux secondaires effectués au front de taille. C'est principalement de la lutte contre les poussières dues aux deux premières

causes qu'il sera question dans le présent chapitre. Les moyens de combattre la formation de poussières dues à la troisième cause seront examinés au chapitre X (transport des produits).

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Quel que soit le procédé utilisé, l'exploitation d'une veine produit inévitablement du charbon fractionné et des poussières à particules fines. La quantité de matière produite et sa granulométrie sont fonction des caractéristiques physiques du charbon, de la nature de la veine, de la préparation du front de taille, du type de machine utilisé pour l'abatage ainsi que de la mesure dans laquelle cette machine convient à l'exécution du travail en cours, et, ce qui est particulièrement important, de l'état des éléments de coupe de la machine et du bon fonctionnement général de celle-ci.

Caractéristiques physiques du charbon

La friabilité, les plans de clivage et la quantité de poussières comprises dans le massif sont quelques-unes des caractéristiques physiques qui influent sur la quantité de fines et de poussières produites par un procédé d'exploitation donné, comme aussi sur leur nature. Outre les poussières déposées dans les cassures ou les fissures, l'exploitation d'une veine peut dégager des poussières naturelles dues à la friabilité du charbon et au procédé d'exploitation mécanique utilisé. On peut lutter contre les poussières naturelles en injectant de l'eau dans la veine avant l'abatage, mais l'efficacité de cette méthode dépend de la nature du charbon et de la structure des cassures et des clivages.

Etat de la veine et du front de taille

La friabilité de la veine est un facteur décisif du point de vue du dégagement des poussières. Toutefois, ce facteur peut être modifié par la structure du système de clivage, et les dérangements des couches dans les zones partiellement exploitées peuvent provoquer un empoussiérement beaucoup plus prononcé que lorsque le front de taille est situé dans une zone vierge. D'autre part, les

plans de clivage peuvent avoir pour effet d'abaisser le degré de broyage durant l'abatage mécanique de la veine. Relevons qu'il importe tout particulièrement d'étudier minutieusement la stratification et le système de soutènement envisagé, de manière que ce dernier soit adapté aux caractéristiques naturelles de la veine et à la méthode d'exploitation que l'on va utiliser.

En ce qui concerne le front de taille, on peut empêcher le dégagement d'une grande partie des poussières en veillant à ce qu'il soit convenablement nettoyé et que le sol ne soit pas couvert de fines et autres déchets.

Machines d'abatage

Si le choix d'une machine doit être fondé sur des considérations techniques, il convient cependant de s'assurer que les conditions au front de taille et la veine se prêteront à l'utilisation de cette machine et que la quantité de poussières qu'elle dégagera ne sera pas accrue par un broyage excessif.

Les principaux éléments d'une machine sont ses organes de coupe, ou pics. L'état de ces pics, leur ajustement et leur tranchant sont très importants, qu'ils soient montés sur des chaînes, des disques, des tambours ou sur tout autre système rotatif. L'utilisation de pics émoussés est l'une des causes les plus courantes de la production excessive de poussières fines.

La machine doit être maintenue en bon état de marche par un entretien régulier, car, en cas de mauvais fonctionnement des rabots ou de conduite défectueuse, elle peut tailler dans le toit ou dans le mur, ou reprendre du charbon déjà abattu, ce qui accroît la quantité de poussières dégagées.

CONTRÔLE DU TOIT ET SOUTÈNEMENT

Au nombre des éléments qui contribuent à empêcher la formation de poussières, un bon contrôle du toit et un soutènement approprié jouent un rôle dont l'importance ne devrait pas être négligée. Des expériences à cet égard ont montré, dans un cas, qu'une réduction de 43 pour cent de la convergence du toit et

du mur, entre le front de taille et le remblayage dans une longue taille, s'est traduite par une diminution sensible de la concentration moyenne de poussières en suspension dans l'air, laquelle, mesurée avec un précipitateur thermique, s'est trouvée ramenée de 1 400 à 650 particules par centimètre cube. L'examen de la seconde série d'échantillons a révélé également que la proportion des particules très fines avait diminué. Pour ce qui est de la reprise des piliers, il importe de maintenir l'alignement, afin que le foudroyage soit uniforme et complet. Si des piliers isolés sont laissés en place, le charbon non exploité subit une pression excessive, ce qui a pour effet d'accroître la quantité de poussières formées.

En plus du contrôle minutieux des mouvements de terrain qui s'impose au cours des travaux d'exploitation, on peut réduire dans une large mesure la quantité de poussières dégagées par ces travaux grâce à des infusions d'eau. Cette méthode consiste à injecter de l'eau entre les plans de clivage et dans les cassures, ce qui humidifie les poussières qui s'y trouvent et empêche leur dégagement au cours de l'abatage. Une partie ultérieure du présent chapitre est consacrée à cette question.

MARTEAUX PIQUEURS

Les marteaux piqueurs sont utilisés dans une large mesure parallèlement au havage mécanique (afin de détacher les blocs de charbon après les tirs ou en lieu et place des tirs) ou encore parfois, lorsqu'on exploite des veines tendres, au lieu du havage mécanique. Ils sont également employés pour le recoupage du toit et pour l'exécution d'autres travaux en roche tendre dans les galeries et autres excavations.

La poussière dégagée par les marteaux piqueurs est due principalement à la pulvérisation du minéral au point de percussion de l'aiguille. Une quantité appréciable de poussières peuvent être mises en suspension par l'échappement d'air de l'outil, par des fuites d'air, ou encore par la chute des blocs de minerai qui ont été ébranlés. Les moyens auxquels on a recouru pour diminuer la quantité de poussières dégagées ainsi ont consisté notamment

à étudier soigneusement la construction des marteaux piqueurs et à combiner leur utilisation avec la pulvérisation ou l'injection d'eau.

Conception générale

La force de pénétration est un élément essentiel du point de vue de la formation de poussières. Des pointes bien affilées et des mécanismes d'une puissance appropriée permettent non seulement de réduire la quantité de poussières produites par unité de travail effectuée, mais aussi de diminuer le temps nécessaire pour accomplir un même travail et, partant, la durée de l'exposition aux poussières. De ce fait, un entretien minutieux des outils et un approvisionnement suffisant en aiguilles sont de la plus grande importance si l'on veut éviter un dégagement excessif de poussières.

La réduction de l'agitation des poussières provoquée par l'échappement et les fuites d'air dépend du soin apporté à la fabrication de l'outil. La vitesse de l'air à la sortie de l'échappement doit être réduite autant que possible et l'échappement doit être muni d'un déflecteur destiné à éviter que l'air ne soit dirigé contre le sol ou le front de taille. Les fuites sont habituellement dues à un manque d'étanchéité qui permet à l'air de traverser le marteau et de s'échapper le long de l'aiguille. Leur importance dépend du bon état de l'outil, bien qu'il soit impossible de les éliminer entièrement dans la pratique. On a essayé de recourir à divers moyens pour dévier ce courant d'air, notamment de monter des disques ou des écrans en caoutchouc sur l'aiguille et d'utiliser

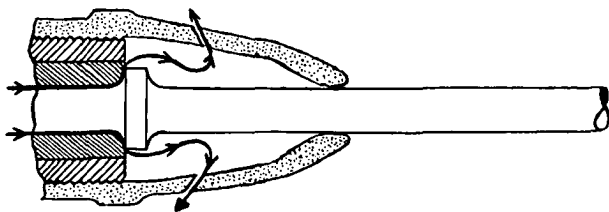


FIG. 66. — Guide-aiguille perforé faisant office de déflecteur pour écarter de la taille les fuites d'air d'un marteau piqueur.

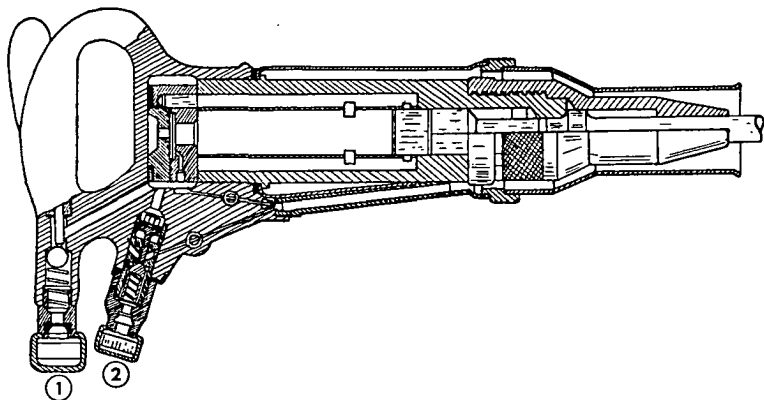


FIG. 67. — Marteau piqueur à pulvérisation périphérique et amenée d'eau commandée par l'air comprimé.

1: Amenée d'air; 2: amenée d'eau.

des bagues à l'intérieur du décaleur. Aucun d'eux ne s'est révélé vraiment efficace; en outre, les bagues ont tendance à faire baisser le rendement de l'outil (fig. 66, 67 et 68).

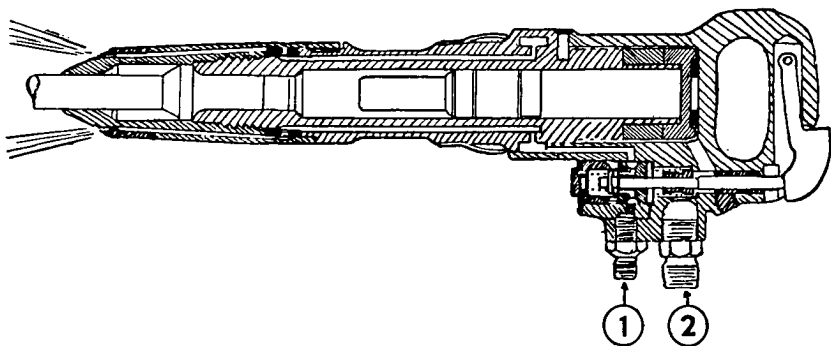


FIG. 68. — Marteau piqueur à pulvérisation d'eau, avec amenées d'air et d'eau à commande unique.

1: Amenée d'eau; 2: amenée d'air.

Utilisation de l'eau

A cause des inconvénients exposés ci-dessus, il apparaît nécessaire d'appliquer des mesures d'élimination des poussières durant l'utilisation des marteaux piqueurs. A cet effet, l'eau a été utilisée suivant diverses méthodes: arrosage à la main du point d'attaque, dispositif d'injection latérale et dispositifs (incorporés) d'injection centrale.

Le premier système de ce genre consistait en un jet unique dirigé vers le point d'attaque, puis on constata que l'on obtenait de meilleurs résultats au moyen de plusieurs jets orientés de manière à former une gerbe d'eau autour du point d'attaque. Afin que l'appareil ne puisse travailler à sec, l'alimentation du marteau est commandée par un vanne qui règle à la fois l'alimentation en air et en eau, une quantité d'eau fixe ou variable étant pulvérisée tant que l'outil fonctionne. La possibilité de faire varier le débit d'eau présente des avantages, notamment dans l'exploitation de veines tendres, où l'on peut détacher de grandes quantités de charbon au marteau, ce qui risque d'accroître l'empoussiérage.

On a critiqué le marteau piqueur à injection d'eau du fait que le mineur qui s'en sert se fait mouiller, soit parce que le système d'alimentation a des fuites, soit parce que l'eau rejaillit du front de taille. On peut éviter ces inconvénients en entretenant soigneusement le matériel et en réglant la pression de l'eau; ajoutons que, l'expérience venant, l'ouvrier surmonte les difficultés qu'il peut éprouver au début à cet égard. Certains marteaux sont d'ailleurs pourvus d'un dispositif destiné à protéger l'ouvrier contre les éclaboussures.

L'utilisation des marteaux piqueurs à injection d'eau présente divers inconvénients et fait l'objet d'une prévention assez marquée. Ces inconvénients sont l'encombrement supplémentaire que représente le système d'alimentation en eau et la gêne qu'il cause et les difficultés d'entretien inhérentes à l'utilisation de l'eau. L'emploi de ces marteaux s'est cependant accru ces dernières années, et il ne fait aucun doute qu'il contribue utilement à l'élimination des poussières.

Marteaux piqueurs à pulvérisation.

On a également fabriqué des marteaux piqueurs qui projettent au point d'attaque un mélange d'eau et d'air. Leur utilisation n'est cependant pas à conseiller, car on a constaté que leur pouvoir d'élimination des poussières est insuffisant.

Conditions d'utilisation.

Les marteaux piqueurs à injection d'eau peuvent être utilisés pour l'abatage du charbon aussi bien en plateure qu'en dressant. Ils donnent des résultats particulièrement bons dans les veines de faible ou moyenne puissance, l'ouvrier n'étant pas obligé, dans ce cas, d'élever le marteau plus haut que l'épaule. Ils ont également été utilisés avec succès pour le recoupage des épontes, des tests réalisés dans certaines conditions ayant permis de constater que la production des poussières avait diminué de plus de 90 pour cent; on a aussi obtenu des résultats favorables en les utilisant pour le creusement des potelles et pour exécuter d'autres travaux dans des roches dures.

HAVEUSES

Toutes les machines de havage et d'abatage ont pour objet de désagréger le charbon. Les pics de havage, qu'ils soient montés sur des chaînes, des disques ou des tambours, désagrègent le minerai avec force, opération qui peut être une source abondante d'empoussièrement. Le dégagement des poussières peut également être dû à des causes secondaires, au nombre desquelles figurent la chute des blocs de charbon, l'échappement d'air des machines à air comprimé lorsqu'on utilise de telles machines, et enfin les mouvements des machines elles-mêmes.

Havage humide

Le dégagement de poussières étant très abondant lors de l'utilisation des haveuses, on s'est rapidement rendu compte qu'il

était nécessaire d'avoir recours à l'eau en les utilisant. Les premiers essais d'humidification, qui consistaient en un arrosage extérieur à la main, ne se révélèrent pas très efficaces pour humidifier les grandes quantités de havrit produites.

Par la suite, on recourut à l'arrosage « extérieur » au moyen de jets d'eau dirigés contre la saignée ou la chaîne de havage à partir de points de la machine choisis à cette fin. On obtient les meilleurs résultats en dirigeant l'eau de haut en bas, vers la base des pics, sur le côté du bras où la chaîne attaque la saignée, de façon que l'eau et la boue soient entraînées dans la saignée. Un second jet d'eau dirigé vers l'endroit où la chaîne sort de la saignée s'est révélé utile (fig. 69 et 70).

Il restait à obtenir un mélange plus intime de l'eau et des poussières. On a essayé pour cela d'installer un système d'arrosage à l'intérieur du bras des haveuses, mais des difficultés résultant de dégâts dans le circuit alimentation en eau et au colmatage des aju-

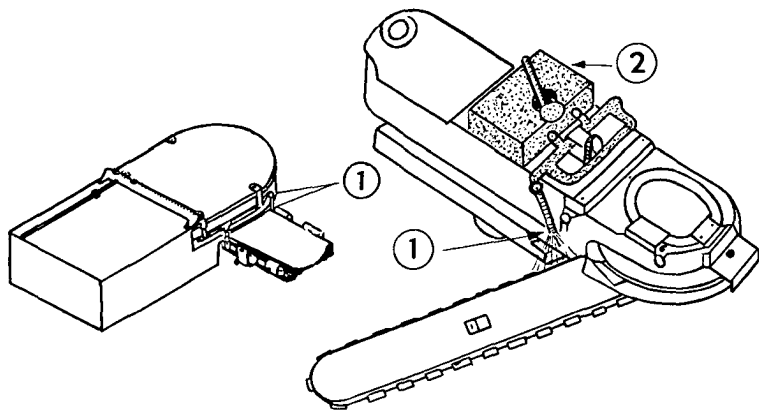


FIG. 69 (à gauche). — Pulvérisateurs extérieurs montés sur une haveuse longwall.

FIG. 70 (à droite). — Installation de pulvérisation montée sur une haveuse arcwall.

1: Pulvérisateurs; 2: réservoir d'eau.

tages en ont empêché l'adoption pendant plusieurs années. Le principe est applicable aussi bien au havage au mur ou au toit qu'au havage vertical, et il est particulièrement indiqué lorsqu'on utilise des machines électriques, car, dans ce cas, l'arrosage extérieur peut parfois être dangereux. Outre qu'il élimine les poussières, l'arrosage des pics durant le havage tend également à empêcher l'inflammation par des étincelles produites par frottement (fig. 71).

Le *dust suppression jib*, mis au point au Royaume-Uni par les services de recherche de l'Office national du charbon, constitue un système très efficace d'élimination des poussières lors du havage. Il s'agit d'un bras à l'intérieur duquel est installé un système d'arrosage qui ne s'obstrue pas et qui permettrait de réduire le dégagement de poussières susceptibles d'être inhalées dans une proportion de 13 à plus de 60 pour cent par rapport au havage à sec. Ce bras est muni d'un tuyau souple en nylon, qui amène l'eau de la haveuse à un réservoir situé à l'avant du bras, d'où elle est injectée par des fentes pratiquées dans le panneau supérieur du bras. Aux vitesses de havage normales, la quantité d'eau nécessaire est au maximum de 15 l/mn (fig. 72).

Un point qui mérite attention dans le havage humide, c'est que la commande de l'alimentation en eau doit être située sur la machine, faute de quoi les conducteurs de haveuse peuvent être tentés de travailler à sec ou, au contraire, d'arroser à l'excès, sans parler du gaspillage d'eau qui peut se produire lorsque la machine est à l'arrêt.

Autre point très important, si les méthodes exposées ci-dessus permettent de réduire dans une forte proportion (probablement de l'ordre de 80 pour cent) le passage en suspension des grosses particules, leur effet sur les particules de moins de 5 microns est beaucoup plus limité, du fait que l'efficacité de l'eau en tant que moyen de précipitation des poussières baisse rapidement en dessous de cette grosseur, comme on l'a vu au chapitre III.

Sources d'empoussiérage secondaires

La vitesse de havage et les dimensions du havrit dépendent de la finesse du tranchant des pics, comme aussi de la forme et de

l'entretien de ces derniers. Emoussés, les pics produisent plus de poussières et des poussières plus fines que lorsqu'ils sont bien affûtés; d'autre part, s'ils sont mal réglés, s'il en manque un ou plusieurs, si un bras se trouve tordu ou en mauvais état, non seulement le rendement de la haveuse diminuera, mais aussi la proportion des particules fines par rapport aux grosses particules augmentera. Ce sont là des points auxquels on doit prêter autant d'attention qu'aux mesures visant à empêcher le passage des poussières en suspension dans l'air.

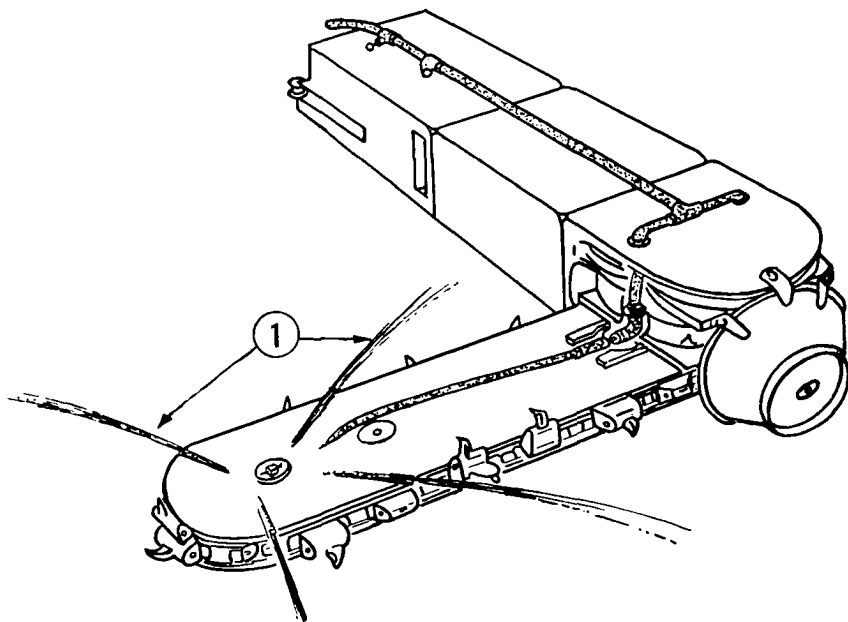


FIG. 71. — Bras de haveuse avec alimentation d'eau intérieure.

1: Pulvérisateurs.

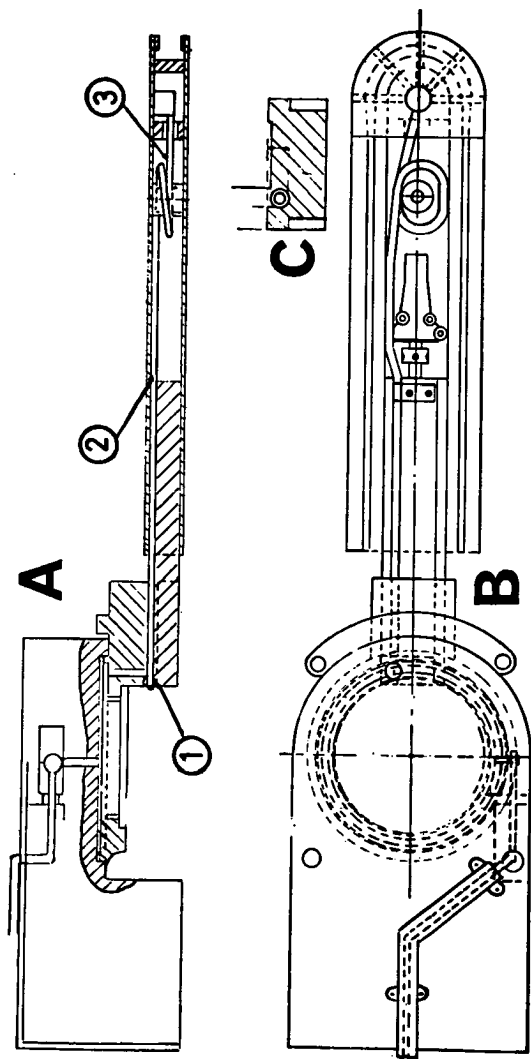


FIG. 72. — Bras de havage humide du Central Engineering Establishment (Royaume-Uni).

A: Coupe; B: vue d'en haut avec panneaux supérieurs du bras enlevé; C: coupe du support de bras.

1: Branchement d'eau automatique par joint torique lorsque le support est en position dans la tête de havage; 2: tube d'acier de 9 mm de diamètre extérieur; 3: flexible.

L'eau passe de la haveuse au bras de havage par un conduit forcé dans la console du bras et fermé par des joints toriques à chaque extrémité.

Les haveuses sont conçues de manière à pouvoir attaquer le front de taille à différentes hauteurs. Lorsque le havage se fait au-dessus du mur, l'eau devrait passer par le bras, de façon que le jet soit projeté sur la saignée, et il conviendrait d'utiliser des goulottes ou d'autres dispositifs de ce genre pour décharger le havrit sur le sol ou sur un convoyeur, de manière à ne laisser échapper dans l'atmosphère que le minimum de poussières fines. En cas de havage au mur, il est d'autre part recommandé d'utiliser des dispositifs d'évacuation des havrits, car ils limitent dans une large mesure la reprise et le broyage du havrit par la chaîne.

Dans le cas des haveuses à air comprimé, il importe de veiller à ce que l'échappement de l'air s'effectue de telle sorte qu'il ne puisse soulever les poussières déposées alentour, tant sur le sol que sur les autres surfaces. L'emploi de haveuses électriques présente un avantage à cet égard.

La recherche dans ce domaine a porté également sur les autres facteurs qui jouent un rôle dans la production des poussières, notamment sur la profondeur de la saignée et la vitesse de la chaîne, comme aussi sur la possibilité d'utiliser un système d'aspiration des poussières fines. On a constaté que le dégagement des poussières varie avec le genre de charbon, selon la perméabilité spécifique de celui-ci, et, en outre, que la traversée des nerfs stériles dégage généralement une plus grande quantité de poussières que le havage dans le charbon. Il est probable que des recherches plus approfondies sur cette question et sur l'abatage humide des poussières, menées de pair avec des essais pratiques au fond, permettront de perfectionner les méthodes de lutte contre les poussières employées lors du havage et de l'utilisation de toute autre machine servant à abattre le charbon ou d'autres couches de terrain au moyen de pics à mouvement rapide.

Alimentation en eau

Il est indispensable de pouvoir disposer constamment, sur les fronts de taille exploités mécaniquement, d'une eau pure sous

une pression appropriée (de 4 à 7 kg/cm², parfois plus). L'installation et l'entretien du réseau de distribution doivent faire l'objet d'un soin particulier. Une canalisation doit être amenée au front de taille, sur laquelle on puisse brancher des flexibles de raccordement au matériel mobile (fig. 73).

Sur les lieux de travail secondaires, ou lors de l'exécution de travaux temporaires, s'il est impossible d'installer des canalisations, l'alimentation en eau peut être assurée au moyen de réservoirs fixés sur les machines ou situés à proximité. L'eau est alors fournie aux machines à l'aide de pompes montées sur les réservoirs.

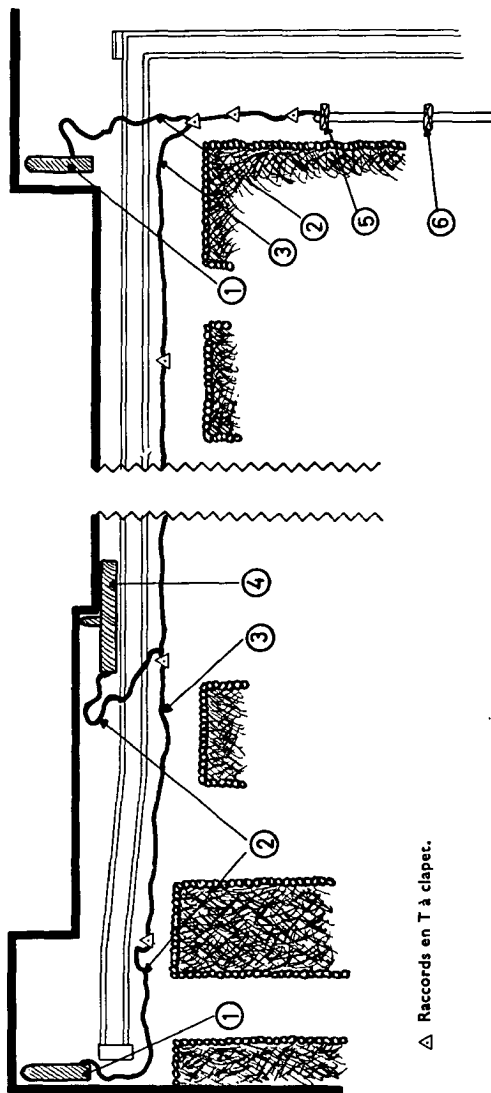
Dans le havage humide, il importe particulièrement d'éviter une humidification excessive, qui peut avoir des effets préjudiciables sur les couches et nuire aux installations de traitement ultérieur au jour. Les perfectionnements techniques du genre de ceux qui ont été mentionnés et un contrôle approprié peuvent contribuer dans une large mesure à économiser l'eau.

Utilisation de la mousse lors du havage

Des expériences ont été faites, visant à remplacer l'eau ordinaire par la mousse de solutions plus ou moins concentrées d'agents mouillants. Dans le cas des poussières susceptibles d'être inhalées, l'amélioration ne semble guère avoir été sensible. On a constaté cependant que la mousse permettait une meilleure élimination des poussières dans le cas des charbons anthraciteux qui sont difficiles à humidifier, et qu'elle aidait également à lutter contre l'empoussièrement lors du chargement des débris, particulièrement lorsque le courant d'air produit par les ventilateurs a un effet de dessiccation prononcé. En général, c'est l'eau pure qui s'est révélée être le moyen le plus satisfaisant de lutte contre les poussières.

ABATAGE ET CHARGEMENT MÉCANIQUES

Mécaniser l'abatage et le chargement équivaut à concentrer, aussi bien dans l'espace que dans le temps, toutes les opérations qui, selon les anciennes méthodes d'exploitation, s'effectuaient



△ Raccords en T à clapet.

FIG. 73. — Alimentation en eau d'une taille.

1: Haveuses; 2: conduite souple non fixée; 3: tuyaux d'eau à haute pression (20 m de long); 4: haveuse-chargeuse; 5: détendeurs et soupapes de sûreté; 6: robinet de fermeture.

sur une superficie considérable et nécessitaient différentes équipes travaillant en deux ou trois postes. Aussi la production de poussières tend-elle normalement alors à être beaucoup plus intense, d'où la nécessité d'intensifier en conséquence les mesures de dépoussiérage.

D'un autre côté, cette concentration des opérations d'exploitation dans un espace plus limité devrait non seulement simplifier l'application de ces mesures, mais aussi les rendre plus efficaces. L'exposition des mineurs aux poussières nocives devrait s'en trouver réduite par rapport au tonnage de charbon extrait et, à cet égard, un nouveau pas en avant pourrait être accompli par la suppression des tirs, qui sont toujours une source importante d'empoussiérage.

Bien que la plupart des machines fonctionnent selon quelques principes bien connus tels que l'action des pics d'une haveuse à tambour, l'enlèvement d'une tranche de charbon au rabot ou l'effet de coin produit par d'autres modèles de rabot, ou encore la taille par des haveuses à bras multiples, il est difficile de préciser quelles sont les mesures de lutte contre les poussières à recommander pour chaque type de machine. Il faut procéder, dans chaque cas, à une étude distincte qui tienne compte des conditions dans lesquelles la machine est appelée à travailler. Toutefois, il est recommandé que chaque modèle soit muni d'une installation d'arrosage normalisée, de façon à comporter un élément de base pour la lutte contre les poussières qui puisse être modifié ou perfectionné pour répondre à des besoins spéciaux.

Choix des machines

L'utilisation de telle ou telle machine est régie par divers facteurs tels que la puissance et le pendage de la veine, la nature du charbon, l'état du toit et du mur, les problèmes de transport, la présence de grisou et la dégradation du produit. Les principaux types de machines utilisées sont les suivants:

a) la haveuse-chargeuse à tambour, qui est semblable à une haveuse ordinaire, le bras de havage étant remplacé par un tambour

muni de pics. Elle est pourvue de dispositifs destinés à diriger le charbon abattu sur un convoyeur;

b) la haveuse à bras multiples, à deux bras horizontaux, l'un havant au niveau du toit et l'autre au niveau du mur, plus un bras rouilleur qui fait une coupure verticale. Un petit convoyeur transversal amène le charbon sur le convoyeur du front de taille;

c) les machines à trépan, dont l'outil d'attaque est une couronne qui tourne dans un plan à angle droit par rapport au front de taille. Des taillants, montés à la périphérie de la couronne et orientés dans le sens de l'avance de la machine, découpent le charbon, qui est évacué sur un convoyeur parallèle à la machine;

d) les rabots, dont l'effet de coin détache une tranche de charbon, qui est abattue sur le côté de la machine, où elle est évacuée par un convoyeur. Des variantes peuvent être introduites, surtout compte tenu de la profondeur de la saignée par rapport à la vitesse d'avancement de la machine;

e) il existe en outre certaines machines qui sont une combinaison de deux ou de plusieurs des modèles de base mentionnés ci-dessus.

Si l'on veut utiliser l'eau efficacement dans la lutte contre les poussières, il est indispensable de connaître le principe de ces machines et la manière dont elles fonctionnent. Les changements d'état du charbon, le havage dans des nerfs stériles, ou dans le toit ou le sol, qui produit des poussières plus dangereuses et plus difficiles à éliminer, et le nombre d'opérations en cours en même temps sont des facteurs qui doivent être pris en considération. De plus, toutes ces machines présentent des différences sensibles dans leur conception et dans l'action de l'organe de coupe, dans la vitesse de la taille et la méthode de chargement.

Le plus important est de déterminer exactement les conditions d'empoussièrement résultant des opérations mécanisées. Cela implique la réalisation d'une série d'études minutieuses sur les poussières et l'aérage, qui visent à mesurer la teneur en poussières de l'atmosphère à tous les stades de l'exploitation et, au moyen de prélèvements d'échantillons, à délimiter les sources de toutes les

poussières en suspension dans l'air. Enfin, le prélèvement d'échantillons est nécessaire pour contrôler l'efficacité des mesures qui sont appliquées pour éliminer les poussières. Ces prélèvements doivent être faits notamment à proximité des conducteurs de machines, afin de déterminer la teneur en poussières de l'atmosphère respirée par ces derniers.

En général, on a constaté que les procédés fondés sur le rabotage, l'effet de coin ou le découpage de tranches de charbon risquent de produire moins de poussières que le havage. Quel que soit le procédé utilisé, on ne dira jamais assez toute l'importance que revêtent le type et l'état des organes de coupe des diverses machines et combien il est nécessaire de les entretenir convenablement.

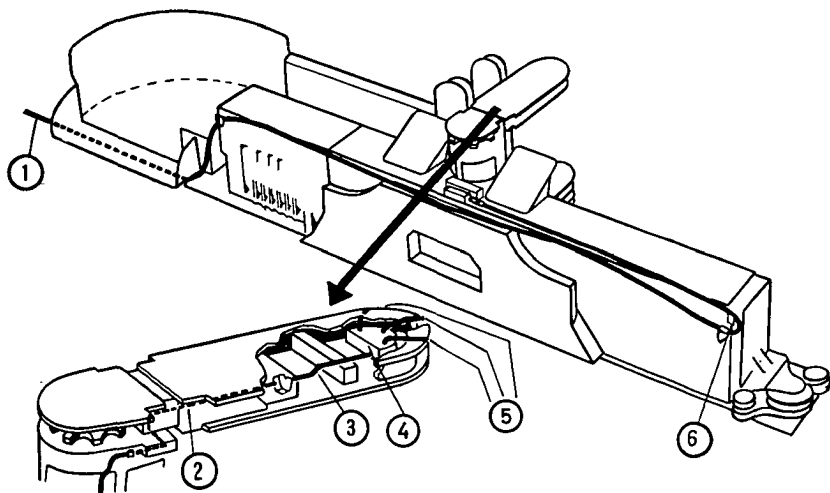


FIG. 74. — Haveuse-chargeuse « Gloster Getter », avec l'alimentation en eau du bras horizontal supérieur.

1: Flexible; 2: trous forés dans les montants du support de bras; 3: raccordement des tuyaux flexibles; 4: réservoir; 5: tuyaux d'alimentation des pulvérisateurs, soudés dans les panneaux du bras; 6: robinet de fermeture.

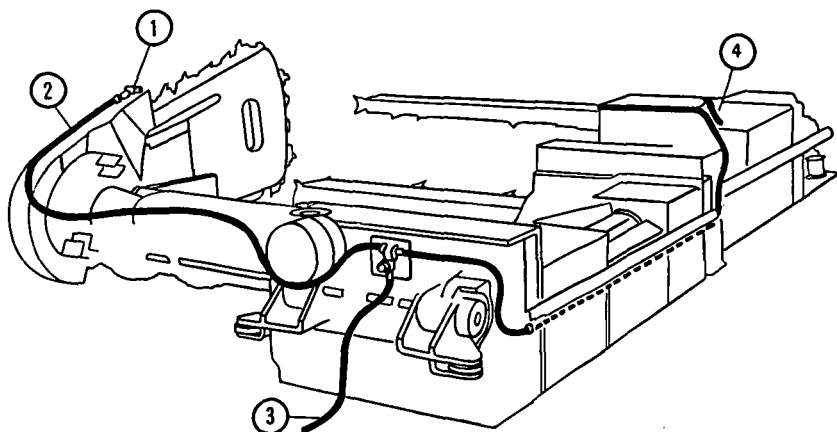


FIG. 75. — Haveuse-chargeuse « Meco Moore », avec l'alimentation des bras en eau.

1: Pulvérisateurs dirigés sur le haut de la saignée; 2: flexible; 3: raccordement de la vanne de commande au réseau de distribution d'eau; 4: deuxième raccordement.

Lorsqu'on équipe ces machines de pulvérisateurs, ceux-ci doivent servir à arroser l'organe de coupe au moment de l'attaque, de manière que les poussières soient noyées autant que possible à la source. A cet effet, l'eau doit être injectée sous forte pression (jusqu'à 15 kg/cm^2). De l'eau devrait également être pulvérisée dans le sens contraire à celui de la chute de charbon. L'utilisation de capots ou de capuchons destinés à servir de déflecteurs de la ventilation est recommandée pour réduire au minimum la dispersion des poussières. Les figures 74, 75 et 76 donnent des exemples caractéristiques de la disposition des pulvérisateurs sur les machines de havage et d'abatage utilisées au charbon.

Machines à avancement continu

Les machines à avancement continu comportent un ou plusieurs types d'outils de havage, ainsi qu'un dispositif de char-

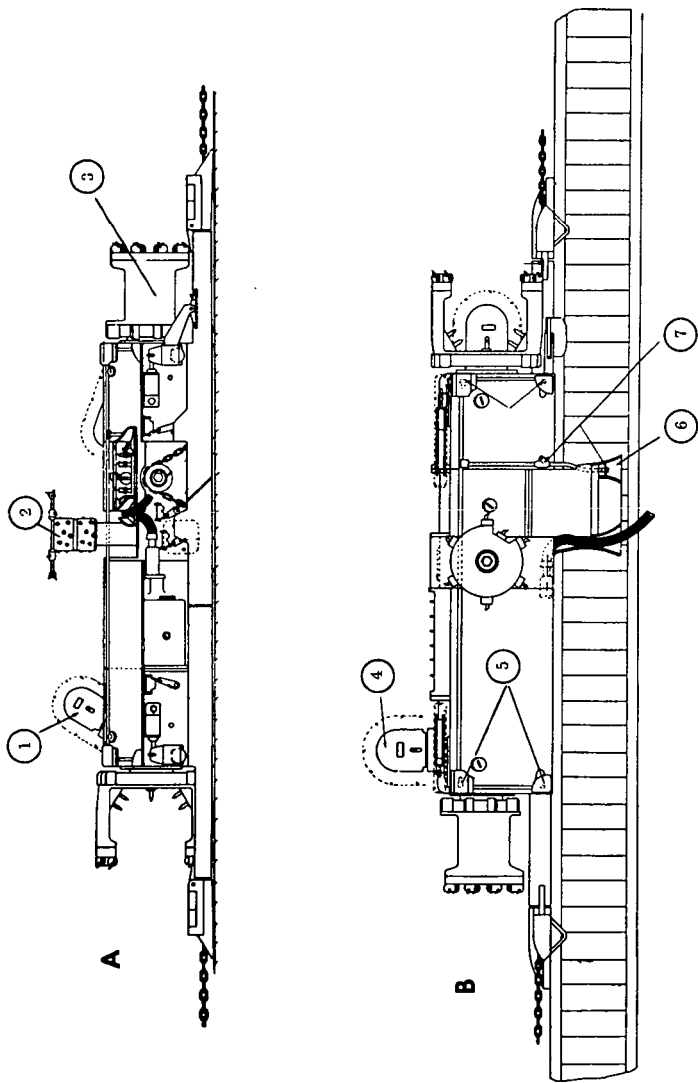


FIG. 76. — Pulvérisateurs sur une haveuse à trépan (trepanner).

A: coupe; B: Plan.

1: Bras rouilleur; 2: disques de havage au toit; 3: tête rotative de trepanner; 4: bras intérieur de trepanner; 5: pulvérisateurs; 6: tambour de guidage des tuyaux d'eau; 7: vanne et filtre.

gement. On a également essayé d'utiliser des foreuses, des trépan et des tarières. Les machines de ce genre, qui attaquent le front de taille à angle droit, sont utilisées dans l'exploitation par chambres et piliers, ainsi que pour faire des creusements rapides dans le charbon. Récemment, on a commencé à utiliser une machine permettant d'activer le recoupage des épontes.

Les premières expériences réalisées il y a déjà quelque temps aux Etats-Unis avec la machine dite « mineur continu » ont montré que les nuages de poussières dégagés par celle-ci débordaient la zone du front de taille et se répandaient dans la galerie de retour d'air. Elles ont montré également qu'il était indispensable que le conducteur de la machine porte un masque respiratoire, et que la visibilité était nulle à l'avant de la machine.

Cette situation a été améliorée dans une large mesure grâce à des méthodes d'arrosage perfectionnées du genre de celles qui ont été décrites dans le présent chapitre, et surtout par une ventilation meilleure et mieux réglée. Il a déjà été question de ce problème au chapitre IV, où plusieurs schémas d'aérage sont reproduits. Malgré la grande quantité de poussières dégagée par ce type de machine, on peut, en étudiant avec soin le système de circulation d'air et en recourant à une ventilation auxiliaire appropriée, éliminer virtuellement toute concentration excessive de poussières à l'endroit où travaillent les conducteurs de ces machines. Parallèlement, il est possible de prendre des dispositions pour que les poussières entraînées par le retour d'air soient recueillies ou éliminées d'une manière ou d'une autre de façon à ne présenter aucun danger.

INFUSION D'EAU

En exploitant les mines de charbon où règne une humidité naturelle, on s'est rendu compte que la quantité de poussières entrant en suspension dans l'air du fait des travaux d'exploitation était très inférieure à celle qui est produite dans les mines sèches. L'injection d'eau dans le massif de charbon en vue de reproduire

les conditions régnant dans les mines humides et, partant, de diminuer la production de poussières, fut tentée pour la première fois en Allemagne, au début du siècle. Elle permit d'obtenir quelques résultats satisfaisants avec certains genres de charbon.

Il ressort de l'expérience de cette technique acquise depuis 1940 qu'il faut y voir un des moyens les plus efficaces pour éliminer les poussières dégagées par les opérations d'abatage. Au début, on essaya d'humidifier les principales failles et les principaux plans de clivage en perçant dans le front de taille des trous peu profonds, par lesquels de l'eau était injectée à basse pression. Ces essais furent limités aux fronts de taille exploités manuellement. Par la suite, on procéda à de nouvelles tentatives avec des pressions plus élevées sur les fronts de taille exploités mécaniquement, mais on se demande actuellement si ces premières tentatives permirent d'humidifier suffisamment le massif pour influencer sur la production de poussières. Quand la couche ne comporte pratiquement pas de clivages ou de fissures, l'eau ne peut pas pénétrer, alors qu'au contraire, lorsqu'il existe de grandes fractures, elle s'écoule plus loin dans le massif, sans se répandre dans la partie que l'on veut humidifier, ce dont il faut tenir compte au cas où l'on se trouve en présence de failles ou de fractures importantes.

Etant donné le succès limité obtenu avec l'infusion d'eau à basse pression, on procéda à de nouveaux essais avec des pressions beaucoup plus élevées. Dans les zones où il n'existe aucune faille importante, on s'aperçut qu'il était nécessaire de forer des trous de 10 à 15 m. D'autre part, on constata qu'il fallait recourir à des pressions atteignant 350 kg/cm^2 pour vaincre la résistance initiale du massif, c'est-à-dire le point où l'eau commence à pénétrer dans le charbon. A ce stade, la pression tombe, car l'eau se répand loin derrière le front de taille par toutes les petites fissures qu'elle rencontre, créant ainsi une humidité artificielle. Grâce à cette méthode, il est possible d'accroître la teneur en eau de la veine dans une proportion suffisante pour abattre les poussières lors de l'exploitation.

Considérant que l'utilisation des techniques d'infusion d'eau se traduisait par une amélioration évidente du point de vue de

l'empoussiérage, la Réunion d'experts en matière de prévention et de suppression des poussières dans les mines, les galeries et les carrières, organisée par l'O.I.T. en 1952, a recommandé que, dans la mesure où cela est nécessaire et possible, de l'eau soit injectée dans les masses de charbon à abattre avant le début de l'abatage.

Possibilités d'emploi

L'infusion d'eau dans le massif peut être employée dans toutes sortes de veines. Ce sont les plateures qui s'y prêtent le mieux pour des raisons évidentes; en outre, les injections y sont plus faciles à pratiquer et la pénétration de l'eau dans le massif y est plus aisément contrôlable. L'infusion d'eau ne devrait pas être employée lorsqu'elle risque d'avoir un effet défavorable sur le toit ou le mur, étant donné les conséquences que cela comporte pour le contrôle du toit; d'autre part, dans les mines extrêmement chaudes et humides, il y a lieu de tenir compte des effets de cette quantité d'eau supplémentaire sur l'atmosphère ambiante.

Le but à atteindre étant de forer des trous dans le massif de manière à recouper le plus grand nombre possible des principaux plans de clivage, il est évident que la direction d'avancement du front de taille par rapport au sens des plans de clivage a une influence sensible sur le succès de l'opération. Il convient donc de tenir dûment compte de la nécessité de procéder à des infusions d'eau lorsqu'on projette de nouveaux travaux.

Bien que l'infusion d'eau convienne mieux à l'exploitation par longue taille qu'à une exploitation mécanique rapide par chambres et piliers, des résultats satisfaisants ont été obtenus lors de la reprise des piliers dans un gisement où les morts-terrains provoquaient un écrasement de ces derniers, qui aurait été la cause d'un empoussiérage excessif si l'on avait utilisé des méthodes d'exploitation conventionnelles.

Si l'infusion d'eau a des effets favorables dans nombre de cas où les conditions d'exploitation sont différentes, relevons cependant que le procédé utilisé doit souvent être adapté à chaque cas particulier. De nouvelles applications de cette méthode devraient

être essayées de manière empirique, et il conviendrait d'étudier les effets de la pression, de la quantité d'eau injectée et du temps d'injection ainsi que la façon de forer les trous afin d'obtenir les meilleurs résultats.

Infusion dans les longues tailles

Emplacement des trous d'injection.

La méthode courante consiste à forer les trous d'injection dans le front, dans le sens de l'avancement. Une seconde méthode, utilisée pour l'infusion pulsée, consiste à forer les trous parallèlement à la ligne du front et environ 30 cm en avant de la tranche de charbon à abattre. Le choix de la position des trous doit être déterminé par tâtonnements. Parmi les facteurs dont il faut tenir compte, citons la puissance, la nature et la dureté de la veine, la présence et la position des intercalations stériles éventuelles, la nature du toit et du mur et, ainsi qu'on l'a vu plus haut, l'orientation de la ligne du front par rapport aux plans de clivage. Lorsque la veine comporte un ou plusieurs nerfs stériles, ceux-ci empêchent l'eau de se répandre et les trous doivent être forés en oblique, de façon à recouper tous les bancs de charbon; si cela est impossible, il faut forer des trous dans chaque banc, de manière à pouvoir injecter séparément chacun d'eux. Dans les plateures ou les veines légèrement inclinées ne comportant pas d'intercalations stériles, les trous doivent être forés dans la moitié supérieure du front, afin d'imprégner le plus possible la partie du massif qui tombe le plus loin lors de l'abatage et de tenir compte également de l'influence de la pesanteur qui tend à faciliter l'écoulement vers le mur. Dans tous les cas, il faut veiller à ce que les trous ne pénètrent ni dans le toit ni dans le mur, en raison d'une désagrégation possible des couches et des difficultés de contrôle du toit qui peuvent en résulter.

Ecartement des trous.

L'écartement des trous doit être choisi de manière que les zones humidifiées par deux trous voisins se recouvrent légèrement.

Il est fonction de l'état des cassures et des fractures et aussi de la ligne du front par rapport aux plans de clivage. Afin d'empêcher autant que possible que l'eau injectée par un trou ne s'écoule en partie par les trous voisins, il est utile de boucher ces derniers. D'après l'expérience acquise dans nombre de charbonnages, l'écartement moyen des trous doit varier entre 5 et 6 m.

Profondeur des trous.

La profondeur des trous dépend de la vitesse d'avancement du front de taille. Il faut en effet éviter qu'une trop longue période ne s'écoule entre deux injections successives, faute de quoi l'effet d'humidification s'atténue dans une large mesure. L'expérience a montré qu'on obtenait des résultats satisfaisants avec des trous dont la profondeur dépasse de 20 à 30 cm la largeur de la havée. Ainsi, les mêmes trous peuvent être repris chaque jour, ce qui réduit le nombre des fonds de trous dans le front.

Foration des trous.

Les trous, qui ont habituellement environ 50 mm de diamètre, doivent être forés soigneusement, et il faut veiller à ne pas utiliser de fleurets voilés ou en mauvais état qui risqueraient de les élargir et de rendre le bourrage difficile. L'utilisation de fleurets hélicoïdaux facilite le nettoyage des trous, qui doivent être curés afin de les débarrasser de tous les débris de forage avant que l'eau soit injectée. Le forage humide est indiqué, car il permet d'éliminer les poussières et facilite également le nettoyage des trous, mais une humidification excessive lors du forage peut, dans certains cas, rendre le bourrage plus difficile. Habituellement, on utilise des perforatrices rotatives électriques ou à air comprimé.

Cannes d'injection.

Les cannes d'injection se composent simplement de deux tubes concentriques munis à l'extrémité de rondelles en caoutchouc destinées à empêcher le refoulement de l'eau (fig. 77). On a conçu

divers systèmes de bourrage qui consistent en des rondelles ou en un manchon en caoutchouc que l'on peut appliquer de force contre les parois du trou en faisant tourner le tube extérieur sur le tube intérieur. On utilise d'autres systèmes du même genre, notamment un manchon vissé à la main et une poignée de serrage excentrique. Il existe également un manchon hydraulique qui a l'avantage de s'ajuster plus étroitement au fur et à mesure que la pression de l'eau augmente. Son fonctionnement dépend de l'action d'un piston, actionné par la pression de l'eau, qui se déplace dans un cylindre fixé au tube extérieur et qui pousse les tampons de caoutchouc contre les parois (fig. 78).

Position du bourrage.

La position optimale du bourrage dans le trou correspond à la profondeur minimale qui permet d'injecter la quantité d'eau requise sans rupture au front. Un choix judicieux de cette position permet de réduire la pression d'injection, ce qui est particulièrement souhaitable dans les couches où l'eau tend à pénétrer dans le toit ou dans le mur. Dans les tailles à faible avancement, il est indiqué de placer le bourrage le moins profondément possible, afin que l'eau puisse pénétrer dans les fissures de la zone fracturée située juste derrière le front de taille, qui est celle où se forme le plus de poussières. Dans les tailles à avancement rapide, cette zone est générale-

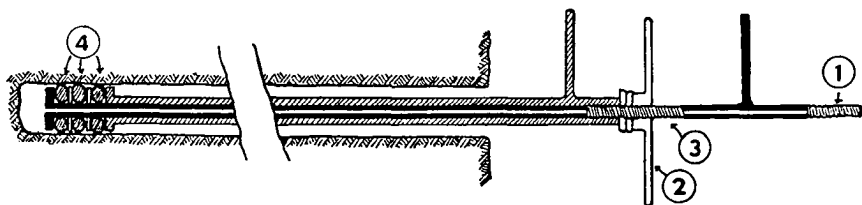


FIG. 77. — Canne d'injection.

1 : Amenée d'eau; 2 : poignée de serrage; 3 : filetage étanche aux gaz; 4 : bourrage en caoutchouc.

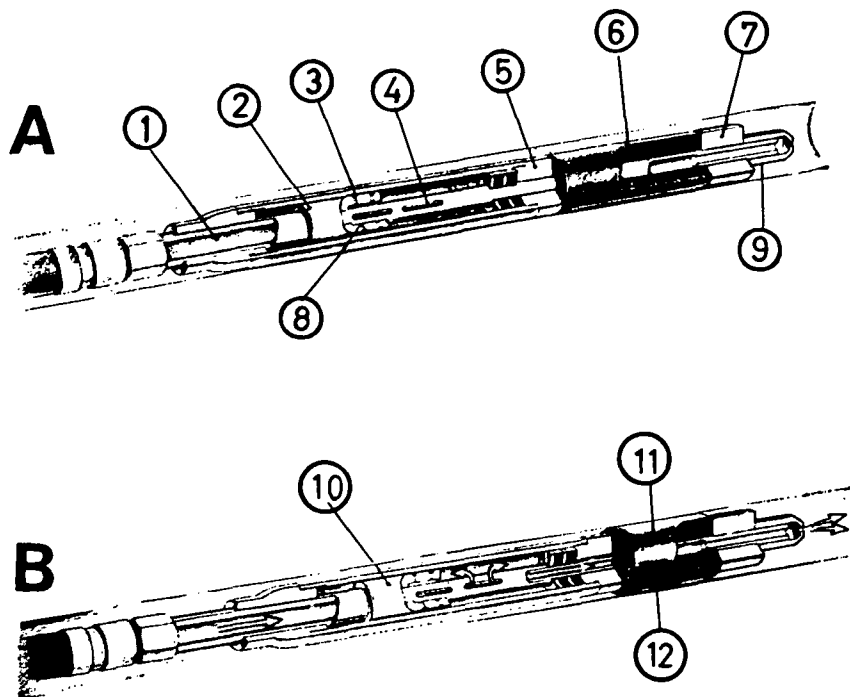


FIG. 78. — Manchon hydraulique pour canne d'injection.

A: Avant ouverture de l'eau; B: après ouverture de l'eau.

1: Entrée d'eau; 2: piston; 3: bagues d'étanchéité; 4: tube à orifice; 5: gland de compression arrière; 6: joint de caoutchouc compressible; 7: gland de compression avant; 8: orifices; 9: ajutage interchangeable; 10: tube à orifice et gland ramenés en arrière par la pression de l'eau agissant sur le piston; 11: joint de caoutchouc comprimé par le mouvement du gland de compression avant vers le gland de compression arrière; 12: joint appliqué sur les bords du trou.

ment humidifiée par les injections précédentes. En général, la meilleure position du bourrage dans le trou est à environ 50 cm.

Approvisionnement en eau.

L'approvisionnement en eau est un facteur important, et il est indispensable de procéder à un contrôle précis de la pression et de la quantité d'eau injectée, d'où la nécessité de disposer d'un débitmètre et d'un manomètre. Ces deux appareils doivent être logés ensemble dans une boîte de protection. D'autre part, étant donné l'importance du contrôle de la quantité d'eau injectée, un compteur indiquant à la fois le débit et la quantité d'eau injectée serait des plus utiles. L'emploi d'un filtre destiné à protéger les instruments est recommandé.

Dans les conditions normales, le débit d'injection ne devrait pas dépasser 10 l/mn. Lorsqu'on se trouve en présence de charbon tendre ou fissuré, il peut être nécessaire de ramener le débit à 4 l/mn, voire à une valeur plus faible. Une vitesse d'injection trop rapide risque de provoquer la rupture du front, auquel cas l'eau s'écoule facilement, sans avoir humecté suffisamment la poussière qui tapisse les failles profondes. En cas d'injection simultanée dans plusieurs trous, chaque canne devrait être équipée d'un robinet ou d'une vanne permettant d'arrêter l'injection dans un trou sans l'interrompre dans les autres.

La pression requise varie beaucoup. Selon les chiffres communiqués par différents pays, la pression statique peut atteindre 45 kg/cm². Lorsque l'eau a commencé à pénétrer dans le massif, la pression habituelle oscille entre 6 et 12 kg/cm² (on va parfois cependant jusqu'à 15 kg/cm²). Dans la pratique, l'eau peut soit commencer à s'écouler presque immédiatement, soit rencontrer une forte résistance, auquel cas il peut être nécessaire de maintenir une pression statique élevée pendant un laps de temps assez long (jusqu'à 15 minutes) pour que cette résistance soit vaincue et que l'eau commence à pénétrer. Une fois la pénétration amorcée, le débit devrait être maintenu entre 9 et 13 l/mn. Lorsque l'eau trouve une issue, la pression baisse sensiblement; le manomètre

permet alors de juger si l'eau a trouvé une autre issue que la surface libre du front de taille, auquel cas il faut interrompre l'injection immédiatement pour éviter une détérioration du toit ou du mur.

Matériel d'essai.

Des informations utiles quant à la possibilité d'infuser de l'eau dans une veine peuvent être obtenues au moyen d'un équipement portatif permettant d'injecter jusqu'à 13 l/mn, à une pression pouvant atteindre 70 kg/cm². Deux hommes qualifiés suffisent pour faire les essais et déterminer l'emplacement des trous, la position du bourrage, la pression, etc., qui conviennent le mieux; ils peuvent en outre fournir des renseignements extrêmement utiles qui serviront à établir le programme futur des travaux d'injection. L'équipement nécessaire devrait comprendre une petite pompe rotative munie d'un filtre, d'une soupape d'échappement réglable, d'un manomètre et d'un compteur d'eau, plus un réservoir et une longueur suffisante de flexible résistant à des pressions élevées.

Infusion d'eau en exploitation par chambres et piliers

L'infusion d'eau est utilisée dans nombre de mines où l'on pratique l'exploitation par chambres et piliers. La méthode employée dans une mine où la veine est située à une profondeur de 500 m consiste à forer six trous, d'une longueur approximative de 40 m, au moyen d'une perforatrice placée entre deux piliers voisins mesurant, dans le cas particulier, 60 m sur 50 m. Les trous sont forés les uns après les autres sans perte de temps avec une des perforatrices, à raison de trois par pilier, ce qui permet d'effectuer le travail sans ralentir le rythme d'avancement rapide qui caractérise cette méthode d'exploitation.

Infusion à haute pression

Etant donné les résultats favorables obtenus avec des pressions relativement basses, on a fait des essais d'injection dans le massif à des pressions beaucoup plus élevées. Cette méthode offre deux avantages :

a) la poussière contenue dans le charbon dur est abattue;

b) le charbon est rendu moins consistant, ce qui facilite l'abatage, qui peut être effectué avec un nombre de tirs beaucoup plus réduit et, dans certains cas, sans tir.

Grâce à cette méthode, il est possible d'injecter de l'eau dans la plupart des veines, y compris dans les nerfs stériles, et de réduire la production de poussières fines dans une proportion pouvant atteindre 80 pour cent. L'eau est injectée dans la veine au moyen de pompes de renfort pouvant donner une pression de 420 kg/cm², habituellement par plusieurs trous à la fois, ce qui nécessite un système d'adduction approprié (fig. 79). Les cannes sont introduites jusqu'au fond des trous, dont la profondeur peut atteindre 40 m et qui sont scellés par un joint hydraulique.

Le forage des trous d'injection doit faire l'objet d'un soin particulier. L'emplacement des trous doit être déterminé soigneusement à des intervalles d'environ 40 m le long du front, parallèlement au toit et au mur, habituellement juste au-dessus du milieu du front, mais compte tenu cependant de la présence éventuelle de plusieurs bancs de charbon ou d'intercalations stériles. La pompe devrait être située aussi près que possible du front pour pouvoir être surveillée plus facilement, et le tuyau à haute pression devrait être muni d'une vanne d'arrêt, d'une soupape, d'un manomètre et d'un débitmètre. Tous les joints devraient être capables de supporter aisément les pressions élevées utilisées; d'autre part, il faut veiller à ce que le personnel ne se trouve pas en face des trous durant l'injection. Après infusion, des carottes devraient être prélevées au fond des trous à des fins d'analyse et de calcul de la teneur en humidité.

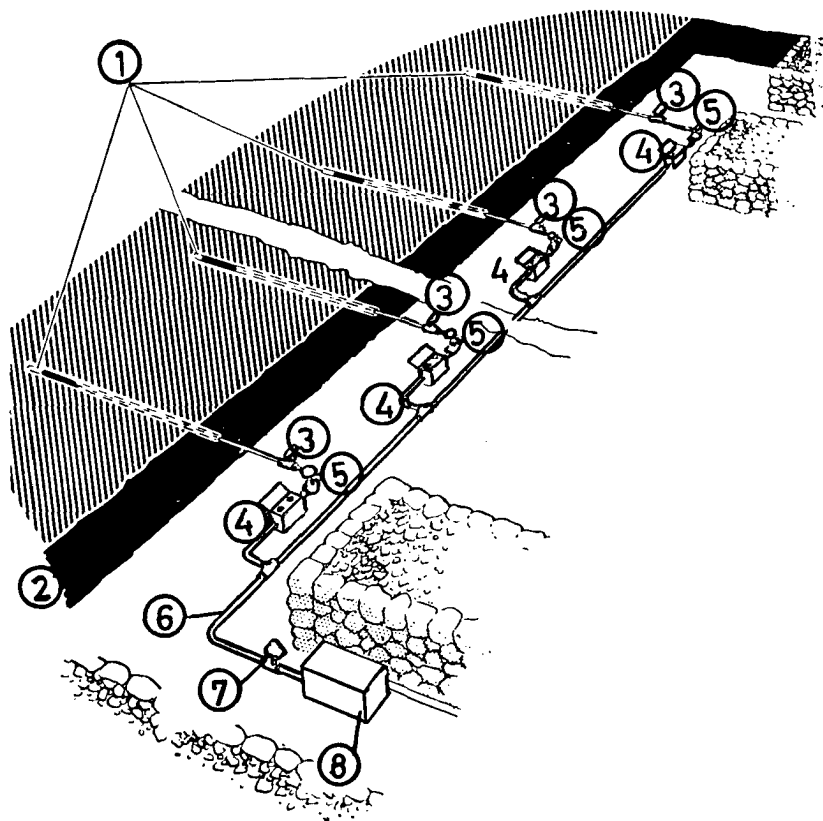
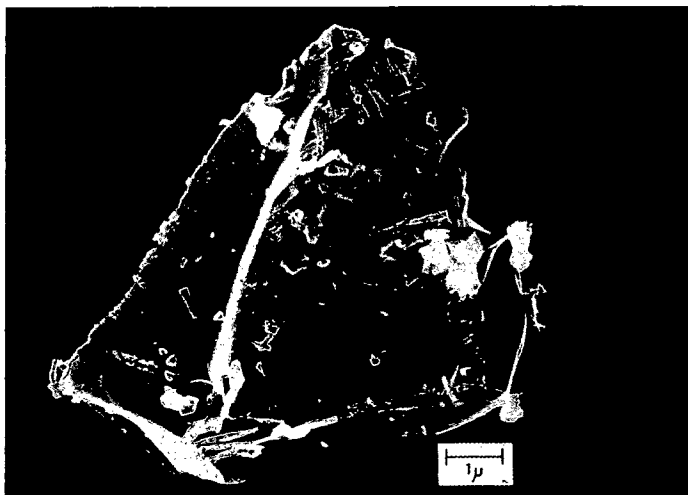
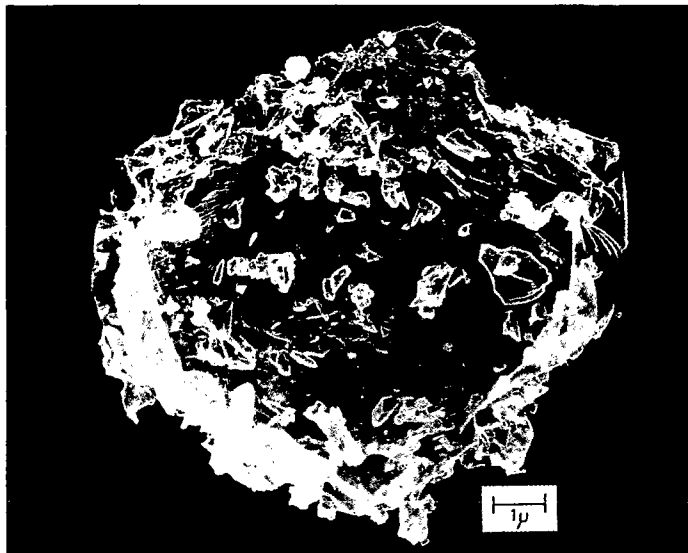


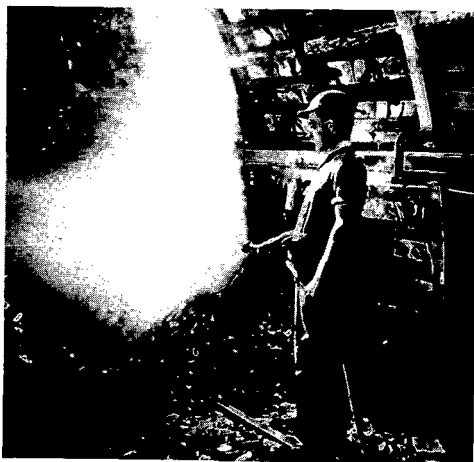
FIG. 79. — Infusion d'eau simultanée en plusieurs points d'une taille.

1: Trous forés en avant de la taille; 2: taille; 3: soupapes de sûreté; 4: débitmètres et manomètres; 5: vannes de fermeture; 6: tuyau haute pression; 7: manomètre; 8: pompe.



(Mine
Ventilation
Society
of South
Africa)

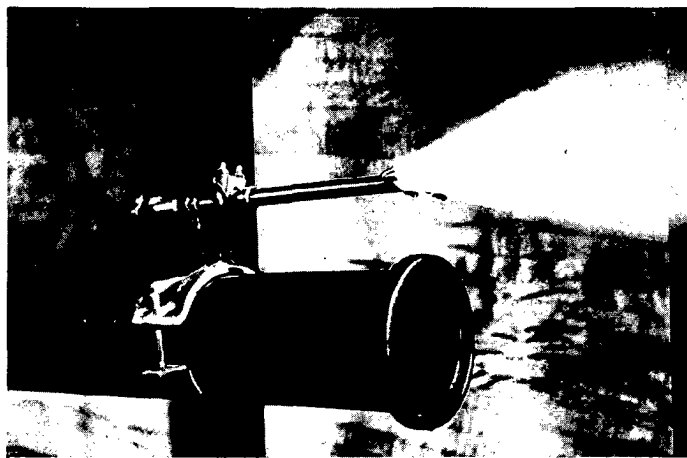
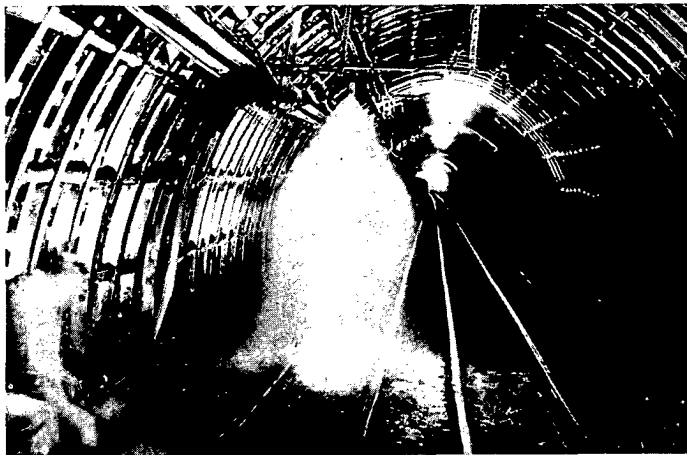
Particules recueillies à une station de culbutage, photographiées au microscope électronique.



Pulvérisation d'eau :

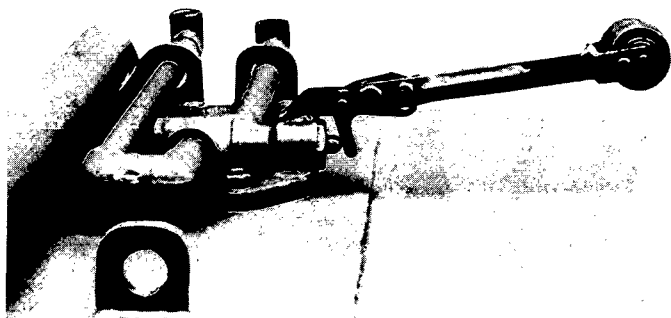
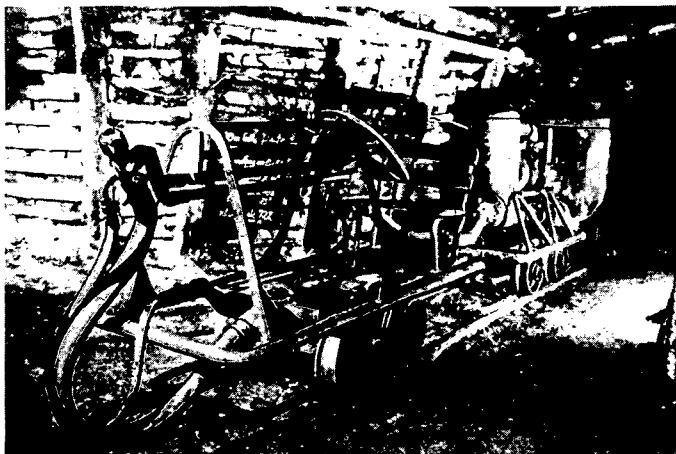
En haut (A) : Dans une zone de foudroyage, pour empêcher les poussières d'atteindre le front de taille.

En bas (B) : Après un tir, pour abattre les poussières et humidifier les roches abattues.



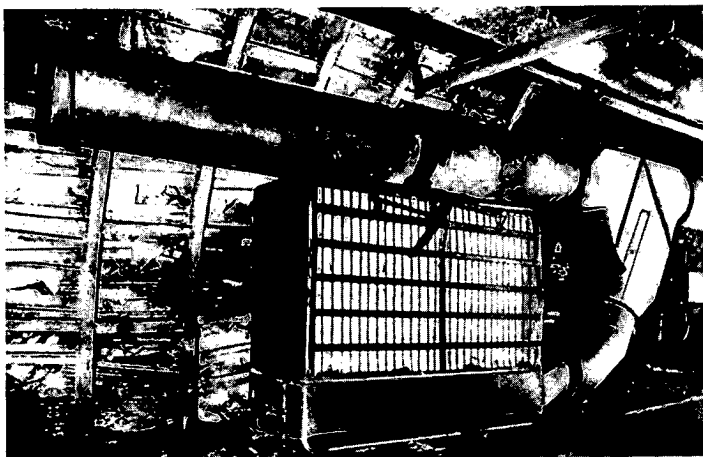
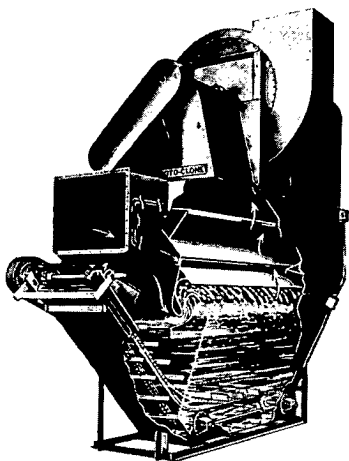
En haut : Dispositif d'arrosage des berlines.

En bas : Pulvérisateur monté sur une remblayeuse.



En haut: Berline avec pompe pour l'arrosage des voies.

En bas: Régulateur automatique de débit pour pulvérisateurs de convoyeurs à bande.



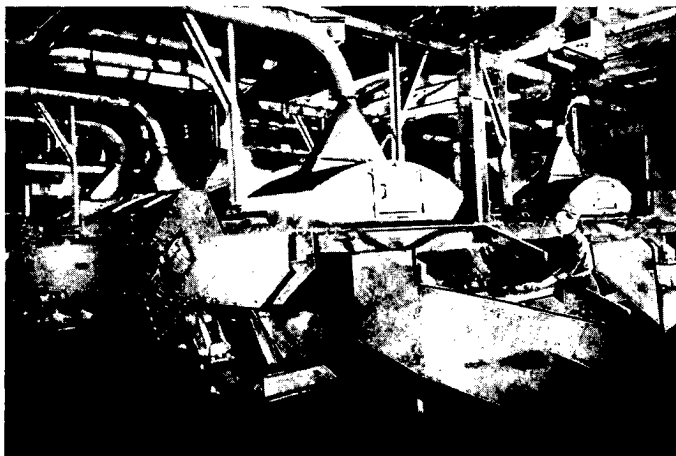
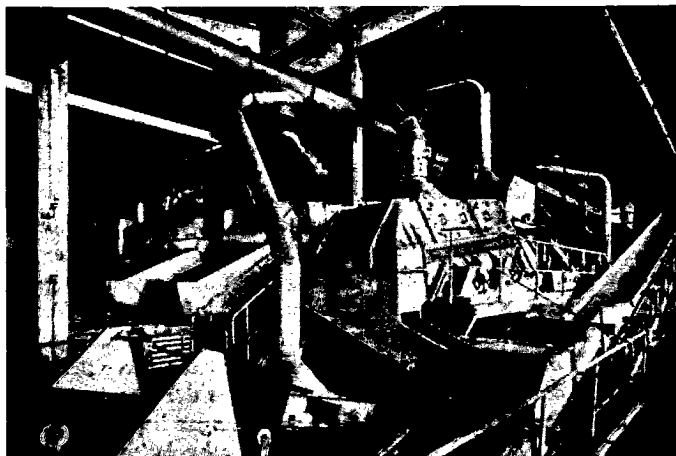
En haut: Filtre à poussières humide.

En bas: Installation de filtration dans une voie de mine.

VI



Ventilation aspirante dans des installations au jour.



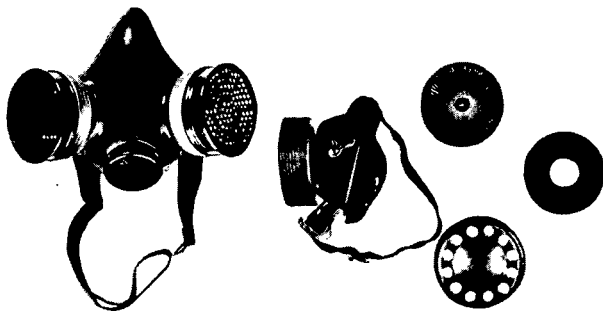
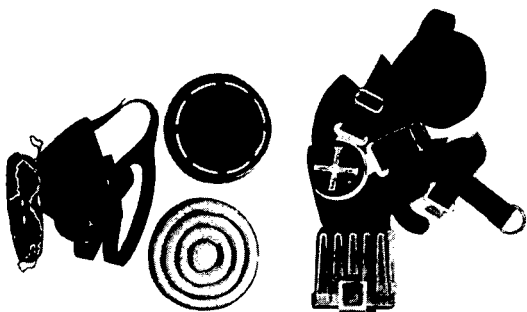
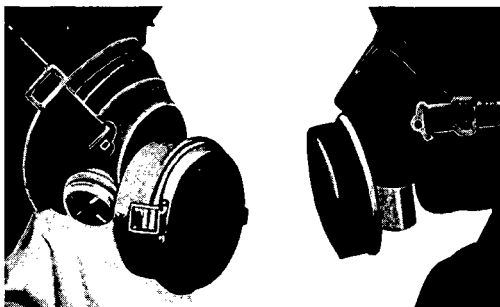
Encoffrement et dispositif d'aspiration:

En haut: A une station de transbordement.

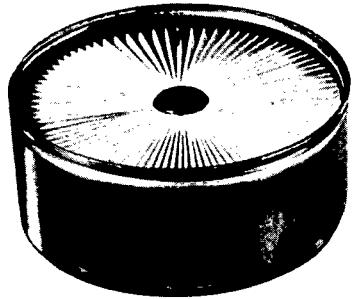
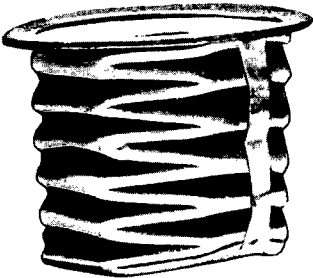
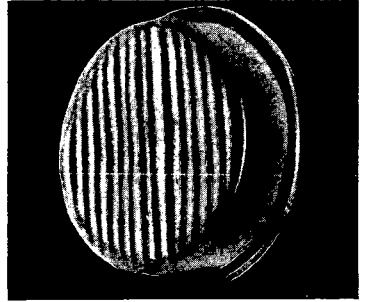
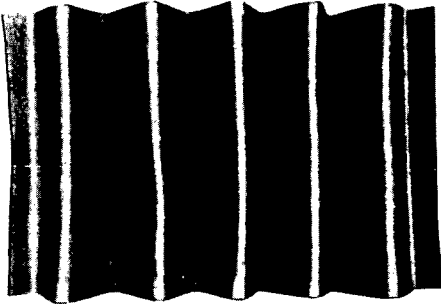
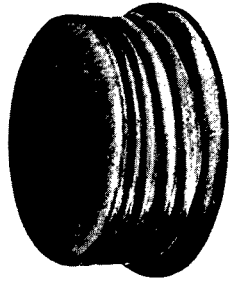
En bas: Au-dessus de cribles.

Noter le rideau de caoutchouc qui recouvre la sortie du crible.

VIII

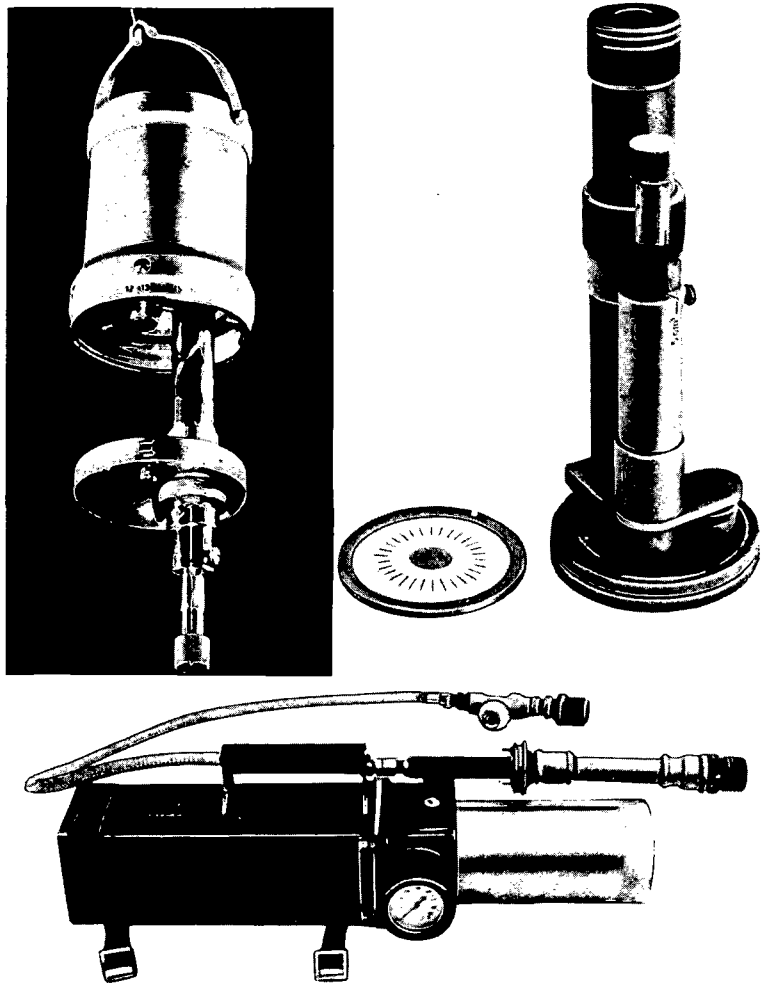


Quelques masques antipoussières pour les travaux au fond.

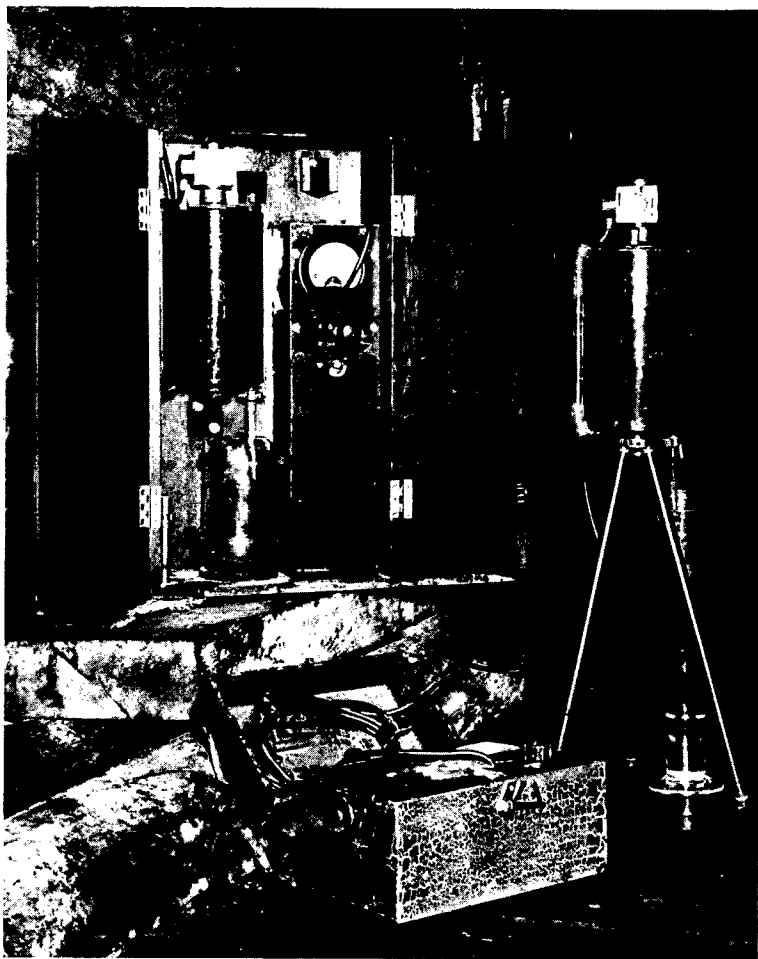


Filtres de masques antipoussières.

X



En haut: «Bergbau-Konimeter» et conimètre Zeiss. En bas: Filtre Göthe.



Précipitateur thermique utilisé au fond.



Montage d'une foreuse au cours d'essais pour la mesure de l'empoussiérage lors de la foration au rocher.

Qualification du personnel et contrôle

Il est indispensable d'exercer une surveillance minutieuse et de disposer à cette fin d'un personnel qualifié si l'on veut procéder à des injections régulières donnant des résultats satisfaisants. Des équipes de deux ou trois hommes ayant reçu une formation spéciale et choisis parmi des mineurs expérimentés à même de déterminer correctement l'emplacement des trous et de juger si l'injection s'effectue normalement devraient être constituées à cet effet. Il importe de ne confier à chaque équipe que le travail qui peut être accompli et contrôlé d'une manière efficace. Des échantillons devraient être prélevés régulièrement en vue de déterminer le degré d'abatage des poussières et de maintenir ou d'améliorer l'efficacité des injections.

Des remplaçants devraient être formés afin d'éviter que l'absence éventuelle d'un membre d'une équipe n'entraîne l'arrêt des injections, et toutes précautions utiles devraient être prises pour assurer la continuité de celles-ci, plusieurs jours pouvant être nécessaires pour rétablir l'humidité normale d'un front en cas d'arrêt prolongé des injections.

Il convient de relever soigneusement le nombre des trous d'injection forés, leur emplacement sur le front et tous les autres détails utiles, et de comparer tous ces renseignements avec les résultats des mesures régulières de l'empoussiérage, afin de pouvoir prendre les mesures nécessaires pour maintenir le degré d'empoussiérage au niveau désiré.

PROCÉDÉS REMPLAÇANT LE TIR A L'EXPLOSIF

Si aucune méthode qui puisse rivaliser avec le tir à l'explosif n'a été mise au point jusqu'à présent pour briser les roches dures, des progrès considérables ont été accomplis ces dernières années en ce qui concerne d'autres techniques ou procédés d'abatage du charbon. Ces divers procédés accroissent considérablement la sécurité, présentent fréquemment des avantages du point de vue de la production, ne dégagent aucune fumée nocive et réduisent le dégagement de poussières.

La plupart d'entre eux consistent, en principe, à produire, à l'aide d'un gaz, une pression donnée dans un cylindre en acier conçu de manière à permettre au gaz de s'échapper brusquement dans le trou de mine. En raison de leur effet relativement progressif par rapport au tir à l'explosif, le charbon n'est pas projeté, mais décollé du front de taille, ce qui fait que les procédés en question produisent moins de poussières et donnent une plus grande proportion de grenus. Presque tous permettent de varier la pression de tir en fonction des conditions d'exploitation, possibilité qui, si elle est exploitée correctement, peut contribuer grandement à réduire la production de poussières durant le tir.

Ces procédés présentent une importance particulière dans les mines où le charbon est abattu par havage et tirs de mine méthodiques. Dans certaines conditions, ils peuvent être utilisés pour rompre les roches aussi bien que le charbon. Outre qu'ils réduisent la production de poussières, ils ont le grand avantage de ne dégager aucune fumée toxique.

Les principaux procédés existants sont les suivants :

- a) Le « Cardox »;
- b) L'« Airdox » ou « Armstrong »;
- c) l'« Hydrox »;
- d) le « Chemecol »;
- e) les vérins hydrauliques.

Parmi eux, seuls le Cardox et l'Hydrox sont d'une utilisation courante.

Le procédé « Cardox »

Le système Cardox fut le premier procédé conçu pour abattre le charbon sans utiliser d'explosifs. Il consiste à introduire dans une cartouche en acier du gaz carbonique liquéfié sous une pression de 140 kg/cm². Un élément chauffant amène le liquide au-dessus de sa température critique (31° C environ), à laquelle le liquide se gazéifie en provoquant une brusque augmentation de la pression qui rompt un disque métallique spécialement prévu à cet effet,

ce qui permet au gaz de s'échapper avec violence dans le trou de mine par des événements pratiqués dans la tête de décharge. La pression actionne également deux arrêteurs d'ancrage placés à l'arrière de la cartouche, qui coincent celui-ci dans le trou.

Les cartouches sont chargées par un compresseur spécial qui se trouve au fond ou au jour. Ils sont en acier spécial, existent en diverses dimensions et comprennent trois parties: la douille ou partie centrale, la tête d'amorçage et la tête de décharge. Selon les dimensions de la cartouche, l'épaisseur de la paroi varie de 6 à 10 mm. Une cartouche contient de 0,11 à 2,8 kg de CO_2 liquide (fig. 80).

La tête d'amorçage et la tête de décharge sont vissées sur la partie centrale de la cartouche au moyen d'un filetage spécial, étanche au gaz.

La tête d'amorçage comporte un clapet qui permet au gaz carbonique de passer dans la partie centrale, ainsi que deux raccords métalliques.

La tête de décharge est percée de grands événements par lesquels le gaz carbonique s'échappe après le tir et dont la disposition varie

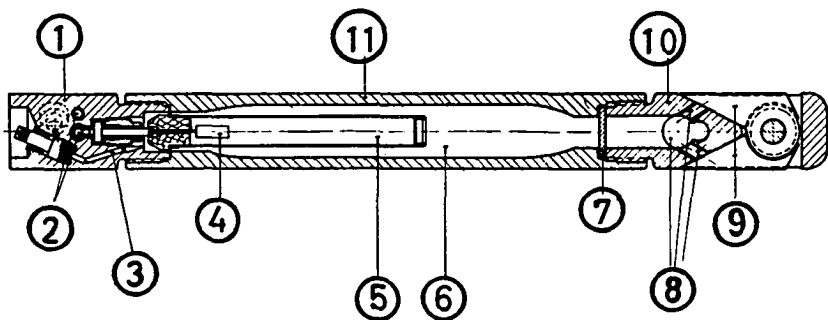


FIG. 80. — Cartouche « Cardox ».

1: Tête d'amorçage; 2: tiges d'amorçage; 3: conduite et valve de remplissage (CO_2); 4: amorce; 5: élément de chauffage; 6: charge de CO_2 ; 7: disque de rupture; 8: événements; 9: dispositif d'ancrage; 10: tête de décharge; 11: corps de la cartouche.

en fonction du type de tête d'amorçage utilisé. Certains boute-feux préfèrent utiliser une tête de décharge sans arrêtoirs.

L'élément chauffant consiste en un tube en carton contenant un mélange de produits chimiques. Ce tube est fermé par un bouchon en bois traversé par l'un des conducteurs électriques aboutissant à l'amorce. Le deuxième conducteur est inséré entre le bouchon en bois et la paroi du tube; il est raccordé électriquement à la cartouche par une bague en cuivre emmanchée de force.

L'amorçage électrique de la cartouche provoque l'évaporation du mélange de produits chimiques de l'élément chauffant, évaporation qui se traduit par une augmentation brusque de la pression, pouvant atteindre 2 200 atmosphères, dans la cartouche.

Le procédé « Airdox »

La possibilité d'utiliser l'air comprimé pour les tirs de mines fut envisagée déjà en 1899, année où l'on procéda aux premiers essais. Ces tentatives furent abandonnées pour des raisons de coût.

Plus récemment, en raison du succès du système Cardox, la possibilité fut examinée à nouveau d'utiliser l'air comprimé, ce qui aboutit à la mise du point du procédé « Airdox ». C'est aux Etats-Unis qu'on commença à employer ce procédé à grande échelle, en raison des dispositions législatives régissant les tirs de mines, et cet emploi s'est étendu par la suite au Royaume-Uni et au reste de l'Europe.

Comme il fonctionne sans réaction chimique, ni étincelle ou flamme produisant une inflammation, ce procédé offre une grande sécurité lorsqu'on se trouve en présence de grisou. Il consiste à comprimer de l'air à environ 800 atmosphères au moyen d'un compresseur à plusieurs étages pouvant être installé au fond ou en surface, et à le conduire par des tuyauteries spéciales jusqu'au front de taille. Si la tuyauterie est très longue, il faut installer un réservoir permettant d'emmagasiner une quantité d'air suffisante pour pouvoir procéder au tir.

Il existe divers modèles de cartouches (ou tubes); ils comportent soit un joint actionné par un piston (retenu lui-même par une gou-

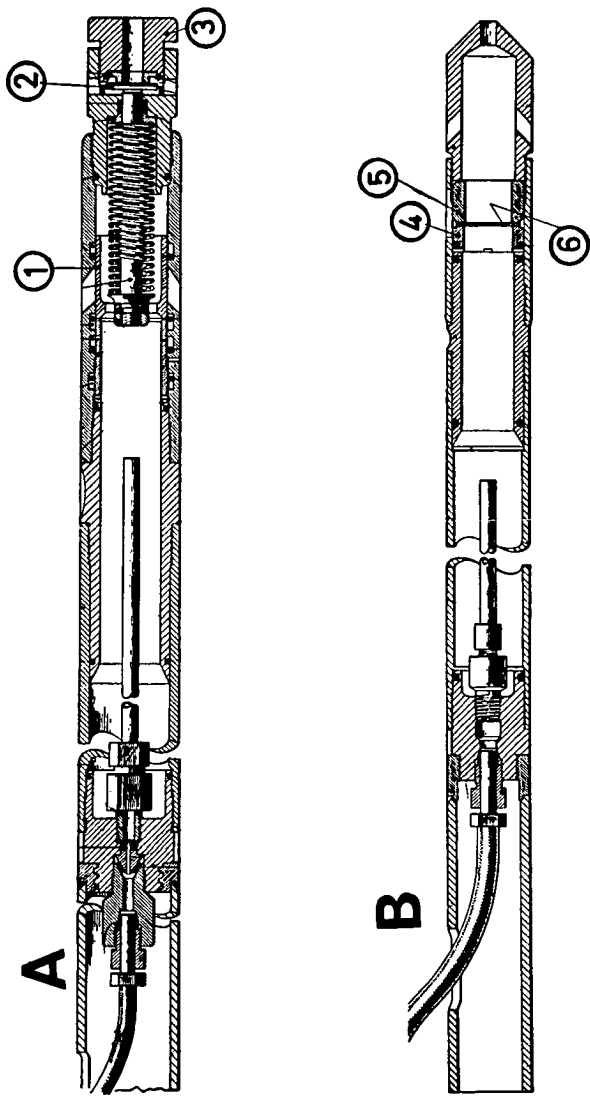


Fig. 81. — cartouche « Airdox ».

A: Cartouche à piston; B: Cartouche à plaque.

1: Soupape; 2: goupille; 3: écrou; 4: joint; 5: bague de fixation du disque; 6: disque de rupture.

pille qui est cisailée à une certaine pression), soit un disque ou une plaquette qui se rompt sous l'effet de la pression. Avec les modèles les plus récents, il est possible de tirer jusqu'à dix coups en dix minutes (fig. 81).

La cartouche est introduite dans le trou de mine et l'admission de l'air dans l'obus est commandée par une vanne de tir située à une distance suffisante pour que l'opération ne présente pas de danger. Lorsque la pression atteint environ 770 atmosphères, le disque ou la plaquette se rompt, ce qui dégage brusquement les événements, et l'air s'échappe dans le trou avec une force telle que le charbon est brisé. Relevons qu'avec cette méthode, la cartouche n'est chargée que dans le trou de mine.

Le procédé « Hydrox »

Ce système est fondé sur le même principe que le procédé Cardox pour ce qui est de la cartouche et du mécanisme de celle-ci, mais à la place du gaz carbonique, il utilise une poudre constituée par un mélange de nitrate de sodium et de chlorure d'ammonium qui, lorsqu'elle est chauffée, produit de l'azote, de la vapeur d'eau et du sel ordinaire. Ce procédé a l'avantage de ne pas nécessiter d'installation coûteuse pour le chargement des cartouches. Une variante du système Hydrox consiste à recourir à un dispositif d'allumage semi-permanent placé à l'intérieur de la cartouche, qui permet de remédier à certains inconvénients de l'allumage original, dont l'utilisation dans les mines grisouteuses n'est pas sûre.

Le procédé « Chemecol »

Le procédé Chemecol est analogue au système Hydrox, en ce sens qu'un mélange de produits chimiques est chauffé électriquement pour amorcer la réaction qui produit le gaz et rompt un disque. La rupture se produit à une pression variant entre 1 250 et 1 550 kg/cm², selon l'épaisseur du disque. L'emploi de ce procédé dans les mines grisouteuses n'est pas toujours autorisé.

Les vérins hydrauliques

Les essais effectués il y a déjà un certain nombre d'années en vue d'abattre le charbon par l'action directe de l'eau sous pression dans les trous de mines ont abouti à la mise au point de deux procédés dérivés de ce principe.

Le vérin hydraulique Gullick consiste en un obus cylindrique en acier comportant des pistons télescopiques qui, poussés par l'eau, s'écartent à angle droit de l'axe de l'obus. Une petite pompe à main ou à moteur fournit l'eau sous pression; une seule pompe peut actionner plusieurs vérins.

Le second procédé consiste en un tube de métal à l'intérieur d'une enveloppe extensible en caoutchouc ou en un matériau analogue. La pression, fournie par l'eau ou par le gaz, peut atteindre 100 atmosphères, ce qui, dans bien des cas, est suffisant pour abattre le charbon.

La rupture du massif par action mécanique est un procédé d'abatage relativement lent; il n'a pas été adopté à une grande échelle, car son utilisation est limitée à l'exploitation de certains types de veines ou au recoupage du toit lorsque les plans de clivage sont bien formés. Il est particulièrement recommandé pour le découpage, car son effet de rupture lente dégage moins de poussières que les tirs de mines.

Abatage par tirs de mines et infusion d'eau combinés

On a vu plus haut que l'infusion d'eau dans le massif tendait à produire une rupture du front de taille. De ce fait, si une pression élevée est produite brusquement dans un trou rempli d'eau alors qu'on a déjà fait pénétrer celle-ci dans toutes les fentes et fissures du massif, cette augmentation soudaine de la pression étend et élargit ces dernières, ce qui a pour effet d'ébranler la masse de charbon et, partant, de faciliter son abatage. On peut obtenir la pression nécessaire en faisant sauter une petite charge d'explosif dans le trou rempli d'eau. Parmi les premiers essais fondés sur ce principe, citons ceux de Demelonne, en Belgique, qui a utilisé à

titre d'expérience une petite charge d'explosif pour obtenir la pression nécessaire à l'infusion proprement dite.

Cette méthode présente plusieurs avantages, car, outre que l'infusion d'eau permet normalement de réduire la quantité de poussières en suspension dans l'air, les failles ou interstices de clivage qui pourraient contenir du grisou sont pleins d'eau, ce qui réduit dans une très large mesure le risque d'explosion. Grâce à la présence de l'eau et à la très petite charge d'explosif nécessaire, la quantité de poussières dégagée est bien moindre que celle que produisent les tirs ordinaires. Le chapitre VIII contient une description complète de ce procédé.

CHAPITRE X

TRANSPORT DES PRODUITS

Le transport des produits dans une mine comprend grosso modo deux phases: le chargement, qui se fait en taille ou à proximité de la taille, et le transport proprement dit, c'est-à-dire l'acheminement des produits du point de chargement au jour. A l'exception des opérations d'abatage et de chargement simultanés effectuées en taille par des machines, ce sont toutes les opérations de chargement, de transport et de manutention subies par les produits entre le point de chargement et le jour qui seront examinées dans le présent chapitre. Le transfert des produits d'un étage à un autre, le transbordement d'un moyen de transport à un autre, de même que l'extraction des produits par berlines ou par skips figureront ainsi au nombre des opérations considérées.

Le chargement est soit manuel, soit mécanique. Bien que la tendance moderne soit à remplacer le chargement manuel par le chargement mécanique, une forte proportion des produits abattus au fond est toujours déplacée à la main dans les phases initiales du transport. Au fur et à mesure que la mécanisation faisait des progrès dans l'industrie charbonnière, on s'est attaché à étudier et à mettre au point pour les mines métalliques, toutes les fois que cela était possible, un appareillage semblable à celui qui avait été adopté dans les mines de charbon.

Les produits peuvent être transportés à partir du front, soit directement en berlines jusqu'au puits d'extraction, soit d'abord par des convoyeurs ou par gravité (par des points de déversement et des chutes) jusqu'à la station de chargement des berlines. Dans le cas des couches à fort pendage, on tire parti de la pesanteur, partout où cela est possible, en installant des couloirs ou

en aménageant des cheminées intermédiaires par où les produits peuvent être amenés aux niveaux de roulage principaux. Le roulage se fait d'ordinaire dans l'entrée d'air, dans le sens opposé au courant d'aéragé. De ce fait, toutes les poussières produites au cours du roulage sont entraînées en principe vers les chantiers. Du point de vue de la lutte contre les poussières, on le voit, il y aurait intérêt à ce que les principales opérations de roulage et d'extraction se fassent dans le retour d'air, ce qui, malheureusement, n'est pas toujours possible.

L'extraction par puits vertical peut se faire, soit au moyen de cages qui remontent les berlines pleines au jour, soit au moyen de skips, lesquels sont aussi utilisés dans les puits inclinés. Dans le second cas, il est nécessaire de prendre des précautions particulières contre les poussières. L'extraction par fendue ou par puits incliné peut se faire soit au moyen de berlines (les berlines sont amenées alors directement au jour), soit, parfois, au moyen de convoyeurs à bande. La production de poussières ne pose pas de problème, d'ordinaire, lorsque ces dernières solutions peuvent être adoptées.

CHARGEMENT MANUEL

Le chargement manuel est certainement l'une des opérations les plus pénibles qui soient effectuées au fond. En raison de la position corporelle qu'il impose au travailleur, jointe à une respiration plus rapide et plus profonde par suite de l'effort qu'il exige, les poussières y présentent un risque relativement grand. L'emploi de masques antipoussières n'est pas toujours possible, en raison des inconvénients que présentent ces appareils. On devrait s'efforcer en conséquence, non seulement de supprimer autant que possible le chargement manuel, mais encore de rendre les conditions de travail les meilleures possible aux points de chargement en luttant énergiquement contre les poussières et en assurant un bon aéragé, de façon à dissiper et à évacuer les nuages de poussières qui peuvent s'y former.

Arrosage

Le meilleur moyen de lutter contre la production de poussières au cours du chargement manuel consiste à arroser copieusement et systématiquement les produits avant le chargement, puis de temps à autre, lorsque celui-ci est en cours, pour ne pas risquer de mettre à nu des produits restés secs (voir planche II). L'arrosage devrait se faire au moyen d'un tuyau muni d'un ajutage ou d'un pulvérisateur approprié, qui permette le contrôle du débit d'eau et ne risque pas de soulever les poussières, comme cela se produit fréquemment lorsqu'un jet puissant est dirigé sur une couche de poussières sèches. Si c'est une grande quantité de produits secs qui doit être chargée à un point de chargement fixe, il peut y avoir intérêt à installer des pulvérisateurs fixes, qui assureront un arrosage uniforme tout au long du chargement.

Pour humidifier complètement les tas, on peut se servir d'un tuyau perforé que l'on fiche dans le tas pour y infuser de l'eau sous pression.

Infusion au massif

Dans le cas du charbon, la formation de poussières lors du chargement peut être réduite de façon efficace par infusion d'eau au massif, selon la méthode décrite au chapitre IX. Lorsque l'infusion a été pratiquée, la lutte contre les poussières, tant en taille que pendant les opérations qui suivent l'abatage, n'exige plus, et de loin, les mêmes mesures.

ENGINS DE CHARGEMENT UTILISÉS AU FRONT

Différents engins de chargement utilisés lors de l'abatage du charbon ont été décrits au chapitre précédent. Les autres engins dont il faut encore dire quelques mots sont utilisés en roche dure lorsque la roche doit être brisée à l'explosif.

Quel que soit l'engin de chargement considéré, la formation des conducteurs est un facteur important qui doit retenir l'attention. Le conducteur, en effet, doit veiller constamment à ne pas

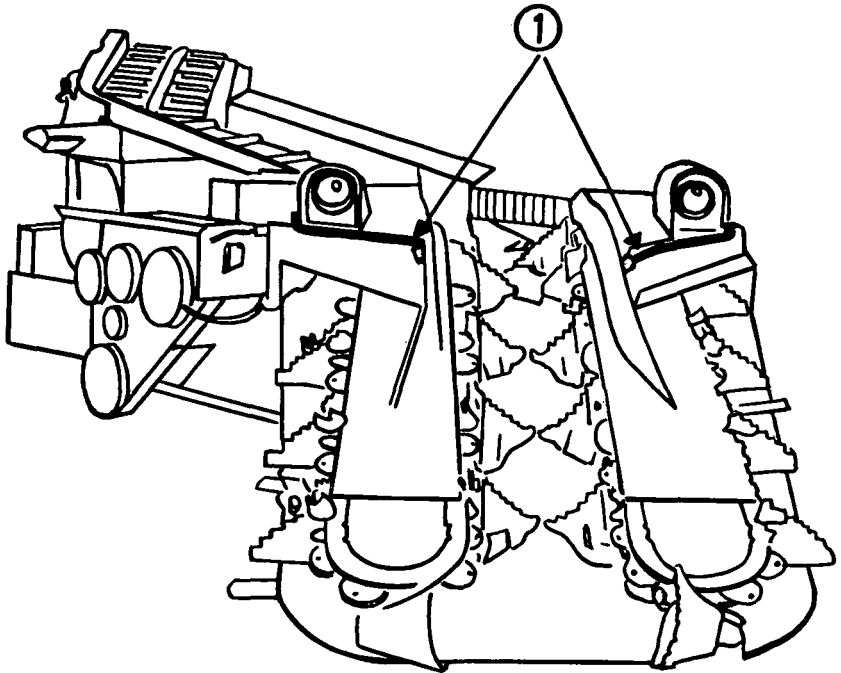


FIG. 82. — Chargeuse avec projecteur à brouillard.

1: Pulvérisateurs.

charger des produits secs et à ne provoquer ni d'une manière ni d'une autre, si cela peut être évité, la formation de fortes concentrations de poussières au cours du chargement (fig. 82).

Les scrapers

Les scrapers (bennes racleuses) sont fréquemment utilisés, dans les mines métalliques, pour amener les produits du front à un point de chargement ou de déversement. Sur de courtes

distances, de 15 à 20 m environ, le raclage ne pose pas de grands problèmes, du point de vue de la formation des poussières, dès lors que l'on met en œuvre une quantité d'eau suffisante et que l'aérage est bon. Sur de plus longues distances, et lorsque les bennes racleuses sont montées en tandem, la lutte contre les poussières est plus difficile, même avec l'utilisation d'eau. Les précautions suivantes devraient être observées :

1. Les produits devraient être humides.
2. L'arrosage devrait être suffisant pour que les produits et le chemin de raclage restent humides pendant toute la course de la benne racleuse.
3. L'air chargé de poussières qui quitte l'emplacement de raclage devrait être dilué dans de l'air pur, évacué dans une voie de retour d'air ou filtré.
4. La vitesse de l'air sur le chemin de raclage devrait être d'environ 0,5 m/s.
5. Le scraper devrait suivre à peu près le pendage réel des couches; les voies de raclage devraient avoir une bonne largeur; le chemin de raclage ne devrait pas présenter de bosses ni de resserrements brusques.

Couloirs oscillants

Le couloir oscillant, utilisé dans de nombreuses mines métalliques, est formé d'une série d'éléments de tôle incurvés dans leur longueur et inclinés, avec des bords de faible hauteur, qui sont suspendus à des chaînes. Sous l'effet du mouvement alternatif communiqué au couloir par un moteur, les produits qui y sont chargés se déplacent dans la direction voulue. Le transport des produits par couloir oscillant peut provoquer la formation d'une grande quantité de poussières. Les produits doivent être arrosés, et la production de poussières au cours du chargement doit faire l'objet de contrôles attentifs. Ces dernières années, le couloir oscillant a été remplacé, dans une large mesure, par le scraper.

ENGINS DE CHARGEMENT UTILISÉS DANS LES AVANCEMENTS ET POUR LE FONÇAGE DES PUIITS

L'engin de chargement utilisé dans les galeries et pour les creusements au rocher est généralement la chargeuse mécanique, qui prend les produits sur l'avant et les rejette en arrière dans les berlines, soit directement, soit, dans certains cas, par l'intermédiaire d'un convoyeur à bande de faible longueur. On utilise aussi des bennes racleuses, qui amènent les produits sur une estacade d'où ils se déversent dans les berlines. Le même principe a été poussé plus loin dans un système où une pelle mécanique est utilisée avec un scraper qui déverse dans un train de berlines.

Par rapport au chargement manuel, le chargement mécanique, à l'aide des engins décrits ci-dessus, pose des problèmes d'empoussiérage très différents. Certes, le nombre des travailleurs exposés aux poussières est moindre, mais la concentration des poussières produites est plus forte, ce qui exige, plus encore que lors du chargement manuel, un excellent aérage, un arrosage abondant et une stricte surveillance des opérations.

D'ailleurs, l'empoussiérage n'est pas dans tous les cas le même. Aussi importe-t-il que l'emploi des engins de chargement soit suivi de près, surtout au stade initial. Il s'agit en effet de mettre au point les méthodes appropriées de lutte contre les poussières et d'aménager l'aérage, de façon à résoudre aussitôt les problèmes qui se poseront, eu égard aux conditions locales.

Les engins utilisés pour évacuer les déblais au cours du fonçage des puits sont, entre autres, les grappins et les chargeuses mécaniques. Les conditions dans lesquelles s'effectue le travail (l'espace est en effet très restreint, et le rythme de travail très rapide) n'autorisent que les mesures de dépoussiérage de l'air les plus simples. Il faut, d'une part, assurer un aérage puissant, d'autre part, arroser suffisamment les déblais. Souvent, des ruissellements abondants s'écoulent sur les déblais, de sorte qu'il n'y a plus, pour satisfaire aux exigences de la lutte contre les poussières, qu'à assurer un aérage énergétique par un puissant courant d'air au fond du puits.

DESCENSEURS, PLANS INCLINÉS ET GOULOTTES

Mines métalliques

C'est surtout dans les mines métalliques que l'acheminement des produits depuis le front se fait par des goulottes ou des plans inclinés. Il s'y forme fréquemment de grandes quantités de poussières qui, si le courant d'aéragé y passe et entraîne les poussières vers les tailles, présentent un danger particulièrement grand. D'ordinaire, on peut supprimer ce risque en adoptant une disposition appropriée et en installant des barrages ou des sas d'aéragé, afin de détourner le courant d'aéragé du trajet que suivent les produits. En outre, on peut réduire la formation de poussières en veillant à ce que les produits soient humidifiés et en disposant des pulvérisateurs, ou encore en déployant un rideau d'eau, au sommet de la goulotte ou du plan incliné. Le rideau d'eau, bien délimité, devrait fermer l'ouverture de la goulotte ou du plan incliné, de façon à retenir la plus grande quantité possible de poussières et à humidifier en même temps les produits pendant leur chute. Des robinets devraient permettre de couper l'eau lorsque le déversement des produits est interrompu. Si, pour une raison ou pour une autre, on ne peut combattre les poussières par voie humide, ou si l'on ne peut éviter autrement le danger présenté par l'air empoussiéré provenant des goulottes ou des plans inclinés, on devra recourir peut-être à une installation d'aspiration, en évacuant ou en filtrant les poussières d'une manière ou d'une autre. Les plans inclinés devraient avoir une pente aussi faible que possible; ils ne devraient pas comporter de chute ou de dénivellation brusque. Les trémies de chargement situées au bas des goulottes et des plans inclinés devraient aboutir aussi près que possible des berlines, de façon que les produits, au moment du chargement, ne tombent pas d'une hauteur inutilement grande.

Mines de charbon

L'emploi des goulottes (fig. 83) et des couloirs — généralement des descenseurs hélicoïdaux — pour le transport du charbon par

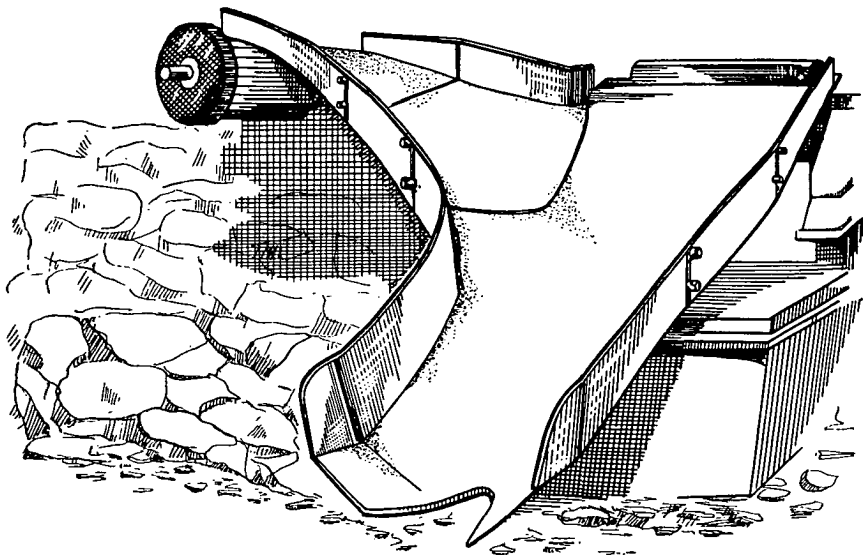


FIG. 83. — Goulotte contournée (à un confluent de voies).

gravité d'un étage à un autre se généralise. Comme les autres modèles de couloirs, les descenseurs hélicoïdaux devraient avoir la pente minimale qui est nécessaire pour assurer la descente des produits. Les précautions les plus importantes consistent, d'une part à encoffrer l'hélicoïde autant que possible, d'autre part à monter des chicanes souples de façon à réduire au minimum les déplacements d'air. Les produits devraient être humidifiés. Lorsque la production de poussières est très forte, il y aura intérêt à installer des pulvérisateurs.

Les poussières en suspension dans l'air, le long des couloirs, dans les cheminées et aux points de déversement seront éliminées, s'il y a lieu, au moyen d'installations d'aéragé secondaire. On créera une dépression à l'endroit où se forment les poussières, que l'on recueillera à l'aide d'une installation de filtration ou que l'on évacuera d'une manière ou d'une autre.

CONVOYEURS A BANDE

La plus grande partie de la production des mines de charbon est transportée par convoyeurs à bande. Ce dispositif peut être utilisé dans la plupart des situations; il permet de transporter les produits sur des dénivellations modérées et de longues distances. C'est ainsi qu'il est employé, soit pour transporter le charbon le long de la taille jusqu'à la voie principale; soit, dans le cas des convoyeurs installés dans les voies principales, pour transporter le charbon jusqu'à une station de chargement; soit enfin, dans le cas des convoyeurs collecteurs, pour transporter le charbon plus avant encore — parfois jusqu'au puits d'extraction ou même, dans les mines ouvertes par fendues ou par galeries inclinées, jusqu'au lavoir au jour.

Le convoyeur à bande est également utilisé dans les mines métalliques, en particulier, à proximité du puits d'extraction, aux stations de transbordement du minerai.

Sources d'empoussiérage

Sur les installations principales de convoyage du fond, il se forme des poussières aux points de chargement et de transbordement, lorsque les produits arrivent sur la bande, passent d'un convoyeur sur un autre ou se déversent dans les berlines. Des poussières risquent encore d'être mises en suspension dans l'air sous l'effet des vibrations de la bande, lorsque celle-ci passe sur les galets ou sur les tambours, ou en cas de débordement, et aux points où la bande traverserait des dispositifs tels que des portes d'aéragé ou des guichets à rideau. L'action du courant d'aéragé peut contribuer au dégagement de poussières. Ce courant circule souvent, en effet, dans un sens opposé à celui dans lequel s'effectue le transport, de sorte que les conditions les plus favorables sont réunies pour que les produits séchent rapidement et que les poussières qui y adhèrent soient libérées.

Les mesures qui seront prises en taille pour lutter contre les poussières simplifieront beaucoup le problème de la suppression

des poussières au cours du convoyage. Certaines mesures spéciales n'en devront pas moins être prises.

Mesures de lutte contre les poussières

Les mesures les plus importantes qu'appelle la lutte contre les poussières au cours du transport des produits par convoyeurs à bande sont les suivantes:

a) étude et installation soignées du convoyeur, bon entretien général;

b) dépoussiérage des bandes;

c) suppression des poussières aux points de chargement et de transbordement;

d) enlèvement périodique des poussières et des produits tombés du convoyeur sur tout le parcours de convoyage.

Etude et installation du convoyeur.

Lors de l'étude d'une installation de convoyage par bande, on gardera à l'esprit les points suivants, qui ont leur importance du point de vue de la production de poussières. En premier lieu, la bande doit avoir des dimensions suffisantes pour recevoir le tonnage maximal qui doit être transporté, de façon qu'il n'y ait jamais de surcharge et qu'il ne soit jamais nécessaire de faire marcher le convoyeur à une vitesse excessive. En second lieu, la galerie doit avoir une section suffisante, compte tenu de la durée probable de fonctionnement de l'installation et de la réduction probable de la section sous l'effet des pressions exercées par les terrains. Dans un autre ordre d'idées, si l'air d'aérage circule à une vitesse excessive sur le parcours de la bande ou aux stations de chargement et de transbordement, des poussières seront mises en suspension dans l'air. La galerie ne devrait pas présenter de brusques resserrements ni d'obstacles soudains. La vitesse relative du courant d'aérage est fonction de la vitesse de la bande. Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter de faire marcher le convoyeur à une

vitesse élevée, on devrait installer des dispositifs de chargement spéciaux ou utiliser encore des convoyeurs auxiliaires de faible longueur qui, marchant à vitesse réduite, réduisent la violence du déchargement et facilitent le chargement. La vitesse du courant d'aéragé aux stations de chargement et de transbordement devrait être abaissée, le cas échéant, soit par agrandissement de la section de la galerie, soit par détournement de l'air d'aéragé. Enfin, on pourra installer ces écrans ou des déflecteurs pour éviter que le courant d'aéragé ne donne sur les produits aux points où ceux-ci se déversent.

Lors de l'installation des convoyeurs, il convient de veiller à un bon alignement horizontal et vertical de la bande, pour éviter autant que possible les chutes de produits et les dégagements de poussières. Il importe en effet que la bande ne subisse aucun heurt sur toute la longueur de son parcours. Aux stations de chargement et de transbordement, la hauteur de chute des produits devrait être réduite à un minimum; lorsqu'il n'est pas possible d'éviter que les produits ne tombent d'une certaine hauteur, l'installation de dispositifs de chargement spéciaux, comme on l'a déjà signalé plus haut, devrait être envisagée. Les agrafes utilisées pour l'assemblage des éléments de bande devraient être de haute qualité; elles devraient être remplacées sur-le-champ lorsqu'elles sont tordues ou endommagées. Il est recommandé d'assembler si possible les éléments de bande par vulcanisation.

Dépoussiérage des bandes.

Il est de toute importance d'enlever et de recueillir les poussières qui adhèrent à la bande du convoyeur après que les produits ont été déversés. La quantité de poussières qui se détache d'une bande non dépoussiérée, au passage sur les rouleaux de retour, peut être en effet très grande (on a pu recueillir jusqu'à 15 kg de poussières de charbon au cours d'un poste sous un seul rouleau). Ces poussières risquent d'être emportées le long de la galerie par le courant d'aéragé, ce qui se traduirait par une forte augmentation de la quantité de poussières en suspension dans l'air, surtout dans le cas des convoyeurs à brin inférieur porteur. Les mesures

de lutte contre les poussières par voie humide prises en taille risquent même d'entraîner un accroissement de l'empoussiérage ainsi produit: en effet, la quantité de poussières qui adhère à la bande est alors plus grande à cause de l'humidité des produits, et, partant, la quantité de poussières qui arrive aux rouleaux de retour s'accroît.

Au cours des postes où fonctionne l'installation de convoyage, des ouvriers devraient être expressément chargés de nettoyer la bande et d'enlever les poussières qui y adhèrent. Il existe d'ailleurs un certain nombre de dispositifs qui permettent de recueillir une grande partie de ces poussières juste après le point de déversement des produits, avant qu'elles puissent se déposer. Des dispositifs de ce genre (raclettes, brosses métalliques ou frottoirs) devraient être montés sur les convoyeurs toutes les fois que cela est possible.

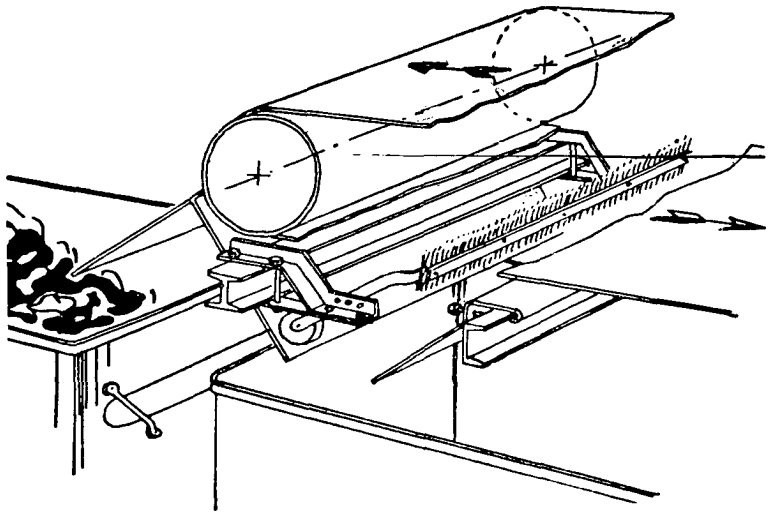


Fig. 84. — Brosse métallique pour courroie de convoyeur.

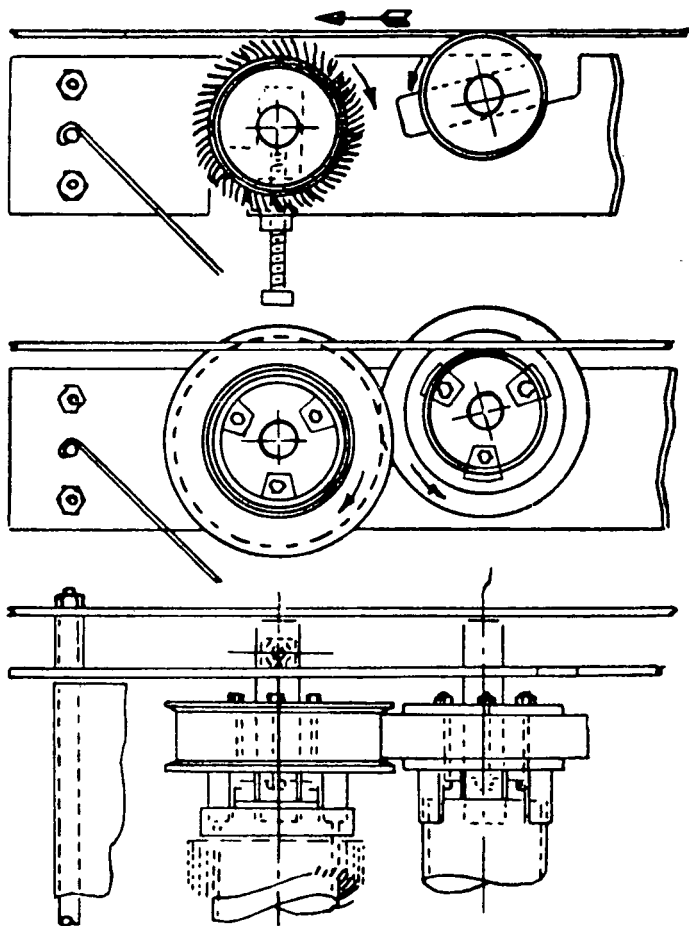


FIG. 85. — Brosse rotative pour courroie de convoyeur.

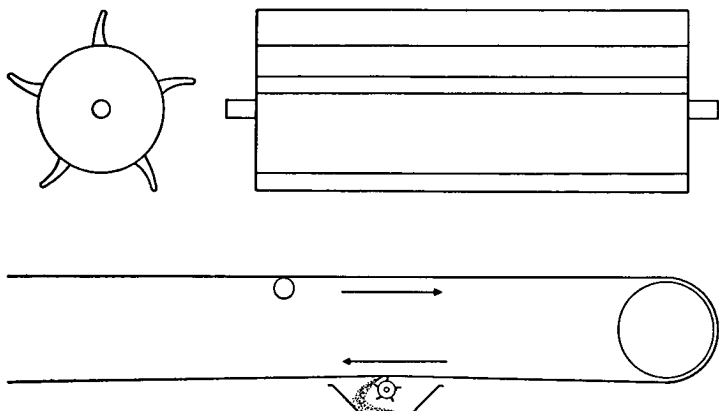


FIG. 86. — Dispositif à secousses pour nettoyage des courroies de convoyeur.

Le dispositif le plus simple est formé d'une raclette fixe découpée dans une bande de caoutchouc, qui frotte contre la surface inférieure du brin de retour. On peut améliorer ce dispositif en montant la raclette sur un pivot et en la munissant d'un contre-poids ou de ressorts qui la maintiennent appliquée contre la bande.

Lorsque les poussières sont sèches, les brosses métalliques — qui enlèvent jusqu'à 90 pour cent des poussières adhérant à la bande — donnent des résultats meilleurs que les raclettes. Si les produits sont humides, l'installation d'une raclette suivie d'une brosse métallique assure un dépeussierage particulièrement efficace (fig. 84). Les brosses métalliques rotatives actionnées par un dispositif d'entraînement à friction formé de deux disques de cuir donnent également de bons résultats (fig. 85).

Un autre dispositif a été également utilisé avec succès. Il s'agit d'un rouleau sur lequel sont soudées cinq lames ou pales d'une hauteur de 4 cm environ par rapport à la surface du rouleau. En passant sur le rouleau, la bande est animée d'un mouvement vibratoire qui en détache les poussières (fig. 86).

Quel que soit le dispositif utilisé, une trémie devrait être installée sous le brin de retour pour recevoir les poussières qui tombent de la bande. Les trémies devraient être pourvues d'un registre coulissant; les poussières devraient être recueillies dans des sacs hermétiques.

*Suppression des poussières aux stations de chargement
et de transbordement.*

Il importe en premier lieu d'étudier avec soin les installations de chargement et de transbordement, ainsi que d'en déterminer judicieusement l'emplacement. Il faut ensuite que les produits ne tombent pas d'une trop grande hauteur, ni qu'ils subissent des changements de direction ou de vitesse excessifs. Toutefois, ces mesures générales ne sauraient suffire, et, même lorsque la lutte contre les poussières est menée en taille avec rigueur, il est nécessaire dans bien des cas de prendre des dispositions spéciales pour supprimer les poussières aux stations de chargement et de transbordement. Parmi les moyens utilisés à cet effet, il faut mentionner les installations de captage ou de dépoussiérage, les dispositifs de chargement spécialement étudiés et les installations de pulvérisation.

Les installations de captage par aspiration, lorsque la source d'empoussiérage est encoffrée, permettent de supprimer toutes les poussières produites. Malheureusement, elles sont souvent trop complexes et trop encombrantes pour être utilisées sur les convoyeurs montés au fond, sans compter qu'elles posent dans bien des cas des problèmes d'entretien et de fonctionnement. En outre, dans les mines de charbon, il faut craindre le risque d'inflammation qui peut se présenter au moment où les poussières recueillies — qui sont sèches — sont vidées et enlevées. Au contraire, sur les grands convoyeurs montés à demeure, comme ceux dont il a été question plus haut à propos des mines métalliques, cette solution est recommandée.

La lutte contre les poussières aux stations de chargement et de transbordement peut être menée avec de bons résultats à l'aide

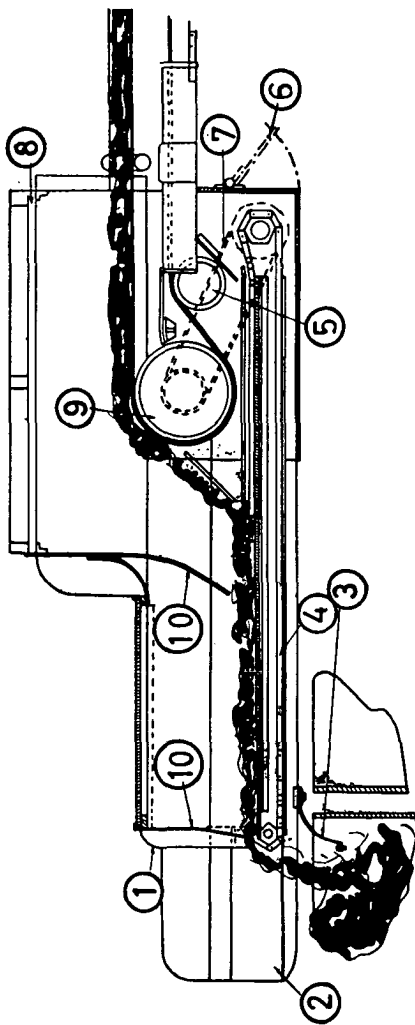


FIG. 87. — Point de déchargement d'un convoyeur.

1: Plaque latérale de guidage; 2: rideau souple antipoussières (prévenant également les chutes de produit); 4: chaîne racleuse; 5: tambour de nettoyage pour l'élimination des menus fragments; 6: regard; 7: chaîne et pignon d'entraînement; 8: convoyeur blindé; 9: tambour d'entraînement; 10: rideaux souples antipoussières.

de dispositifs de chargement spécialement étudiés (fig. 87) qui sont munis d'enceintes conçues pour retenir captives, dans toute la mesure possible, les poussières produites au cours du chargement ou du transbordement. Des pulvérisateurs devraient être montés à l'intérieur de l'enceinte de chargement, de façon à précipiter les poussières.

On relèvera à ce propos que, si l'on utilise des pulvérisateurs pour lutter contre les poussières aux points de chargement ou de transbordement, on devrait prévoir une forme quelconque d'encoffrement pour que le brouillard produit par les pulvérisateurs entre en contact avec les poussières. Employés seuls, en effet, les pulvérisateurs donnent rarement de bons résultats, comme on le verra dans la section ci-après.

Pulvérisation d'eau.

Les mesures décrites ci-dessus peuvent être complétées par l'arrosage des produits. Lorsque la lutte contre les poussières est menée en taille par voie humide, il est parfois nécessaire, sur les convoyeurs collecteurs de grande longueur, d'humidifier de nouveau les produits à des intervalles appropriés pour éviter qu'ils ne sèchent complètement. Le volume d'eau nécessaire à cet effet dépendra des caractéristiques locales de l'atmosphère de la mine. Le débit d'eau devrait de toute façon être contrôlé avec soin, car tout excès endommagerait la bande, d'une part, et risquerait de provoquer du patinage à la tête motrice, d'autre part.

Aux stations de transbordement, les produits devraient être arrosés au moment où ils passent sur la goulotte. Les pulvérisateurs devraient être montés de façon à permettre de tirer parti de l'énergie cinétique de la projection pour abattre les poussières en suspension (fig. 88). Cette condition est particulièrement importante lorsque le courant d'aéragé a une vitesse élevée, auquel cas non seulement les pulvérisateurs devraient être dirigés dans la direction opposée à celle du courant d'aéragé, mais encore des déflecteurs devraient être installés ou les goulottes mises partiellement sous carter.

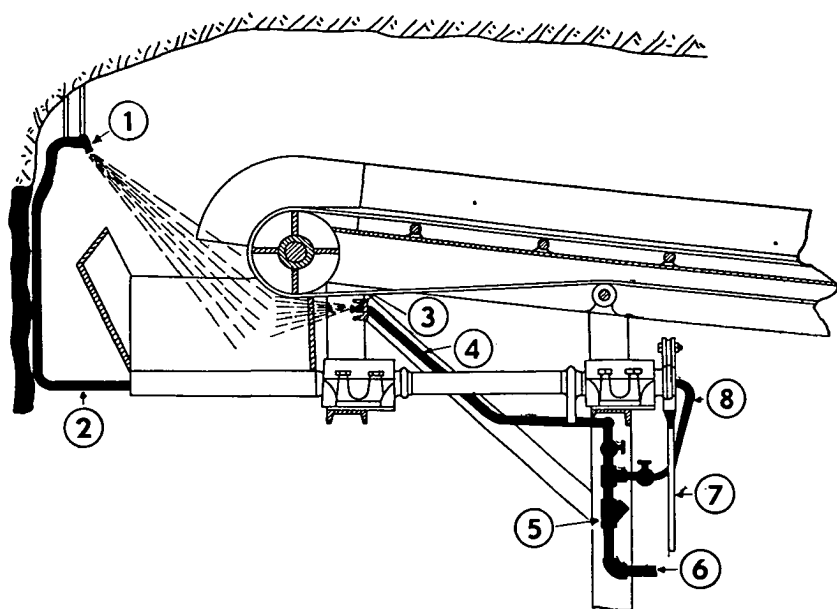


FIG. 88. — Point de chargement avec installation de pulvérisation.

1 et 3: Pulvérisateurs; 2, 4 et 8: conduites d'eau; 5: filtre (maille 20); 6: arrivée d'eau; 7: levier de commande.

Comme on vient de l'indiquer, il est difficile d'humidifier les poussières aux points de déversement pendant la chute des produits sans isoler la source de poussières (fig. 89). On peut, au demeurant, arroser les produits sur la bande, à un point suffisamment distant du point de déversement, de façon qu'ils soient complètement mouillés au moment d'arriver au point de déversement. L'eau devrait être pulvérisée sur une largeur très légèrement inférieure à celle de la bande; l'arrosage ne devrait pas être trop nettement circonscrit. On a décrit au chapitre III les pulvérisateurs et les vannes automatiques qui devraient être utilisés pour de telles installations.

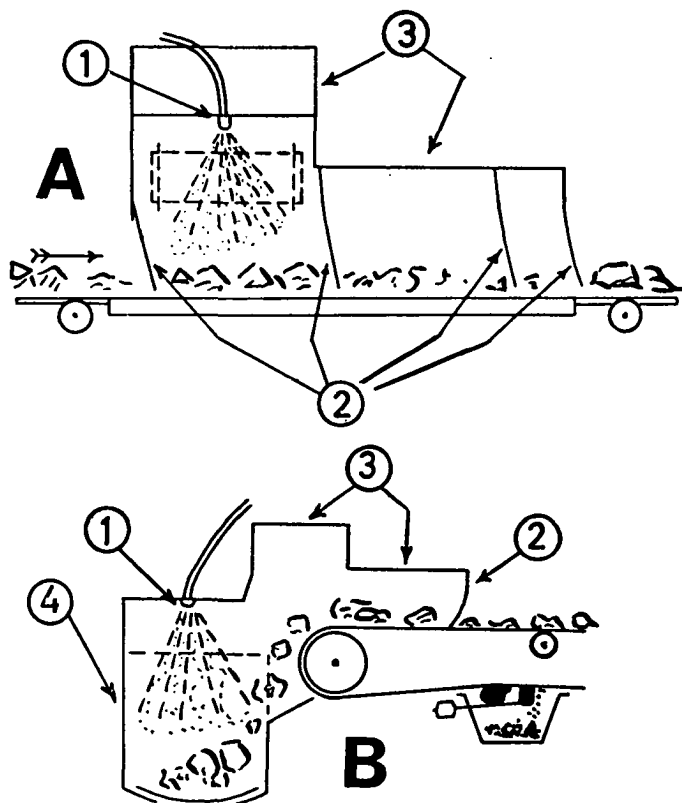


FIG. 89. — Dépoussiérage d'un point de transbordement.

A: Coupe longitudinale; B: coupe transversale.

1: Pulvérisateurs; 2: rideaux antipoussières en caoutchouc; 3: panneaux de tôle d'acier
4: paroi de caoutchouc.

Enlèvement des poussières et des produits tombés du convoyeur.

Les résultats d'une étude faite à un point de chargement caractéristique pourront donner une idée du problème que posent les pertes du point de vue de la lutte contre les poussières. Le volume de charbon chargé au point en question atteignait 600 tonnes par poste; la vitesse moyenne du courant d'aéragé était de 1,8 m/s: dans ces conditions, près de 4 tonnes de charbon par jour se répandaient sur le sol, tandis que la concentration des poussières en suspension dans l'air, d'après les résultats des prélèvements, atteignait de 790 à 1 050 particules de 1 à 5 microns par centimètre cube.

Bien que les pertes au cours du convoyage puissent être supprimées dans une large mesure par l'application des recommandations formulées plus haut, le problème n'en est pas moins sérieux. L'évacuation des poussières et des produits tombés du convoyeur doit être assurée aux points de chargement, d'une part, et sur le parcours du convoyeur, de l'autre.

Sur les longs convoyeurs, le nettoyage du parcours devrait se faire de façon régulière. Il n'est pas recommandé, comme cela se voit, de recharger à la pelle les poussières et les produits sur le convoyeur, non seulement parce que le pelletage s'accompagne de formation de nuages de poussières, mais encore parce qu'une bonne partie de ces poussières et de ces produits retomberont du convoyeur, par la suite, le long du parcours. On devrait employer plutôt des récipients spéciaux ou des sacs hermétiques et transporter au jour les poussières et les produits recueillis. L'enlèvement des poussières et des produits devra se faire principalement à la pelle et à la brosse. Le nettoyage à la brosse demande toutefois certaines précautions: c'est ainsi qu'on aura intérêt à humidifier la sole. Des essais de nettoyage par aspiration ont été effectués. Les appareils mis au point à cet effet ont donné des résultats très prometteurs, et il faut souhaiter que les essais se poursuivent.

BERLINES

Dans de nombreuses mines, la berline — du wagonnet d'une demi-tonne roulé à la main à proximité du front jusqu'à la berline de 4 à 6 tonnes remorquée sur des voies à grande vitesse par une locomotive — est le principal engin utilisé pour le transport des produits. Les berlines peuvent être chargées à la main (c'est le cas des berlines de faible capacité); à l'aide de convoyeurs et de divers engins de chargement tels que ceux qui ont été décrits plus haut; enfin, à l'aide de trémies installées au bas de plans inclinés.

La formation de poussières au cours du transport par berlines peut avoir plusieurs causes: le transport de produits secs, l'utilisation de berlines mal conçues ou mal entretenues et le remplissage excessif des berlines sont les principales. Indépendamment de cela, le culbutage des produits est une grande source de poussières.

Arrosage

Comme dans le transport par convoyeur à bande, il suffit dans la plupart des cas, lors du transport par berlines, que les produits aient été copieusement arrosés avant de quitter la taille pour que les poussières restent agglomérées tout au long du transport. Toutefois, avec la mise en service des locomotives, l'allongement des parcours et l'accroissement des vitesses de roulage, par suite aussi de l'accroissement du débit et de la vitesse de l'air d'aéragé, la partie du chargement des berlines qui est exposée à l'air a davantage tendance à sécher. Pour y remédier, il s'est révélé nécessaire d'installer au-dessus de la voie des pulvérisateurs fixes qui arrosent les berlines au cours du trajet (voir planche III). Les pulvérisateurs devraient fonctionner automatiquement au passage des convois. Ils devraient être réglés avec soin, de façon que le rideau d'eau ait une largeur légèrement supérieure à celle des berlines et que le débit soit correct. On devrait veiller à ce que l'extérieur des berlines reste relativement propre et à ce que les poussières ou la boue ne s'y accumulent pas au point de se détacher ou de se désagréger et d'empoussiérer l'atmosphère lors des déplacements.

Pertes au cours du roulage

Il faut une vigilance de tous les instants pour réduire au minimum la formation de poussières dues aux pertes qui se produisent pendant le roulage, pertes imputables surtout à un remplissage excessif des berlines, qu'il s'agit d'éviter. Pour cela, outre une surveillance serrée et une attention soutenue de la part des travailleurs, il faut que les installations de chargement et les registres des cheminées, selon les cas, soient étudiés et construits de façon que le remplissage des berlines puisse être dirigé avec précision. Les goulottes de chargement devraient arriver aussi près que possible du bord supérieur des berlines; elles devraient, autant que possible, être fermées et munies, au besoin, de pulvérisateurs.

La construction des berlines revêt une grande importance pour ce qui est de la suppression des pertes au cours du roulage. Dans la mesure du possible, les berlines devraient être étanches. Sur les berlines à déchargement par le fond ou par les côtés, les panneaux du fond ou les portes latérales devraient fermer sans aucune fuite; les berlines dont les panneaux ou les portes sont, soit endommagés, soit voilés, devraient être immédiatement mises hors service. Il y a intérêt à utiliser des berlines de grande capacité, qui réduisent la surface du chargement exposée à l'air par tonne transportée, ce qui tend à réduire l'empoussiérage.

Galeries

Les galeries de roulage principales ne devraient pas présenter de resserrements qui puissent provoquer un accroissement de la vitesse du courant d'aéragé sur le parcours des convois. La voie devrait être de niveau et répondre à des exigences strictes. La galerie devrait être continuellement nettoyée de toutes les poussières et de tous les produits tombés des berlines au cours du transport (des récipients devraient y être placés à cet effet à des intervalles rapprochés). Les berlines qui sont momentanément hors service ne devraient pas être laissées sur une voie de roulage prin_

cipale, mais être garées sur un embranchement, de façon à ne pas se trouver sur le circuit d'aérage principal.

Locomotives

Sur les locomotives à moteur à combustion interne ou à air comprimé, l'orifice d'échappement devrait être disposé de façon que les gaz ou l'air d'échappement ne risquent pas de soulever les poussières déposées sur le sol ou sur les parois des galeries.

Circuits de voies des recettes de puits

Dans les mines exploitées par fendues ou par galeries inclinées, les berlines peuvent être roulées directement au jour. Dans les mines à puits verticaux, elles sont soit remontées au moyen de cages, soit, si l'extraction se fait par skips, culbutées à la recette à skips. Dans le second cas, des dispositions spéciales doivent être prises pour lutter contre les poussières au point de culbutage (voir ci-dessous). Lorsque, avant d'être vidées à la station de culbutage ou chargées dans les cages, les berlines sont groupées sur un circuit de voies complexe, on devrait veiller à ce qu'elles ne subissent pas de chocs ni de cahots trop violents en étudiant avec soin la pente des voies et en installant des freins appropriés. La vitesse du courant d'aérage, aux recettes, ne doit pas être trop élevée; au besoin, le courant d'aérage sera dirigé sur une voie d'aérage de détournement.

POINTS DE DÉVERSEMENT SITUÉS SUR LES PUIITS

Selon le volume des produits remontés, des points de déversement de capacité variable sont aménagés le long des puits d'extraction. Dans les grands puits où l'extraction se fait à partir d'une station de chargement principale, il n'est pas rare de trouver des points de déversement d'une capacité de 200 tonnes ou plus par heure. A tous les points de déversement, les produits devraient être humidifiés, notamment lorsqu'ils tombent dans les cheminées

(on utilisera à cet effet des pulvérisateurs). Toutefois, lorsque le volume des produits est très grand, cette mesure ne saurait permettre de combattre les poussières avec l'efficacité voulue, si bien que l'aménagement d'une installation d'aéragé secondaire s'impose.

Lorsque le contenu d'une berline ou d'une trémie est vidé à un point de déversement, un volume d'air égal à celui des produits est déplacé et chassé hors de l'ouverture. Cet air est chargé d'une grande quantité de poussières, qui se répand dans l'atmosphère environnante. L'installation d'aéragé secondaire doit permettre d'empêcher ce déplacement d'air ou de le réduire tout au moins à un point tel qu'il ne présente plus de danger. La conception du système d'aspiration dépendra des caractéristiques du point de déversement et des abords de celui-ci. La figure 90 montre la disposition d'une installation de ce genre. On se reportera en outre, à ce sujet, au chapitre V, qui traite des installations de captage et de filtration.

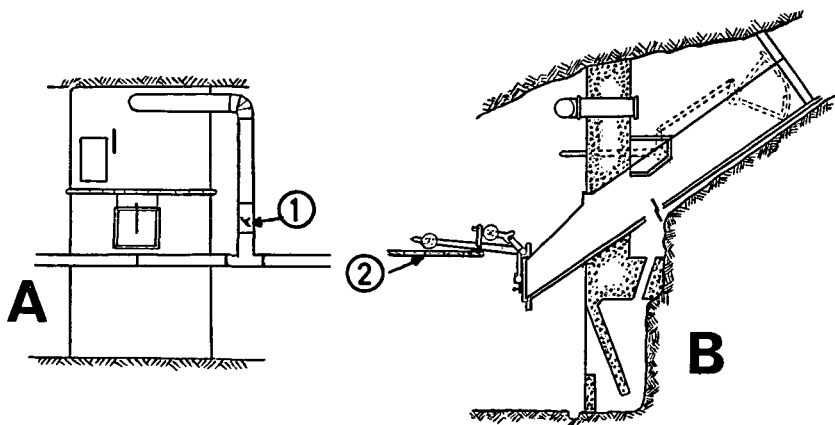


FIG. 90. — Point de déversement.

A: Elevation; B: coupe transversale.

1: Robinet; 2: plateforme de commande.

CHEMINÉES PRINCIPALES

Le transport des produits par un réseau de cheminées principales qui aboutissent au puits d'extraction pose des problèmes d'empoussièrement semblables à ceux qui doivent être résolus sur les chantiers d'exploitation de la mine, mais plus vastes. De plus, ces problèmes prennent une gravité particulière lorsque, comme c'est fréquemment le cas, le puits d'extraction est aussi le puits d'entrée d'air de l'aérage principal. Des précautions particulières doivent être prises alors pour que les cheminées ne forment pas de circuits parallèles au circuit d'aérage principal, ni de courts-circuits, ce qui entraînerait la pollution de l'air frais par les poussières produites dans les cheminées.

Dans de nombreux cas, les cheminées aboutissent directement dans les recettes à skips. Dans d'autres, cependant, elles aboutissent à un silo ou à une trémie-volant, d'où les produits sont transportés au point de chargement des skips par un convoyeur à bande. En pareil cas, il est nécessaire de prévoir une installation d'aérage aspirant qui évacue les poussières à tous les paliers du réseau de cheminées, de même que dans les voies de convoyage et les voies de circulation. Les poussières seront évacuées dans un puits de retour d'air si cette solution se révèle opportune. Dans la plupart des cas, toutefois, des installations de filtration de grande capacité devront être mises en service.

EXTRACTION PAR CAGES

Les mesures de lutte contre les poussières qui doivent être prises, lorsque les berlines sont remontées au jour au moyen de cages, aux recettes, sur le circuit de manœuvre des berlines notamment, ont déjà été indiquées plus haut.

EXTRACTION PAR SKIPS

Lorsque l'extraction se fait par skips, la formation de poussières devrait être combattue aux stations de culbutage principales

et aux silos ou aux trémies; aux installations de chargement des skips; le cas échéant, dans toutes les cheminées principales qui aboutissent au puits; enfin, dans le puits même, surtout si l'extraction se fait par le puits d'entrée d'air.

Les recettes à skips risquant fort d'être d'abondantes sources d'empoussiérage, la lutte contre les poussières devrait y être menée avec un soin particulier, d'autant plus que, comme on vient de le signaler, l'installation d'extraction est fréquemment montée dans le puits d'entrée d'air de l'aéragé principal. En pareil cas, le courant d'aéragé devrait être détourné toutes les fois que cela est possible de façon que la vitesse de l'air aux recettes demeure peu élevée et que la pollution éventuelle de l'atmosphère reste aussi faible que possible.

Chargement

Dans les mines métalliques, les recettes à skips comprennent généralement un silo ou une trémie qui alimente, par l'intermédiaire de couloirs de faible longueur, des trémies doseuses dont le nombre est égal au nombre des skips. Des trappes sont installées au bas des couloirs et de chacune des trémies doseuses.

Le chargement des skips comprend deux grandes opérations: le remplissage de la trémie doseuse, puis le chargement du skip. La première s'effectue pendant la course du skip, de façon qu'à l'arrivée de celui-ci le contenu de la trémie doseuse puisse y être immédiatement déversé. La chute des produits et le mouvement du skip provoquent un fort déplacement d'air, qui a tendance à emporter les poussières soulevées au cours de l'opération.

C'est ainsi que les trémies doseuses et les couloirs de chargement devraient être d'une construction aussi étanche que possible. Des prises d'aspiration d'une capacité suffisante pour absorber le déplacement d'air et empêcher que des poussières ne soient libérées dans l'atmosphère devraient être prévues.

Pertes au cours de l'extraction

Lors du chargement des skips, le volume des produits déversé de la trémie doseuse dans le skip devrait être contrôlé avec soin. Si le skip est trop chargé, en effet, il se produit, au cours de la remontée, des pertes qui provoquent un dégagement de poussières dans le puits. La boue ou même l'eau sale qui tombent des skips forment, sur les surfaces horizontales situées à l'intérieur du puits, des dépôts qui, en séchant, deviennent une source d'empoussié-
rage.

Quand bien même les plus grandes précautions seraient prises à l'installation de chargement, les pertes sont, jusqu'à un certain point, inévitables. Les poussières et les produits qui s'échappent des skips tombent au fond du puits, où des dispositions devraient être prises pour les évacuer.

Le plus souvent, le fond du puits ou puisard se trouve au-dessous de la dernière issue que peut emprunter l'air d'aé-
rage. Une installation d'aé-
rage aspirant doit donc être installée pour que les travailleurs occupés à nettoyer le fond du puits puissent le faire en toute sécurité. Souvent, cette installation pourra être combinée avec celle qui assure l'évacuation des poussières aux recettes. Dans les autres cas, ce sera une installation distincte.

Inspections et contrôle

Les ouvriers qui travaillent aux recettes à skips restent généralement longtemps à leur poste et ont de grandes chances d'être exposés aux poussières en suspension dans l'atmosphère. Aussi importe-t-il d'effectuer des inspections et des contrôles de l'atmosphère, afin de s'assurer que les installations sont en ordre de marche, et que les conditions qui règnent sur les lieux de travail, du point de vue de la propreté surtout, sont satisfaisantes. L'agent responsable des opérations de chargement devrait être tenu de veiller à ce que les poussières et les produits tombés des skips soient enlevés et à ce que la recette soit régulièrement lavée, de façon que les poussières ne s'y accumulent pas. L'expérience

montre que les précautions les plus strictes doivent être prises à ces endroits pour que soient supprimées les concentrations dangereuses de poussières en suspension dans l'air.

Si des travaux tels que l'enlèvement des poussières et des produits tombés des skips doivent être effectués au fond du puits, un des préposés à la lutte contre les poussières dans la mine devrait y faire des inspections périodiques. A défaut de contrôles réguliers et de mesures appropriées de lutte contre les poussières, en effet, les ouvriers qui travaillent dans des endroits où il est aussi rare que l'on pénètre risquent d'y être particulièrement exposés.

TRANSPORT DU MATÉRIEL AU FOND

Le transport du matériel — bois, machines, fleurets, tuyaux, rails — nécessite l'utilisation d'un grand nombre de berlines ainsi que de multiples opérations de manutention et d'entreposage provisoire. Les galeries de roulage, les voies d'aérage et les recettes risquent ainsi d'être encombrées au point qu'il en résulte des perturbations dans l'aérage et des dégagements de poussières. En outre, le chargement et le déchargement de matériel lourd, comme les tuyaux et les rails, surtout après usage, lorsque ce matériel est couvert de boue ou de poussières, risquent de s'accompagner, à moins que de grandes précautions ne soient prises, d'un intense dégagement de poussières.

Dans ces conditions, la direction des mines devrait non seulement mettre à la disposition des ouvriers des engins de levage appropriés et prévoir des emplacements d'entreposage assez vastes, mais encore veiller à ce que ces mêmes ouvriers reçoivent les consignes qui s'imposent et soient bien encadrés, de façon qu'ils ne négligent aucune des précautions nécessaires pour éviter la formation de nuages de poussières.

CHAPITRE XI

CIRCULATION DANS LES VOIES DU FOND

Dès qu'elles sont déplacées et qu'elles entrent en suspension sous forme de nuages, les poussières déposées dans les galeries présentent un danger pour la santé des travailleurs. A ce danger, commun à toutes les mines, s'ajoute, dans les mines de charbon, le risque d'explosion. L'empoussiérement des galeries se produit si les mines ne sont pas naturellement maintenues humides par les venues d'eau ou (lorsque l'exhaure est insuffisante) par l'accumulation des eaux. Pour une part, les poussières peuvent être formées par l'usure du sol des galeries ou du matériau utilisé pour le remblayer et le niveler. Les pertes qui surviennent au cours du transport des produits peuvent être une source abondante d'empoussiérement. Enfin, dans les voies d'aération, le courant d'air peut entraîner une grande quantité de poussières, qui, ayant passé en suspension dans l'air, soit en taille, soit aux points de transbordement des produits, soit aux autres endroits où il y a un gros mouvement de charbon ou de stériles, se sont ensuite déposées.

Comme on l'a vu dans les chapitres qui précèdent, toutes les mesures possibles devraient être prises pour empêcher les poussières de passer en suspension dans l'air. Il n'en subsistera pas moins dans tous les cas une certaine quantité, qui se déposeront dans les galeries, où il faudra empêcher qu'elles ne soient remises en suspension dans l'air.

La mécanisation de l'exploitation des mines a permis de réduire le nombre des voies de roulage et de transporter les produits à l'aide de matériel roulant rapide et lourd. De même, il est possible de grouper tous les déplacements du personnel en

début et en fin de poste. On s'attache du même coup à supprimer les déplacements occasionnels entre ces périodes.

Les déplacements collectifs de personnel dans des galeries poussiéreuses ne peuvent manquer de soulever de grosses quantités de poussières qui constituent un risque grave, outre qu'elles sont déjà une source de désagrément notable. Si l'empoussiérage des galeries de circulation ne peut être maintenu en deçà de certaines limites ou si les poussières ne peuvent être consolidées de façon satisfaisante, on pourra se trouver dans l'obligation, soit d'assurer le transport du personnel par véhicules dans les galeries existantes, soit d'ouvrir des galeries réservées exclusivement à la circulation des travailleurs.

TRANSPORT DES TRAVAILLEURS

Dans de nombreuses mines exploitées selon des méthodes modernes, les déplacements à pied jusqu'aux lieux de travail et depuis les lieux de travail ont été pratiquement supprimés. Des wagons spécialement conçus pour le transport du personnel ont été mis en service sur les réseaux de roulage, que la traction se fasse par câble ou par locomotive. Si les galeries et les voies sont bien aménagées, ce qui est capital, les travailleurs arrivent alors à destination sans dégagements importants de poussières. En outre, le trajet étant plus rapide, le personnel est moins longtemps exposé aux poussières en suspension dans l'air.

Il convient de veiller particulièrement à ce que les stations d'embarquement et de débarquement du personnel soient exemptes de poussières, ainsi que les wagons eux-mêmes.

Des dispositions peuvent également être prises pour assurer le transport du personnel dans les voies inclinées (on relèvera à ce propos qu'à la montée, les déplacements à pied exigent un surcroît d'effort, de sorte que le rythme de la respiration et le volume de la ventilation pulmonaire s'accroissent très rapidement et que les poussières en suspension dans l'air présentent ainsi un risque particulièrement grand). Le traînage par câble est très répandu pour le transport du personnel dans les voies inclinées.

Il faut mentionner aussi une innovation récente, le « télémine », formé d'un câble aérien auquel sont suspendus des sièges individuels, sur le principe du télésiège.

Les avantages du transport du personnel ne sont pas uniquement d'ordre hygiénique: la sécurité y gagne également, car les voies de roulage ne sont plus empruntées par des piétons; la fatigue des déplacements est épargnée au personnel; enfin, la durée des trajets se trouve grandement réduite.

AMÉNAGEMENT DE GALERIES DE CIRCULATION SPÉCIALES

Il est souvent impossible d'aménager des galeries destinées exclusivement à la circulation du personnel. Toutefois, dans certaines des mines les plus modernes, il s'est révélé nécessaire d'aménager, à côté des galeries de roulage principales, des voies d'entrée d'air qui peuvent souvent être utilisées comme galeries de circulation et où le personnel — avantage supplémentaire — circule dans l'air pur.

Souvent, la solution la plus pratique consiste à utiliser pour la circulation, au lieu des galeries de roulage, les retours d'air. En pareil cas, il est indispensable d'effectuer des contrôles minutieux et d'exercer une surveillance continue, afin de s'assurer que l'atmosphère n'est pas chargée de poussières fines provenant des chantiers.

Les galeries aménagées pour remplacer les voies de roulage pour la circulation du personnel devraient toujours être au moins aussi agréables à emprunter que celles-ci. Le trajet devrait y être plus facile et plus rapide; la galerie ne devrait pas présenter de fortes pentes; le sol devrait offrir une bonne surface et se prêter à une forme ou une autre de consolidation des poussières. Si la circulation y est très dense, il y aura intérêt peut-être à aménager un chemin de ciment ou d'asphalte.

ENLÈVEMENT DES POUSSIÈRES DÉPOSÉES

Même si toutes les précautions possibles sont prises, il est souvent inévitable que des pertes se produisent au cours des trans-

ports. C'est pourquoi le nettoyage des voies de roulage doit être organisé de façon stricte. En recueillant les poussières, on veillera à ne pas les disperser à nouveau dans l'atmosphère; si le nettoyage se fait à l'aide de balais et de pelles, la galerie sera abondamment humidifiée au fur et à mesure qu'avancera le travail. Les poussières devraient être recueillies et transportées hors de la mine dans des récipients spéciaux. On évitera de s'en débarrasser dans les berlines au passage des trains, comme cela se fait parfois, car ainsi une forte proportion se dépose à nouveau dans la galerie de roulage.

Dans certains pays, des dépoussiéreuses conçues sur le principe de l'aspirateur ont été mises au point pour le nettoyage du sol des galeries. L'une de ces machines, qui aspire l'air à raison de $20 \text{ m}^3/\text{mn}$, est accouplée à un filtre formé de six cyclones et de 108 manches cylindriques de laine, qui donnent une surface totale de filtration d'environ 17 m^2 . Le filtre est muni d'un secoueur, sous l'action duquel les poussières recueillies tombent dans des récipients qui peuvent être enlevés et vidés. Le bec d'aspiration est fixé à l'extrémité d'un tuyau flexible, de sorte qu'on peut le promener sur le sol de la galerie; il permet d'aspirer des particules d'un diamètre qui peut atteindre $2,5 \text{ mm}$ à une distance de 10 cm . La machine est mue par un moteur de $7,5 \text{ CV}$. Elle peut être montée sur pneumatiques ou être équipée pour circuler sur les voies de roulage.

CONSOLIDATION DES POUSSIÈRES DÉPOSÉES DANS LES GALERIES

Les mesures exposées jusqu'ici ne résolvent pas tous les problèmes. Souvent, les travailleurs peuvent être appelés à circuler en grand nombre dans des galeries poussiéreuses, auquel cas il est nécessaire, par un procédé quelconque, de consolider les poussières déposées dans les galeries afin qu'elles ne soient pas soulevées et mises en suspension dans l'air.

La consolidation consiste à mouiller les poussières et les produits déposés sur la sole, de façon à les imprégner complètement d'eau et à obtenir une boue qui, piétinée, devienne ferme

et légèrement plastique. Les expériences montrent que la teneur en eau de cette boue devrait rester de 10 pour cent environ pour que les poussières demeurent agglomérées. Par suite de l'évaporation de l'eau sous l'effet du courant d'aéragé, les poussières finiraient par se dessécher et risqueraient de se disperser de nouveau. Pour l'éviter, on peut utiliser un sel hygroscopique, dans une quantité variable en fonction de l'humidité de l'air. L'addition de sel maintient pendant longtemps la teneur en eau de la couche de poussières consolidées à la valeur voulue.

L'emploi de sels hygroscopiques à cette fin avait été suggéré dès avant 1880. Des expériences furent entreprises peu après avec du sel ordinaire et du chlorure de calcium et se poursuivirent dans différents pays jusqu'aux années 30. C'est alors que la synthèse industrielle des surfactifs a permis d'apporter une solution satisfaisante au problème de l'humidification des poussières déposées. Depuis lors, l'utilisation des sels s'est généralisée. Différents sels ont été expérimentés en remplacement du chlorure de calcium, en particulier le chlorure de magnésium et, pour les atmosphères très humides, le chlorure de sodium. D'autres substances, notamment des sous-produits de la fabrication de la pâte de bois, ont aussi été utilisées à titre expérimental.

Méthodes de consolidation

Trois conditions fondamentales doivent être remplies pour que les poussières soient bien consolidées:

1. L'arrosage doit être rapide et la couche de poussières parfaitement imprégnée d'eau avant que les travailleurs n'empruntent de nouveau la galerie, de crainte que leur passage ne fasse remonter à la surface des poussières qui n'auraient pas été mouillées. Cette humidification complète de la couche de poussières est également nécessaire pour que le sel pénètre uniformément par la suite dans la boue ainsi formée. Il est rare que la couche de poussières puisse être humidifiée convenablement avec de l'eau uniquement: il est nécessaire, habituellement, d'utiliser de l'eau additionnée d'un surfactif.

2. Après humidification et consolidation, la couche de poussières doit être maintenue assez humide pour ne pas risquer de durcir, de sécher, de se désagréger et de revenir à l'état pulvérulent sous l'effet de la circulation.

3. Le traitement doit être répété périodiquement, afin que la couche de poussières consolidées reste dans l'état voulu.

Avant de consolider les poussières, il convient de débarrasser la galerie des pièces de bois et des débris de toute sorte qui peuvent s'y trouver. La couche de poussières — en particulier les dépôts épais qui se seraient formés le long des parois de la galerie — devrait être grossièrement égalisée. La galerie devrait alors être bien schistifiée sur toute la distance où les poussières doivent être consolidées et sur toute la section (toit, parois, sol). Pour obtenir une bonne couche de poussières consolidées, il faut qu'il y ait au moins 2,5 cm de poussières déposées sur le sol.

Arrosage de la couche de poussières.

A moins que le sol n'ait été régulièrement arrosé au préalable avec de l'eau ou encore que les poussières déposées ne se mouillent facilement avec de l'eau, l'arrosage devrait se faire avec une solution contenant environ 0,5 pour cent de surfactif ou d'agent mouillant. Le choix de l'agent mouillant — qui dépend de la nature des poussières, des propriétés de l'eau et des conditions rencontrées dans les chantiers de la mine — devrait être effectué expérimentalement, à l'aide d'un échantillon caractéristique des poussières à consolider. Il y aura souvent intérêt à essayer un certain nombre d'agents mouillants, afin de déterminer, compte tenu du coût des préparations commerciales et des concentrations nécessaires, quel est celui qui permet au meilleur compte de consolider efficacement les poussières auxquelles on a affaire.

L'eau ou la solution mouillante pourra être pompée dans un réservoir et répandue sur la couche de poussières par pulvérisation. Toutefois, la pulvérisation ne donne pas de résultats satisfaisants si elle est trop fine (comme c'est le cas de la nébulisation à l'air comprimé). Le moyen le plus commode d'obtenir la solution

mouillante consiste à utiliser un mélangeur. Cet appareil, qui se monte sur la canalisation d'eau et est actionné par l'eau, mélange le surfactif à l'eau pour donner une concentration déterminée d'avance.

La solution mouillante devrait être pulvérisée doucement, en plusieurs fois, et non à gros jet, jusqu'à ce que la surface soit mouillée. L'arrosage ne devrait pas être excessif: la solution ne devrait ni ruisseler ni former de flaques. Il devrait suffire de 2 l de solution par mètre carré au total. S'il n'est pas possible d'essayer les agents mouillants pour en déterminer l'efficacité, on devrait utiliser, à titre expérimental, une solution à 0,5 pour cent. La quantité d'agent mouillant requise est, dans ce cas, de 30 kg pour 100 m de galerie dans le cas d'une galerie de 3 m de large.

Après pulvérisation de la solution, la couche de poussières devrait être laissée telle quelle pendant 30 mn au moins avant d'être arrosée avec de l'eau aussi rapidement que l'absorption le permettra.

La couche de poussières devrait être humectée sur une profondeur d'au moins 2,5 cm en une heure environ. Si ce résultat n'est pas atteint, on reprendra l'arrosage, puis on attendra une heure encore avant d'épandre le chlorure de calcium. Il faut en tout 40 l d'eau environ par mètre carré.

Épandage du chlorure de calcium.

Une fois la couche de poussières humidifiée, on épandra dessus à la pelle une quantité uniforme de chlorure de calcium en paillettes. Les sacs de chlorure de calcium peuvent être disposés à des intervalles appropriés le long de la galerie, lorsque la couche a commencé à sécher, de façon que l'épandage soit régulier.

La teneur en eau de la couche de poussières consolidées doit rester de 10 pour cent environ. La proportion de chlorure de calcium que la couche doit contenir à cet effet et, partant, la quantité de chlorure de calcium qui doit être épandue dépendent de l'humidité de l'air. Pour une couche de poussières

d'une épaisseur moyenne de 2,5 à 5 cm, les valeurs sont les suivantes :

| Humidité relative de l'air | Proportion de chlorure de calcium que doit contenir la couche de poussières déposées pour que la teneur en eau demeure de 10 pour cent | Quantité de chlorure de calcium en paillettes |
|----------------------------|--|---|
| % | % | kg/m ³ |
| 40 | 7 | 3,8 |
| 50 | 6 | 3,3 |
| 60 | 5 | 2,7 |
| 70 | 4 | 2,2 |
| 80 | 3 | 1,6 |
| 90 | 2 | 1,1 |

Le chlorure de calcium devrait être épandu en deux fois, soit les trois quarts une heure après l'arrosage de la couche de poussières, et le reste une semaine plus tard à peu près. La seconde fois, on devrait épandre plus de sel sur les parties sèches de la couche que sur les parties humides. Il faudra peut-être une quantité de chlorure de calcium plus grande que la quantité indiquée si la couche de poussières, à l'origine, est très épaisse ou si l'eau y a pénétré très profondément. Le guide le meilleur est l'aspect de la couche.

On devrait chercher à obtenir une boue ferme mais assez plastique pour conserver l'empreinte d'un coup de talon, par exemple. En général, on commet l'erreur de ne pas mouiller suffisamment la couche de poussières. Le chlorure de calcium devient déliquescent en un jour à peu près et se trouve immédiatement absorbé. La boue ainsi formée est friable. Pour obtenir le résultat voulu, on devrait battre ou piétiner la couche de poussières consolidées : plus on la piétinera, meilleur sera le résultat.

En cas de contact prolongé, le chlorure de calcium peut irriter la peau; de même, il peut attaquer les chaussures de cuir. Aussi devrait-on veiller à ce que la peau ne soit jamais longtemps en contact avec le sel ou avec des vêtements imprégnés de sel. Au

cours des opérations de consolidation, les ouvriers devraient porter des bottes et des survêtements de caoutchouc, qui devraient être rincés à l'eau puis lavés au savon chaque fois qu'ils ont été portés.

Entretien de la galerie.

A la longue, la couche de poussières consolidées a tendance à sécher et à revenir à l'état pulvérulent. Pour peu que l'on évite autant que possible que des pertes ne se produisent au cours du transport et que de nouvelles poussières ne se déposent, cette altération sera normalement lente. Les produits renversés au cours du roulage, de même que les poussières qui se déposent dans la galerie en dépit de toutes les précautions devraient être enlevées pour ne pas provoquer un durcissement de la couche en y pénétrant. De toute manière, la surface de la couche durcira progressivement au fur et à mesure que le chlorure de calcium y pénétrera plus profondément.

Lorsque la couche de poussières consolidées perd sa plasticité et commence à se fissurer, un traitement de réfection peut lui être appliqué. Auparavant, toutefois, les poussières et les produits amenés par le transport devraient être enlevés à la pelle, et les poussières déposées sur la surface de la couche brossées délicatement.

On devrait alors arroser légèrement la surface de la couche avec de l'eau et y épandre du chlorure de calcium en quantité suffisante pour lui rendre sa plasticité (un quart environ de la quantité de chlorure de calcium épandue la première fois devrait suffire à cet effet).

Si les pertes qui se produisent au cours du transport ne sont pas trop grandes et si les nouvelles poussières qui se déposent dans la galerie ne sont pas trop abondantes, la couche de poussières consolidées devrait tenir six mois au moins avant qu'un nouvel épandage de chlorure de calcium soit nécessaire. On aura peut-être intérêt, toutefois, à l'arroser avec de l'eau, au bout de trois mois par exemple.

Utilisation de chlorure de magnésium.

La tension de vapeur des solutions saturées de chlorure de calcium et de chlorure de magnésium est assez basse pour que ces sels aient des propriétés déliquescentes pour toute la gamme des valeurs où se situe habituellement la teneur en humidité de l'atmosphère des mines.

Un certain nombre d'essais de consolidation ont été faits à l'aide de chlorure de magnésium, avec des résultats variables. Le chlorure de magnésium devrait être aussi efficace que le chlorure de calcium, car les valeurs entre lesquelles la teneur en humidité de l'atmosphère doit être comprise pour que ces sels agissent sont les mêmes. Les échecs enregistrés sont donc peut-être imputables aux conditions dans lesquelles les essais ont été tentés.

Utilisation de chlorure de sodium.

Le chlorure de sodium (sel ordinaire) n'absorbe la vapeur d'eau que lorsque la teneur en humidité de l'atmosphère dépasse 75 pour cent environ. Lorsqu'elle est inférieure, la solution de chlorure de sodium se déshydrate et finit par se cristalliser.

Le chlorure de sodium a été utilisé, pour la consolidation des poussières, dans plusieurs pays. Aux Etats-Unis, il a été employé par exemple dans les galeries de circulation des shuttle-cars. En Grande-Bretagne, il est utilisé principalement dans le comté du Northumberland. Les galeries qui servent exclusivement à la circulation du personnel sont traitées sur toute leur largeur. Les galeries d'entrée d'air utilisées pour le roulage ne le sont que sur un chemin de circulation de 0,6 à 1,2 m de largeur, du côté de la voie des berlines vides. La teneur en humidité de l'atmosphère des mines dépasse 80 pour cent. L'épandage de chlorure de sodium rend la couche de poussières déposées dans les galeries humide et plastique. Le traitement tient de neuf à douze mois avant de devoir être répété. La surface ou le chemin qui doit être traité est d'abord dégagé de ce qui l'encombrerait, nivelé, puis arrosé avec de l'eau s'il y a beaucoup de poussières. Le mur, le toit et les parois de

la galerie sont ensuite schistifiés. Une couche de chlorure de sodium sec de 2 à 3 mm est alors épanchée. La couche de poussières se consolide et prend, en quelques jours, la consistance voulue.

On a essayé d'utiliser du chlorure de sodium humide pour immobiliser les poussières de charbon au moment où elles se déposent. Le but, en l'occurrence, n'était pas tant d'agglomérer les poussières déposées dans les galeries de circulation que de prévenir les explosions. Le traitement consiste à épancher une couche de sel sur toute la surface de la galerie, puis à l'humidifier abondamment à l'aide de pulvérisateurs. Après cet arrosage, l'eau s'évapore, et le sel se recristallise en emprisonnant les poussières de charbon déposées. Le sol est arrosé de nouveau à quelques jours d'intervalle, le cycle se répète, et ainsi de suite. Pour la raison que l'on a signalée plus haut, la teneur en humidité de l'atmosphère doit être inférieure à 75 pour cent pour que cette méthode donne de bons résultats.

Le chlorure de sodium peut corroder dangereusement les conducteurs de cuivre. Dans les mines où des locomotives électriques sont en service et où l'installation comprend une ligne de courant unique avec retour par les rails, les courants vagabonds, en cas d'épandage de chlorure de sodium, sont, de ce fait, fort à craindre. Dans certaines mines où cette forme de traction est largement utilisée, on s'attache à enlever les poussières déposées dans les galeries plutôt qu'à les consolider.

CHAPITRE XII

INSTALLATIONS DE PRÉPARATION ET ATELIERS DU JOUR

PRINCIPES GÉNÉRAUX A APPLIQUER

Les mesures de précaution contre les poussières exigent dans les installations de préparation des mines de charbon, des mines métalliques et des autres mines ou carrières, le même soin et la même attention que dans les chantiers souterrains. Le but recherché est partout le même: empêcher l'inhalation de poussières par les travailleurs, souci qui n'exclut pas, dans le cas de certaines installations de traitement des minerais, la préoccupation de récupérer les poussières pour la valeur qu'elles représentent.

Les mesures en question devraient viser, comme au fond, à prévenir ou à réduire la production des poussières et à empêcher qu'elles ne s'échappent dans l'atmosphère. En étudiant de façon approfondie, au stade des plans, les procédés industriels envisagés et l'aménagement des installations, il devrait être possible d'éliminer ou de modifier quelques-unes des opérations qui dégagent une poussière intense, ce qui permettrait non seulement d'en réduire la production totale, mais encore de faire des économies sur les installations, fort coûteuses, d'aéragé et de captage.

La conception et l'aménagement d'amples systèmes de suppression des poussières dans les installations de préparation exigent des connaissances théoriques et pratiques étendues. D'une manière générale, il est donc indiqué d'en confier la construction et le montage à des entreprises spécialisées, qui possèdent l'expérience requise et disposent des données nécessaires au calcul de leurs éléments, notamment dans le cas des conduits d'aspiration, souvent très ramifiés dans les installations de ce genre.

Toutefois, il est extrêmement utile que le personnel chargé de la protection contre les poussières à la mine même, ainsi que les ingénieurs, possèdent au moins quelques notions générales des procédés de captage des poussières. Il arrive fréquemment, d'ailleurs, que des installations de préparation soient reconstruites ou que des transformations soient apportées aux systèmes d'évacuation des poussières; or, si personne ne connaît, dans l'entreprise, les principes de base à observer, ces transformations risquent d'être mal faites, d'où de grosses pertes de temps et d'argent.

Emploi de l'eau

L'eau est le principal agent de lutte contre les poussières. En maintenant à l'état humide tous les produits traités ou transformés, on empêchera la formation d'une grande quantité de poussières. De même, un arrosage aux alentours de toutes les sources d'empoussiérage empêchera toute accumulation de poussier et contribuera à purifier l'atmosphère. Indépendamment de son coût relativement modique, un usage judicieux de l'eau donne toujours de bons résultats.

Disposition des bâtiments

Les bâtiments devraient être conçus de façon que le cube d'air y soit suffisant et l'éclairage satisfaisant, et que les surfaces sur lesquelles les poussières risquent de s'accumuler soient réduites au minimum possible. Les sols devraient être unis et imperméables, avec une pente permettant à l'eau de s'écouler dans des canaux convenablement aménagés. Il importe également de maintenir en bon état de propreté les espaces dégagés et les voies de passage, qui ne doivent pas être encombrés d'objets superflus. Dans les opérations nécessitant l'emploi d'eau, il convient d'éviter les éclaboussures de boues et la formation de brouillards, et le matériel devrait être installé de façon à pouvoir être lavé à grande eau et nettoyé sans difficulté.

Ventilation générale

Dans toutes les grandes installations, il sera nécessaire de prendre des dispositions spéciales pour assurer une ventilation suffisante. La question doit être envisagée sous les deux aspects suivants: ventilation générale du bâtiment et ventilation auxiliaire par aspiration à certaines sources d'empoussiéragé. En étudiant les systèmes de ventilation pour les installations de traitement et les ateliers, on s'apercevra que chaque projet soulève des problèmes particuliers dont la solution varie selon les endroits et peut dépendre non seulement des conditions climatiques locales, mais encore de la nature des opérations et des matières traitées. En cas de faible dégagement de poussières, l'aérage naturel suffit souvent à assurer le changement d'air qu'exige la ventilation générale.

Ventilation auxiliaire

La ventilation auxiliaire vise notamment: à capter les poussières et à empêcher qu'elles ne se répandent dans les locaux de travail; à les acheminer, au moyen de conduits, vers des appareils qui en éliminent une proportion prédéterminée; à évacuer les poussières ainsi éliminées; à remettre dans le circuit d'aérage, sans qu'il en résulte une gêne quelconque pour les travailleurs, l'air ainsi épuré. Chacun de ces buts constituera un problème à résoudre.

Un système d'aspiration bien conçu et assurant l'écoulement de l'air dans des conditions normales est forcément très compliqué (voir planche VI). Dans un tel système, le nombre, la position et la forme des points d'aspiration, la longueur, les courbes et le diamètre des conduits, la capacité des ventilateurs doivent être déterminés les uns par rapport aux autres: on comprendra dès lors que tout changement apporté à une partie du système aura forcément des répercussions sur les autres parties.

La dispersion des poussières aux alentours des zones d'opération dépend, dans une large mesure, de la répartition des vitesses des courants d'air provoqués par la chute de produits ou par le déplacement d'objets. Il importe donc de réduire ces courants d'air au minimum grâce à une disposition judicieuse des lieux

puis de diriger l'air vers les zones d'opération pour l'aspirer ensuite, avec les poussières, dans le réseau de ventilation, en prévoyant, chaque fois que cela est possible, des enceintes appropriées. S'il est souhaitable, du point de vue de l'efficacité de la ventilation, d'isoler complètement chaque source d'empoussiérage, cela n'est pas possible pour nombre d'opérations, du fait que les personnes qui en sont chargées doivent avoir toute liberté de mouvement et une bonne visibilité.

Hottes

Une attention particulière doit être portée aux orifices par lesquels les poussières produites sont aspirées. L'efficacité de l'aspiration dépend, pour une large part, de la façon dont ces orifices sont disposés et raccordés au système, en fonction des impératifs de la mécanique des fluides..

Les parois des hottes d'aspiration doivent converger progressivement jusqu'à l'orifice d'évacuation (fig. 91), sinon la vitesse de l'air dans les angles intérieurs diminuera fortement et ne sera pas suffisante pour assurer l'aspiration de l'air vicié sur

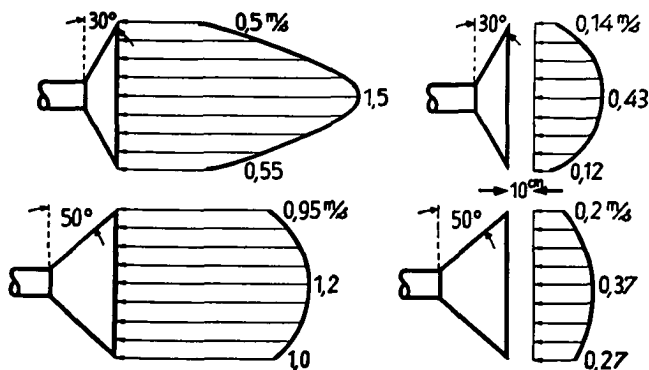


FIG. 91. — Ouvertures de hottes.

Schéma montrant la variation de la vitesse de l'air par rapport à la veine d'air centrale en fonction de l'angle d'ouverture de la hotte.

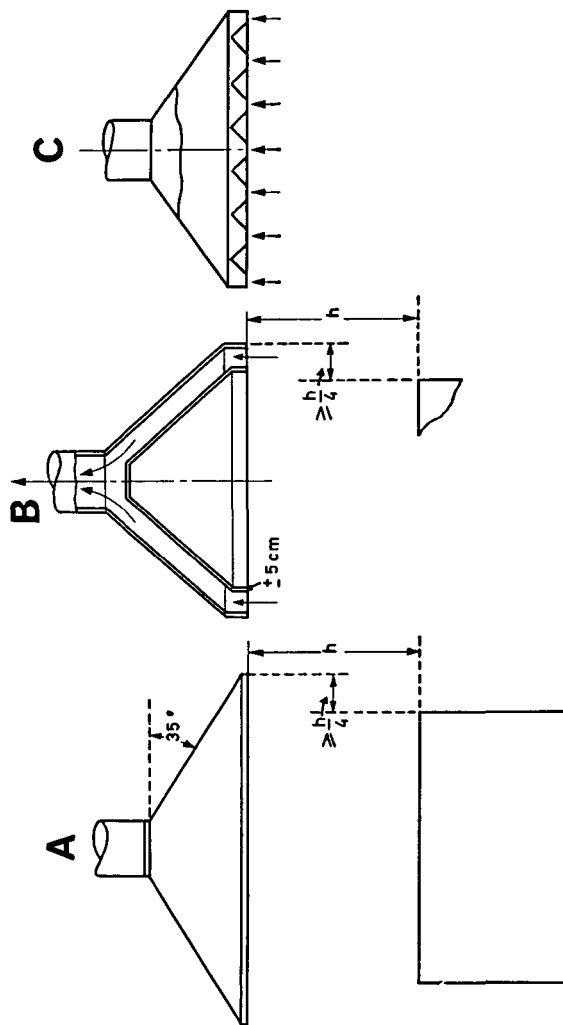


Fig. 92. — Hottes pour l'aspiration des fumées et des vapeurs.
A: Position par rapport au réservoir à ventiler; B: hotte à double paroi; C: hotte à chicanes d'entrée.

toute la périphérie de la hotte. Les orifices trop grands peuvent être réduits au moyen de déflecteurs, complétés par des chicanes pour atténuer la turbulence qu'ils peuvent créer. Lorsque l'orifice d'une hotte à aspiration horizontale est trop large, on fera bien de l'obstruer en partie (fig. 92).

Quelques modèles de hottes sont reproduits à la figure 93; comme on peut le voir, il peut s'agir de dais, de hottes latérales, de fentes d'aspiration, de hottes renversées, placées en dessous de l'établi ou de la zone de travail, qui aspirent les poussières vers le bas, et de divers modèles de capots flexibles ou mobiles.

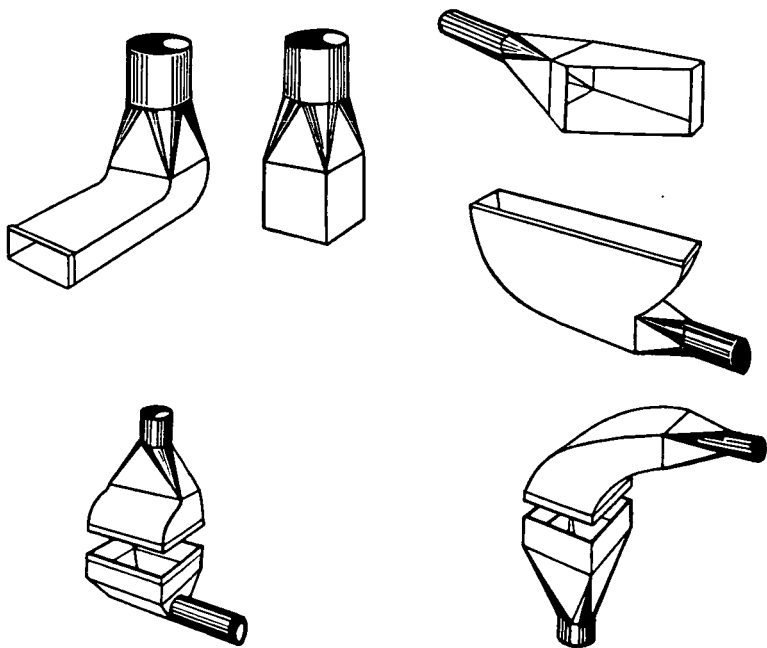


FIG. 93. — Quelques types de hottes et de capots de forme adaptée à des machines différentes.

Les vitesses de captage devraient être suffisantes pour neutraliser tout déplacement de l'air vers l'atmosphère extérieure provoqué par l'opération, mais assez faibles, à l'intérieur de l'enceinte, pour que le produit lui-même ne soit pas aspiré. Les vitesses minimales doivent être supérieures aux vitesses normales de l'air ambiant, c'est-à-dire qu'elles devraient s'établir au moins à 15 m/mn et, plus généralement, aux environs de 50 m/mn. Si, au cours d'une opération, les particules sont projetées à grande vitesse dans une direction déterminée, il convient d'utiliser une hotte de forme appropriée où la vitesse d'aspiration soit supérieure à celle des particules. La figure 94 montre la rapidité avec laquelle les vitesses fléchissent avec la distance à l'entrée d'une bouche d'aspiration.

Le volume d'air à aspirer dépend de la surface de l'emplacement à dépoussiérer et de la distance séparant la hotte de la zone d'opération. Ce volume étant le produit de la vitesse par la surface en question, il va de soi que, plus les orifices à laisser ouverts seront petits, plus sera grande l'économie réalisée sur l'énergie et l'équipement nécessaires à l'aspiration des poussières.

Canalisations

Les poussières en suspension sont évacuées avec l'air, à partir de leur point de formation, au moyen d'un réseau de canalisations, dont le tracé devrait être conçu pour offrir à l'écoulement de l'air le minimum de résistance, évitant les coudes trop prononcés et les changements de section sans transition (fig. 95). Les dimensions des branchements doivent être calculées en fonction du débit d'air nécessaire à chaque point du réseau, et il importe de déterminer la résistance totale de celui-ci, afin de pouvoir choisir un ventilateur approprié. L'écoulement de l'air dépendra non seulement du diamètre du conduit, du nombre, de la position et de la forme des bouches d'aspiration, mais encore de la distance à parcourir, ainsi que du nombre et de la forme des coudes et des raccords. On pourra juger, d'après les exemples donnés à la figure 96, de ce qui est recommandé, ou au contraire contre-indiqué, dans ce domaine.

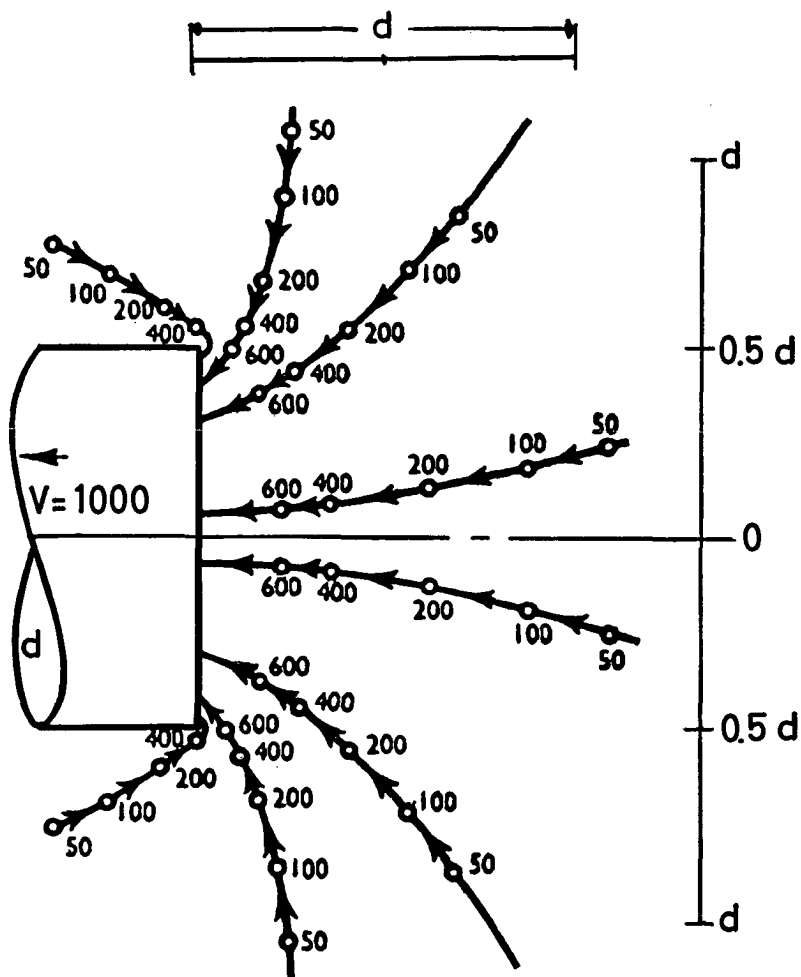


FIG. 94. — Baisse des vitesses de l'air avec la distance à l'entrée d'un canar circulaire d'aspiration.

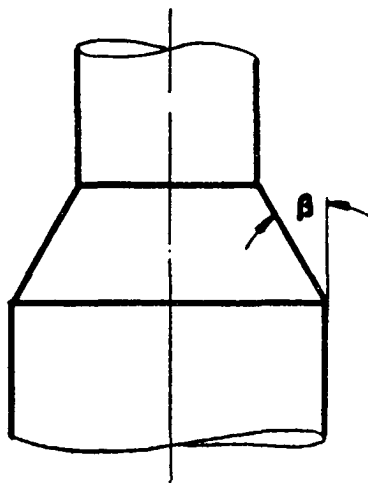


FIG. 95. — Changement de section d'une conduite d'air.

Dans le cas d'un rétrécissement, β ne doit pas dépasser 30 degrés. Dans le cas d'un élargissement, β ne doit pas dépasser 10 degrés.

La vitesse de l'air à l'intérieur des canalisations devrait varier entre 900 et 1 200 m/mn, selon la nature des canalisations. Elle devrait être un peu plus grande dans les conduits principaux que dans les conduits secondaires. La vitesse optimale devrait être obtenue par un choix judicieux de la section des conduites, plutôt que par l'utilisation de registres ou de vannes réglables. Peut-être devrait-on s'en tenir, dans la plupart des cas, aux tuyaux de dimensions normalisées qui se trouvent dans le commerce, mais, pour les très grandes installations, il vaudra la peine de faire fabriquer spécialement les tuyaux à la section voulue.

On calcule la résistance du système à l'aspiration en déterminant la somme des résistances à l'aspiration offertes par chacun des éléments suivants :

- a) entrée de la hotte ou du conduit;
- b) branchements;

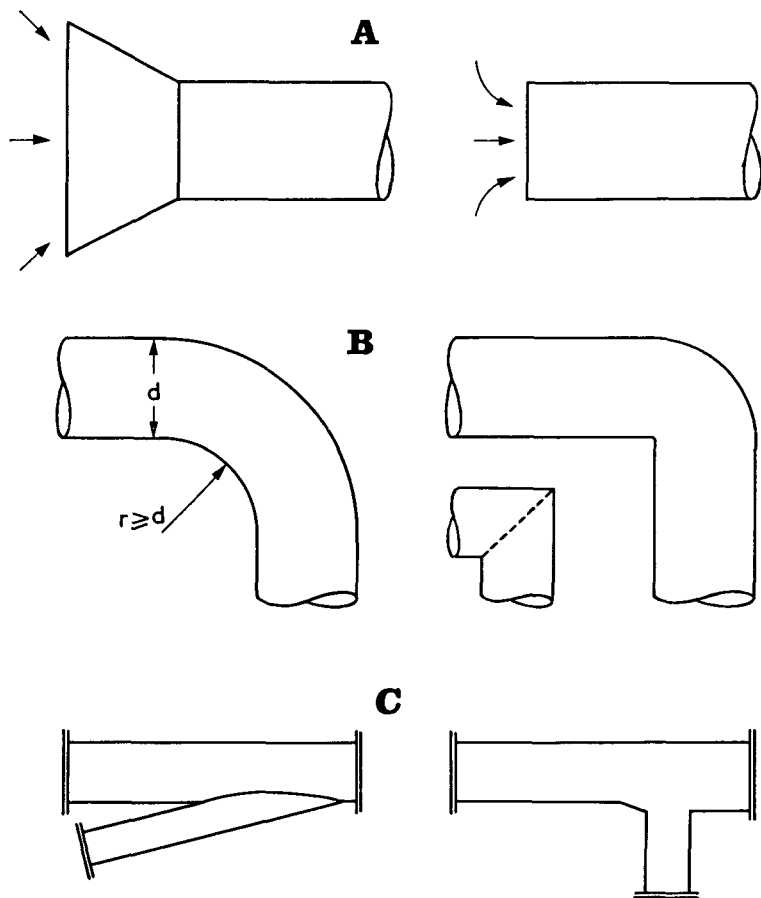


FIG. 96. - Forme correcte (à gauche) et incorrecte (à droite) d'éléments de canalisation d'air.

A: Extrémité amont d'un canal; B: coude; C: embranchement.

- c) conduit principal;
- d) installations de captage des poussières: entrée, filtres et sortie;
- e) raccords d'entrée et de sortie du ventilateur.

On tiendra compte, dans ce calcul, de la résistance à l'aspiration offerte par les coudes, les raccords et les joints; enfin, il faudra soustraire du total la pression récupérée aux cheminées d'évacuation tronconiques.

L'aménagement des conduits devrait permettre un entretien facile après l'installation. Il faudra notamment prévoir, à cet effet, des ouvertures d'inspection, ainsi que des mesures de précaution contre la corrosion et l'abrasion.

Les particules fines (au-dessous de 10 microns) risquent de provoquer une usure très rapide des conduits, surtout aux coudes. Pour y remédier, on a recouru à toutes sortes de moyens: épaissement du métal aux endroits particulièrement exposés à l'usure, utilisation de garnitures intérieures en caoutchouc ou de coudes aplatis munis de blocs amovibles, etc. Une mesure efficace consiste à laisser pénétrer l'air par de petites fentes ménagées dans la paroi exposée du conduit, ce qui crée un coussin d'air exempt de poussières aux endroits où l'usure risque d'être la plus forte.

Captage des poussières

La lutte contre les poussières dans les installations du jour diffère sur deux points essentiels de ce qu'elle est au fond de la mine. Tout d'abord, la quantité de poussières qui doit être captée et aspirée est généralement beaucoup plus grande. Au lieu d'être mesuré en milligrammes, le poids des poussières retenues par un capteur de surface peut se chiffrer par des centaines de kilogrammes à l'heure. Ensuite, les poussières captées peuvent généralement être évacuées par une haute cheminée dans l'atmosphère, où elles se dilueront et se disperseront sans nuire à personne. Pour cette raison, il est possible d'autoriser l'évacuation d'air dont la teneur en poussières — pour ce qui est des particules ris-

quant d'être inhalées et retenues dans les poumons — est relativement élevée, et d'admettre des types de séparateurs qui ne sont pas très efficaces pour l'élimination des particules en question.

Types d'installations de captage des poussières

Le choix du capteur dépendra non seulement de la quantité, de la nature et de la répartition granulométrique des poussières, mais aussi du degré de pureté que l'on désire obtenir pour l'air évacué. Ce degré dépendra à son tour de la densité de la population dans les environs de l'usine et du risque d'exposer des personnes aux poussières évacuées. Les types d'installations disponibles peuvent être classés de la manière suivante, d'après les principes qui déterminent leur fonctionnement :

- a) précipitation par gravité: chambres de sédimentation;
- b) précipitation centrifuge: cyclones (humides ou secs);
- c) précipitation par inertie: appareils à impact (humides ou secs);
- d) filtres: tissus ou autres matières;
- e) précipitation électrostatique.

Le chapitre V décrit le principe de fonctionnement du cyclone et de l'épurateur mécanique centrifuge, qui conviennent fort bien, l'un et l'autre, pour les opérations qui sont généralement nécessaires dans les installations de traitement, au jour, des produits extraits des mines. On y trouve également une description de divers types de filtres en tissu — qui sont utilisés dans lesdites installations pour certaines opérations spéciales — et quelques indications sur le fonctionnement des précipitateurs électrostatiques. Mais rien n'y a été dit des appareils fonctionnant selon le principe de la gravité ou de l'inertie. Dans les premiers (une simple chambre de sédimentation en offre un exemple), le principe consiste à prolonger la durée du passage de l'air empoussiéré dans l'appareil pour que les particules aient le temps de se déposer au fond. Pour l'élimination des particules fines, les dimensions qu'il faudrait donner à la chambre de sédimentation en rendront l'utilisation impossible; toutefois, les appareils de ce

genre sont fréquemment employés conjointement avec d'autres types de filtres pour éliminer les grosses particules.

Les séparateurs à inertie, dans lesquels les poussières sont précipitées à la suite de brusques changements de direction des filets d'air, provoqués par une ou plusieurs séries de chicanes, sont souvent utilisés dans les installations de préparation au jour. Leur efficacité est suffisante pour la plupart des usages, ils sont faciles à construire et à entretenir, et leur nettoyage est aisé lorsqu'ils sont munis de pulvérisateurs d'eau à haute pression.

L'usage des capteurs électrostatiques ne sera justifié, étant donné leur coût élevé, que dans des cas exceptionnels; quant aux filtres en tissu, la forte concentration des poussières (qui risque de les colmater rapidement), jointe à la possibilité d'évacuer les petites particules dans l'atmosphère en excluront l'usage, sauf lorsque les poussières doivent être récupérées en raison de leur valeur intrinsèque ou lorsqu'elles sont toxiques. Toutefois, dans les cas où l'air est remis en circulation, c'est-à-dire quand l'air repasse, après filtration, dans les zones de travail, on devrait utiliser des filtres ou des précipitateurs électrostatiques.

Les appareils des trois premiers types (par gravité, centrifuges, par inertie) ne sont pas efficaces lorsqu'il s'agit de particules risquant de pénétrer et d'être retenues dans les poumons; en outre, ils évacuent l'air dans l'atmosphère. Cependant, les cyclones et les diverses sortes d'épurateurs centrifuges humides ont l'avantage d'être simples et extrêmement robustes, et d'offrir une résistance relativement faible au passage de l'air; aussi jouissent-ils d'une nette faveur dans les installations de préparation des minerais, ainsi que pour bon nombre d'applications industrielles. Lorsque les concentrations de poussières sont fortes, il est indispensable d'en prévoir l'élimination continue au moyen de différents séparateurs humides, d'où elles sont évacuées sous forme de boues. Seule de l'eau propre doit être utilisée dans ces appareils, à raison de 6 à 12 l pour 10 m³/mn.

Les grandes installations centralisées de captage des poussières par voie humide sont utilisées de préférence dans la plupart des installations de préparation des minerais, bien que les sys-

tèmes décentralisés puissent présenter, malgré leur coût, certains avantages du point de vue de la simplification du réseau de conduits.

Dans les installations de préparation du charbon, les séparateurs de poussières les plus répandus ont été, jusqu'à présent, les cyclones, encore que l'on semble donner de plus en plus la préférence, depuis quelque temps, aux capteurs à venturi humides et aux épurateurs mécaniques humides. Les préoccupations croissantes que causent la pollution de l'atmosphère et la tendance à implanter des usines dans des régions à forte densité de population sont à l'origine de normes de plus en plus rigoureuses et d'un progrès rapide dans le domaine du dépoussiérage industriel.

Il conviendra donc de choisir des capteurs humides, qu'il s'agisse de laveurs ou d'épurateurs dynamiques à ventilateur. Les épurateurs éliminant automatiquement les poussières sous la forme de boues conviennent particulièrement aux grandes installations centralisées, et leur fonctionnement est relativement sûr, à condition que l'on puisse utiliser de grandes quantités d'eau. Dans la plupart des cas, l'eau peut être évacuée avec les boues, dans l'une des canalisations de l'installation de préparation. Les cyclones, eux, exigent plus d'attention et ils risquent d'être colmatés par de grosses particules ou des éléments étrangers, ou encore du fait de l'humidité.

Il convient de mentionner également les capteurs dynamiques à sec, dans lesquels les poussières sont précipitées par inertie sous l'action de la force, parfois centrifuge, que leur communique un ventilateur, dont les pales, très nombreuses, sont d'une forme spécialement étudiée. Les poussières ainsi captées passent ensuite, par un circuit spécial, dans une chambre d'accumulation.

Certains épurateurs combinent l'action des appareils humides et celle des appareils fonctionnant à sec, c'est-à-dire que l'air y traverse un cyclone ou un jeu de chicanes, après quoi les particules traversent un bain d'eau ou sont humectées au moyen de pulvérisateurs, ce qui permet de les éliminer. Dans tous ces modèles, les éliminateurs composés généralement de chicanes en zigzag jouent un rôle très important, non seulement en ce qu'ils empêchent l'air

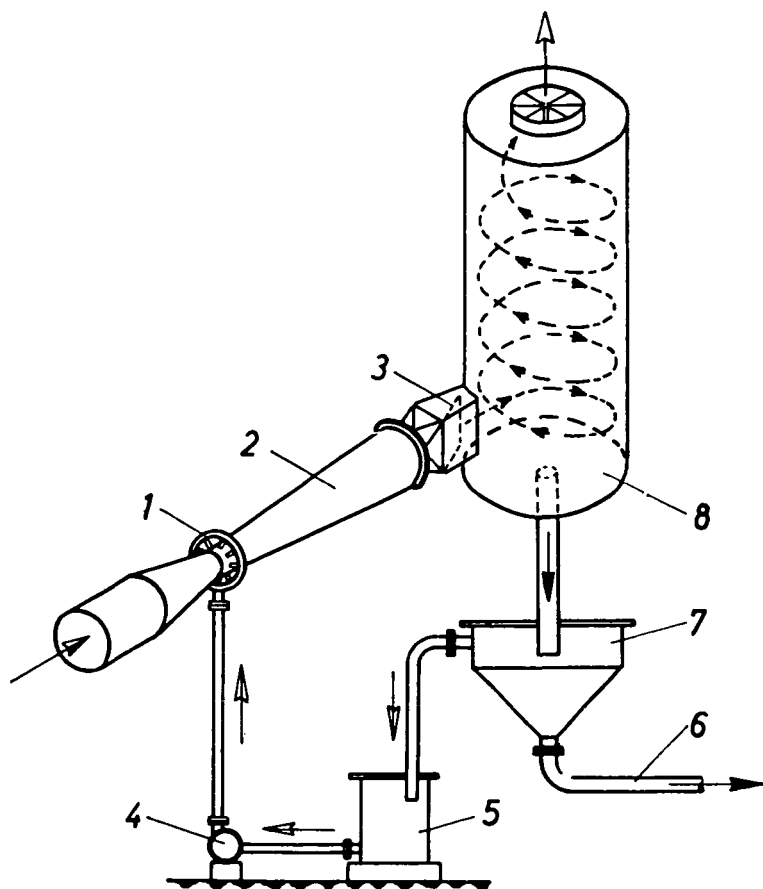


FIG. 97. Modèle simple de capteur humide à venturi.

1: Pulvérisateur d'eau; 2: venturi; 3: ouverture réglable; 4: pompe; 5: entrée d'eau; 6: évacuation des boues; 7: bac de décantation; 8: séparateur de poussières.

filtré de se charger d'humidité, mais parce qu'ils contribuent à absorber les particules encore en suspension.

Un autre type d'épurateur est le capteur humide à venturi (fig. 97), d'un usage courant dans les petites installations. L'eau y est pulvérisée à l'intérieur du cône de succion d'un venturi placé en amont du cyclone, le jet d'eau étant dirigé sur la partie la plus étroite, perpendiculairement à l'afflux d'air empoussiéré, à une pression pouvant atteindre 2 kg/cm^2 . Le brusque changement de direction du jet d'eau projeté à grande vitesse le transforme en brouillard qui humidifie les particules; celles-ci sont ensuite précipitées dans le cyclone.

Signalons enfin, au nombre des séparateurs humides, le « rotoclone » humide dans lequel l'air empoussiéré est aspiré à travers de l'eau (planche V).

Evacuation des poussières

L'évacuation des poussières captées et de l'air aspiré dépend, dans une très large mesure, des conditions locales. Dans nombre de cas, les boues et les poussières retenues par le capteur sont renvoyées à l'installation de traitement des minerais pour être réintroduites dans le circuit à un endroit approprié; dans d'autres, elles sont évacuées de façon à ne pas risquer de vicier l'air une nouvelle fois. Lorsque les poussières doivent être transportées sur de grandes distances, on recourt parfois à des installations pneumatiques, qui éliminent tout risque d'exposition du personnel à leur action. L'évacuation par des cheminées dépendra des conditions locales et des dispositions législatives concernant la pollution de l'air, des mesures adoptées en matière de récupération, etc.

Poussières déposées

Dans les installations de préparation, le mouvement de l'air et les courants de convection ne permettent pas de capter intégralement, lors de toutes les opérations, les poussières fines. En d'autres termes, il est impossible d'éviter entièrement, à la longue, les

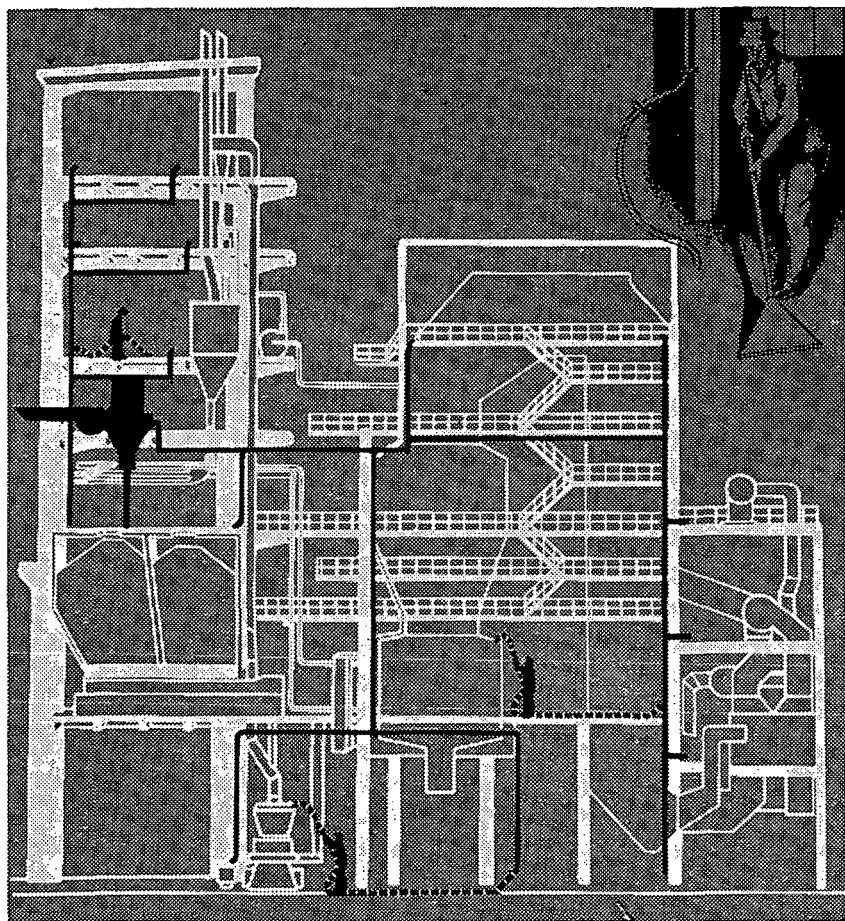


FIG. 98. — Schéma d'un système fixe de nettoyage par aspiration, montrant la façon d'utiliser les aspirateurs.

dépôts de poussières sur les surfaces planes, par exemple sous les convoyeurs à bande. Dans de nombreux cas, on persiste à enlever ces dépôts avec un balai, ce qui soulève des nuages de poussières inopportuns et nocifs. Il est possible de les éliminer de façon satisfaisante avec des aspirateurs mobiles, de type industriel, pourvus de filtres retenant les particules fines, ou avec des aspirateurs fixes (fig. 98); on peut également les enlever à grande eau, en veillant à ce que l'eau s'écoule dans un caniveau.

INSTALLATIONS POUR LA PRÉPARATION DU CHARBON

Si les dangers que présentent les poussières pour la santé dans les travaux souterrains sont reconnus de longue date, on est enclin, ici et là, à oublier que la manutention et le traitement des produits exposent les travailleurs du jour à des risques analogues, parfois même plus graves, car on emploie souvent, dans les installations de surface, des jeunes gens et des femmes, ou des travailleurs occasionnels, qui ont toutes les chances de ne pas pouvoir faire l'objet d'un contrôle médical permanent. Il importe donc de veiller à la suppression ou au captage des poussières dans les installations mentionnées ci-après.

Culbuteurs

Généralement utilisés pour vider les berlines, les culbuteurs sont une source abondante d'empoussiérage et doivent, par conséquent, être encoffrés autant que possible. Comme ils doivent avoir une entrée assez large, une quantité d'air relativement grande est nécessaire pour entraîner toutes les poussières émises. En plus d'une bouche d'aspiration latérale, installée sous le culbuteur, il est indiqué d'en prévoir une au sommet de celui-ci. De même, l'entrée et la sortie des berlines devraient être masquées, si cela est faisable, au moyen de rideaux de caoutchouc (planche VII).

Les bouches d'aspiration devraient être placées du côté opposé à celui où les produits sont déversés, afin d'assurer le meilleur captage possible des poussières dégagées.

Pour compléter le dépoussiérage, le système ci-après s'est révélé satisfaisant: à sa sortie du culbuteur, la berline est retenue par un dispositif automatique qui l'immobilise jusqu'au moment où la suivante a été vidée à son tour. Durant ce temps mort, elle est placée sous une hotte d'aspiration, qui évacue toutes les poussières qui s'en dégagent. Ce système contribue dans une large mesure à réduire la concentration des poussières à proximité du puits.

Si, après déversement dans le culbuteur, le charbon doit être conduit directement dans une trémie, il devrait y parvenir par une glissière fermée, le long de laquelle des bouches d'aspiration latérales devraient être ménagées (il faut alors prendre garde à ce qu'elles ne soient pas obstruées par du charbon). Les trémies devraient également être raccordées au système d'aspiration.

Lorsque le charbon provenant des culbuteurs est déversé sur des convoyeurs à bande, ceux-ci devraient être encoffrés et munis de bouches d'aspiration reliées au système d'aspiration général (fig. 99).

Cribles

Si les cribles sont installés directement au-dessous des culbuteurs, il se produit, à chaque fois qu'une berline est vidée, des pertes abondantes, qui soulèvent de grandes quantités de poussières. L'encoffrement des cribles permet d'y maintenir une dépression, sinon il est nécessaire de les munir de hottes d'aspiration appropriées.

Les cribles de préclassement doivent être encoffrés et pourvus d'un nombre d'orifices d'aspiration proportionnel à leur superficie, ou équipés de hottes. Le dispositif d'évacuation en dessous des cribles doit également être raccordé au réseau d'aspiration (planche VII).

Si les cribles sont installés sous la trémie pour le tout-venant, ils doivent être, de même que la trémie, reliés au système d'aspiration. Le débit d'air nécessaire à l'aspiration des poussières dégagées devrait être en rapport avec la quantité de charbon classée. Les cribles à secousses provoquent une surpression dans les

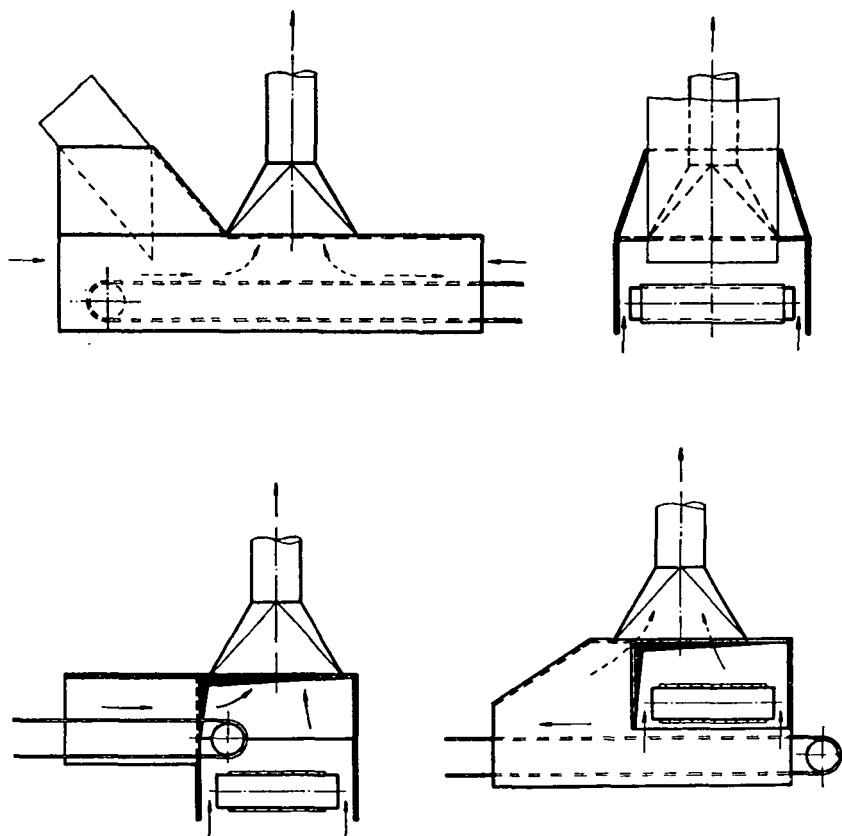


FIG. 99. — Encoffrement et dispositif d'aspiration d'un point de transbordement de convoyeurs.

trémies, par suite de l'effet de succion engendré. Pour y remédier et pour obtenir une aspiration suffisante, les trémies doivent être pourvues de conduits d'aspiration plus largement dimensionnés que lorsqu'on utilise des cribles à vibrations.

Bandes de triage

Il est indiqué de disposer l'encoffrement et les hottes d'aspiration des cribles à secousses de façon que les poussières soient également éliminées aux points de déversement sur les bandes de triage; sur celles-ci, il y a dégagement de poussières surtout quand les mixtes et les pierres tombent dans les trémies. Le meilleur moyen d'y remédier consiste à capter les poussières au moment où les produits tombent des trémies sur les convoyeurs à bande. Une grande quantité de poussières est dégagée lors du rejet de débris de bois ou d'autres déchets, ce qui peut aggraver l'empoussiérage de l'air dans les environs, même si le système de captage est efficace d'autre part.

Les extrémités des bandes de triage où se déversent les produits doivent être également encoffrées et munies de bouches d'aspiration.

Installations de concassage et de broyage

Lorsque le charbon est acheminé dans une installation de concassage ou de broyage, le captage des poussières doit être assuré; s'il s'agit de broyeurs à cylindres, une bouche d'aspiration est nécessaire à l'entrée et à la sortie. Les concasseurs à rebondissement n'exigent l'évacuation des poussières qu'à la sortie, mais il faut prévoir des hottes d'aspiration assez grandes pour éviter le captage d'une quantité excessive de brut.

Installations de transport

Il importe de capter les poussières dégagées par les installations de transport qui relient les différents secteurs de la préparation et, notamment, par les convoyeurs de tout genre, les élévateurs à godets, les glissières, etc. Les élévateurs à godets devraient être

encoffrés et raccordés au système d'aspiration aux points de chargement et de déchargement.

Convoyeurs

Sur les convoyeurs, des hottes d'aspiration devraient être aménagées à toutes les stations de déchargement et de transbordement. Les produits transportés devraient être déversés sous un angle et d'une hauteur qui facilitent le captage des poussières. L'élimination des grandes quantités de poussières qui se forment aux endroits où les produits passent d'un convoyeur à un autre moyen de transport situé à un niveau inférieur est plus difficile. En règle générale, ces points de transbordement devraient être entièrement encoffrés et reliés au réseau d'aspiration (fig. 99).

Aux points de transbordement d'une bande à une autre, il vaut mieux capter les poussières à la fin de la première bande qu'au début de la seconde. Dans l'installation illustrée à la figure 99, la hotte d'aspiration est montée sur l'encoffrement au point de déchargement, dans le sens du déplacement de la bande. Elle doit être suffisamment éloignée des matières déversées, afin que les poussières aient le temps de se déposer, du moins en partie, dans l'encoffrement avant d'être entraînées à l'extérieur par la bande. Toutes les zones de transbordement devraient être isolées par des rideaux en caoutchouc souple, car, en raison de la hauteur variable de la charge transportée par les convoyeurs, l'encoffrement ne peut pas épouser la forme de la bande. Les rideaux peuvent être confectionnés, à la mine même, avec de vieilles bandes de caoutchouc (planche VII).

Trémies

Les trémies peuvent constituer d'abondantes sources d'empoussiéage, d'où l'opportunité de les encoffrer et de les munir d'un dispositif d'aspiration, placé de préférence à leur sommet ou à proximité immédiate de celui-ci. La quantité d'air à évacuer d'une trémie fermée est fonction de la quantité d'air déplacée par la

chute des produits; selon les circonstances, on pourra admettre en l'occurrence une tolérance pouvant aller jusqu'à dix fois le volume des produits.

Dans certaines installations, des trémies pour le brut doivent être prévues entre les cribles et le lavoir afin de régulariser le débit du charbon. Les orifices dans lesquels se déchargent les convoyeurs doivent être raccordés au système d'aspiration.

D'une manière générale, les dispositifs de chargement des trémies devraient être encoffrés. La bouche d'aspiration sera pratiquée de préférence dans la partie supérieure de la trémie afin d'assurer le captage des nuages de poussières, à l'exclusion de l'air déplacé par la chute du charbon.

Lorsqu'on utilise des skips, il est possible de réduire l'empoussiéage en munissant la trémie dans laquelle ils sont vidés d'une chambre de sédimentation qui retient l'air déplacé par le déversement des produits et empêche la dispersion des poussières. La première bouche d'aspiration pour le captage des poussières devrait être placée à la sortie de la trémie. Le convoyeur à bande transportant le charbon déversé devrait être complètement encoffré.

INSTALLATIONS POUR LA PRÉPARATION DES MINÉRAIS

Les installations pour la préparation et le traitement des minerais comprennent ordinairement deux services distincts: l'un pour le concassage et le broyage, et l'autre pour le traitement et la récupération. Le service de concassage et de broyage se trouve parfois dans le même bâtiment que le reste de l'installation, ou à proximité immédiate; il peut également être situé tout près du puits d'extraction principal, à quelque distance de l'installation. Les minerais sont quelquefois broyés au fond (voir chap. XIV).

Si le concassage, le broyage et le transport du tout-venant sont particulièrement dangereux du point de vue de l'empoussiéage, aucune des autres opérations qui se déroulent dans une installation de traitement moderne ne doit pour autant être négligée de ce point de vue. Les minerais lourds sont séparés des stériles

plus légers par lavage, par flottation, par gravité ou par d'autres méthodes qui présentent peu de risques, du fait qu'elles impliquent toutes l'utilisation d'eau. Les opérations de fonderie — grillage, passage au four, affinage, traitement des sous-produits, etc. — sont plus ou moins dangereuses selon la nature des minéraux. Il convient également de manipuler et d'entreposer avec soin les diverses matières, éventuellement poussiéreuses, utilisées lors du traitement, telles que la chaux, le manganèse, les fondants ou les autres adjuvants.

Manutention et transport des minerais

La plupart du temps, le minerai est amené directement dans des trémies à grande capacité, d'où il est transporté dans l'installation primaire de concassage par wagons, par bennes suspendues, par convoyeurs à bande ou par camions Diesel. La station de déchargement — qu'il s'agisse d'un culbuteur, du début d'un convoyeur à bande ou d'une goulotte alimentant directement la trémie — est toujours une source d'empoussiérage. Lorsque le minerai est très sec, des pulvérisateurs devraient être installés à cet endroit. Selon les circonstances, les culbuteurs ou les goulottes devront être encoffrés et raccordés au système d'aspiration, comme dans les installations pour la préparation du charbon.

Installations de concassage

L'installation de concassage, située près du puits ou de la laverie, comprend généralement, d'abord des concasseurs à mâchoires ou giratoires, puis des broyeurs giratoires ou à cônes. Dans le passé, on donnait la préférence, pour le broyage, aux bocards, qui fonctionnent selon le principe de la gravité; beaucoup d'appareils de ce genre sont encore en service.

L'installation primaire devrait être encoffrée, autant que possible, à l'entrée et à la sortie, et munie de bouches d'aspiration. Le minerai brut étant généralement entreposé dans une trémie où il risque de se dessécher, des pulvérisateurs d'eau devraient

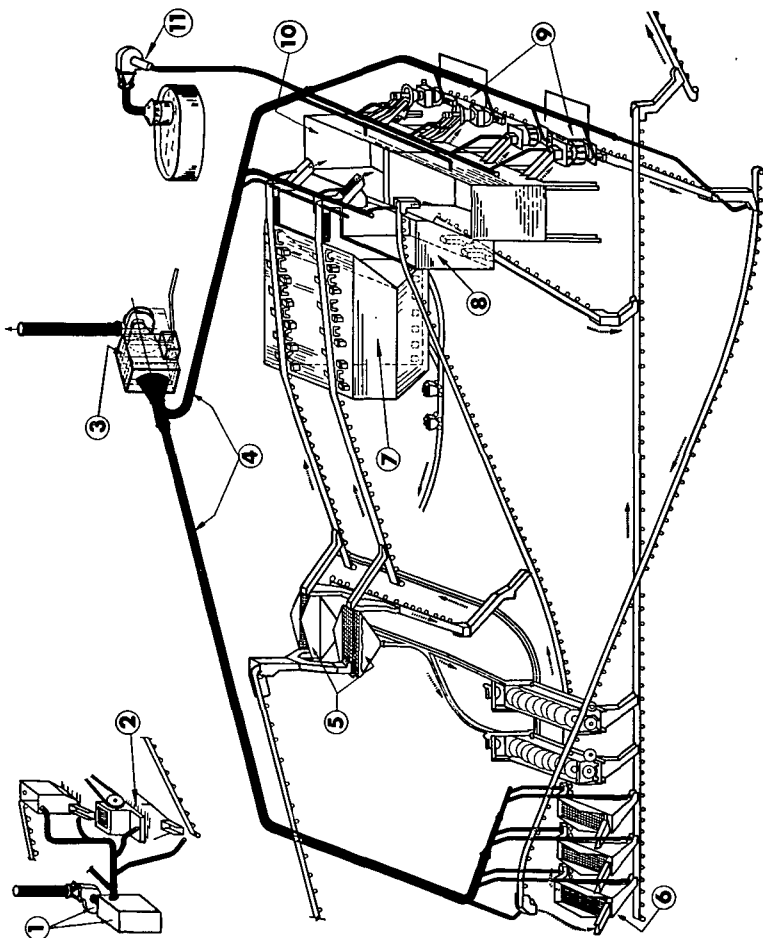


FIG. 100. — Schéma d'une installation de dépoussiérage dans des halles de concassage.

1 : Ventilateur et capteur de poussières humides; 2: concassage; 3: ventilateur principal avec capteur humide ou cyclone; 4: canars de ventilation débouchant dans les diverses installations; 5: cribles primaires; 6: cribles secondaires; 7: trémies de réception des déchets après triage; 8: trémies à débris de roches; 9: broyeurs primaires et secondaires; 10: trémies d'alimentation des broyeurs; 11: ventilateur auxiliaire d'aspiration.

Les flèches en pointillé indiquent le sens de circulation des produits.

également être installés au-dessus de l'entrée du concasseur. Les concasseurs giratoires sont faciles à encoffrer; ils devraient également être munis de bouches d'aspiration à leurs parties supérieure et inférieure. La figure 100 montre le schéma d'une installation de concassage typique, avec un système d'aspiration approprié.

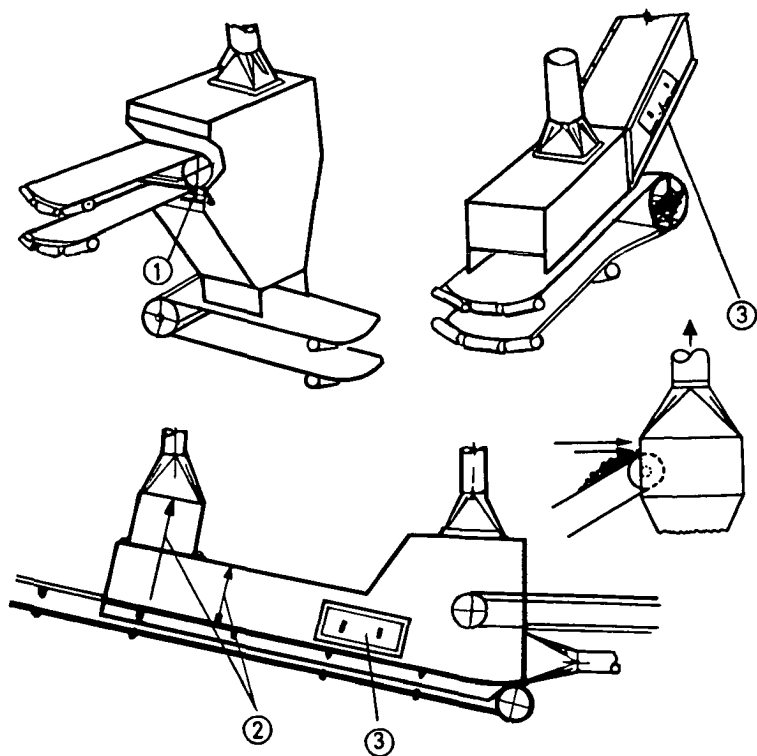


FIG. 101. — Hottes d'aspiration sur des convoyeurs.

1: Racleur de bande; 2: garde suffisante, pour éviter l'aspiration du produit; 3: regards.

Le broyage s'opère à l'aide de broyeurs à boulets, à tubes ou à barres. Comme ces appareils fonctionnent par voie humide et qu'ils sont entièrement encoffrés, peu de poussières sont dispersées dans l'atmosphère, hormis celles qui sont provoquées par les chutes de produits hors des installations, lesquelles devraient être soigneusement évitées.

Convoyeurs à bande

L'utilisation de pulvérisateurs d'eau aux points de transbordement des convoyeurs à bande présente des difficultés, du fait qu'une humidité excessive peut nuire aussi bien aux convoyeurs eux-mêmes qu'aux cribles vers lesquels le minerai est acheminé. Les pulvérisateurs doivent être réglés soigneusement, compte tenu des conditions locales, et il importe de prévoir au besoin des enceintes avec un système d'aspiration. Les bouches d'aspiration devraient être placées à la sortie de l'encoffrement, de manière que l'on puisse tirer parti autant que possible du déplacement d'air provoqué par la chute des produits (fig. 101). De même que dans les installations de préparation du charbon, la hauteur de chute lors des passages d'une bande à l'autre devrait être réduite au minimum; il est en outre indiqué de prévoir des rideaux souples qui réduisent la largeur des ouvertures nécessaires.

Trémies

Les remarques relatives aux trémies utilisées dans la préparation du charbon sont également applicables à celles des installations du jour des mines métalliques.

Cribles

Les cribles à vibrations sont particulièrement répandus dans les installations modernes de concassage. Là aussi, l'empoussiérage est en raison inverse de la quantité d'eau contenue dans le minerai, mais il sera indiqué, dans la plupart des cas, d'encoffrer la zone de déchargement et de prévoir des bouches d'aspiration à l'entrée

comme à la sortie; lorsque ces bouches n'assurent pas une évacuation suffisante des poussières, il faut installer des hottes d'aspiration. Il convient de prévoir un débit d'environ $15 \text{ m}^3/\text{mn}$ par mètre carré de surface de crible. Le raccordement au réseau d'aspiration devrait être assuré au moyen d'un flexible, fixé par un collier à desserrage rapide (fig. 102).

On peut réduire considérablement l'empoussiérage en diminuant la hauteur de chute libre des produits dans la trémie réceptrice.

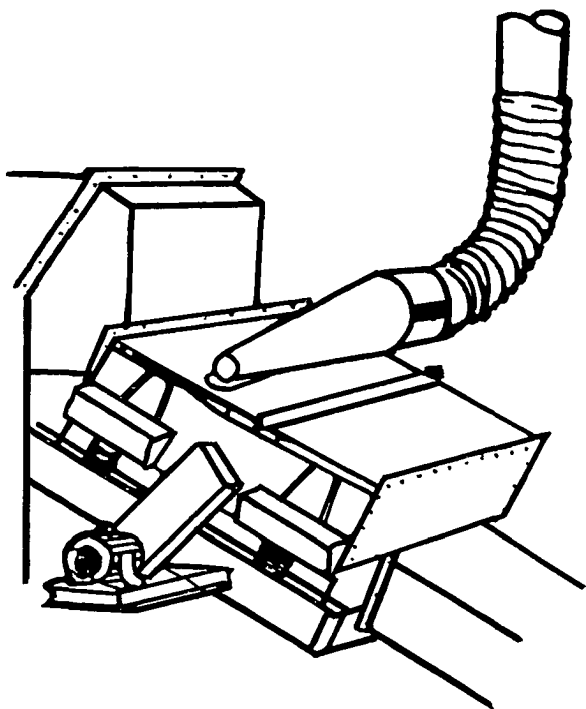


FIG. 102. — Dispositif d'aspiration sur un crible.

Bandes de triage

Dans les installations comprenant un service de séparation, la meilleure solution consistera à isoler ce service au mieux et à prévoir une ventilation auxiliaire par aspiration qui écarte des travailleurs les nuages de poussières et oblige ceux-ci à s'engouffrer dans les goulottes de descente vers les trémies de triage.

L'enlèvement des résidus des minerais triés dans les trémies, ayant lieu à l'extérieur, ne présente généralement pas de risque, car les poussières qui peuvent se former alors sont dispersées de manière appropriée. Il peut toutefois être nécessaire, dans certains cas, d'installer un système d'aspiration.

Epaississeurs à tambours rotatifs

Il arrive parfois que les tambours rotatifs libèrent dans l'atmosphère, au stade du gonflage, des poussières qui, si elles ne sont pas, le plus souvent, assez denses pour présenter un risque, provoquent une certaine gêne, aggravée par la condensation lors du traitement des schlamms chauffés. Leur dispersion peut être assurée par une ventilation descendante. Si des prélèvements d'échantillons montrent que ces concentrations de poussières sont dangereuses, un système d'aspiration sera nécessaire.

Fonderies

Dans les fonderies et les affineries, il peut se produire des dégagements de poussières dangereuses, par exemple, lors de la manutention de produits calcinés. L'installation de hottes d'aspiration avec filtration à part est indiquée, et lorsqu'il s'agit de produits présentant une certaine valeur, comme les poussières aurifères, on peut utiliser des filtres à sacs pour les récupérer.

Autres opérations génératrices de poussières

Parmi les opérations qui, bien que secondaires en elles-mêmes, ne doivent pourtant pas être négligées du point de vue de la lutte

contre les poussières, il convient de mentionner le remplissage et le vidage de sacs ou de récipients analogues. En cas de manutention fréquente de matières pulvérulentes emballées de cette façon, il sera nécessaire de prévoir un encoffrement hermétique ou une bouche d'aspiration. L'utilisation ultérieure ou la réparation de sacs ayant contenu des matières pulvérulentes devraient également être surveillées du point de vue de l'empoussiérage de l'air et, au besoin, faire l'objet de précautions du même ordre.

Le malaxage, à la main ou à la machine, de matières à particules fines nécessitera aussi un système de ventilation et l'installation d'une hotte ou d'un autre encoffrement approprié.

LABORATOIRES DE CONTRÔLE

Dans les laboratoires, les opérations les plus fréquentes consistent à réceptionner et à trier des échantillons de minerai ou de charbon, à les broyer ou à les pulvériser, puis à analyser le produit. Les broyeurs à mâchoires et les pulvérisateurs à disques utilisés à cet effet risquent de produire une grande quantité de poussières. En outre, les minerais broyés doivent être pesés, répartis en échantillons et mélangés avec des fondants, ce qui peut également engendrer des poussières.

Les concasseurs et les broyeurs devraient être reliés à un système d'aspiration qui puisse évacuer toutes les poussières passant en suspension dans l'air. Le système devrait être raccordé à une petite installation de filtration d'où l'air sera évacué dans l'atmosphère. Il conviendra de veiller à ce que l'aspiration de l'air en provenance des broyeurs n'ait aucun effet nuisible sur les échantillons, qui risqueraient soit de perdre une trop grande partie de leur poids par évacuation d'un excès de poussières, soit d'être pollués par des poussières étrangères. Les broyeurs peuvent être nettoyés au moyen d'une soufflette munie d'un dispositif qui maintienne l'admission d'air fermée tant que le système d'aspiration prévu pour le broyeur ne fonctionne pas.

Une ventilation générale suffisante doit être assurée dans le local contenant les broyeurs.

Toutes les tables ou lieux de travail analogues où sont manipulés des échantillons broyés devraient être pourvus de hottes d'aspiration ou de dispositifs à dépression. Au lieu d'encoffrements ou de hottes d'aspiration, on peut utiliser avantageusement un établi à surface perforée, à travers laquelle l'air est aspiré dans un conduit situé en dessous (fig. 103).

ATELIERS DES MINES

Dans les grandes entreprises minières, il existe divers ateliers — pour la réparation du matériel, le soudage, l'affûtage des taillants, la réparation des camions, plus les forges, les chaudronneries, etc. — où un certain empoussiérage de l'air risque de se produire.

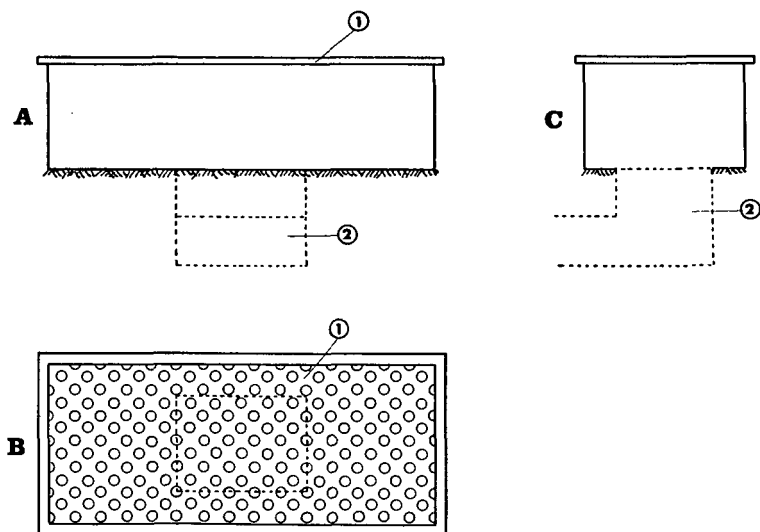


FIG. 103. — Table d'examen des échantillons en laboratoire.

A: Coupe longitudinale; B: plan; C: coupe transversale.

1: Plateau perforé de la table; 2: conduite d'aspiration passant sous le plancher.

Dans leur cas, les remarques formulées ci-dessus au sujet de la propreté, de la disposition et de l'entretien des bâtiments, de l'utilisation d'eau, de l'aspiration de l'air empoussiéré et de l'encoffrement des installations gardent, d'une manière générale, toute leur valeur.

Ateliers pour l'affûtage des taillants

Autrefois, l'atelier d'affûtage des fleurets était le théâtre d'une intense activité dans les grandes mines, où des milliers d'outils de ce genre devaient être refaits chaque jour. Indépendamment du va-et-vient continu que cela exigeait entre la mine et l'atelier, il fallait examiner et nettoyer les fleurets, les forger, les traiter à chaud et les tremper. On réduisait le dégagement de poussières en les plongeant préalablement dans de l'eau ou de l'huile; en outre, les différentes machines utilisées étaient raccordées à un système d'aspiration et les ateliers étaient ventilés de manière suffisante.

L'apparition des taillants amovibles a réduit la quantité d'acier à manipuler, mais surtout la mise au point de métaux particulièrement durs, dont on fait des taillants sertis à demeure à l'extrémité des fleurets, a rendu le traitement thermique superflu, car il suffit désormais d'un affûtage à froid à la meule.

Toutes les pièces à affûter qui proviennent de la mine doivent être au préalable lavées ou débarrassées d'une autre façon de la poussière qui les recouvre. Les meules à l'émeri, les rectifieuses et les fraiseuses devraient être entièrement encoffrées et munies de capots d'aspiration où l'air atteigne une vitesse de 100 à 120 m/mn à l'entrée. Toute machine de ce genre qui ne peut être encoffrée devrait être munie d'une hotte (fig. 104).

En plus du système d'aspiration, l'atelier devrait être bien ventilé.

Ateliers de forge et de chaudronnerie

La nature des travaux exécutés dans les ateliers de forge et de chaudronnerie varie sensiblement selon le genre, l'importance

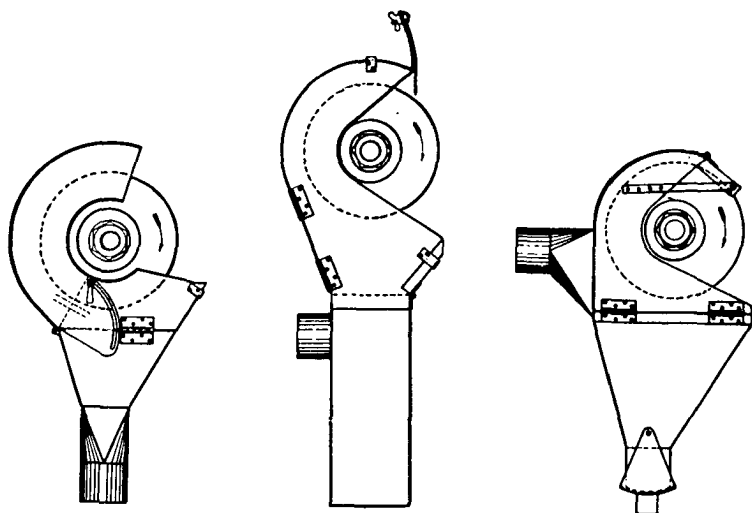


FIG. 104. — Capots d'aspiration de meules.

et la situation de la mine. Là encore, des précautions contre les poussières doivent être prises lorsqu'il s'agit de réparer du matériel provenant de la mine. Il importe de nettoyer soigneusement ce matériel et d'enlever, avant de le réparer, la rouille ou le tartre dont il est recouvert. Ces opérations devraient se dérouler si possible à l'extérieur. Si cela est impossible, il faudra alors veiller à ce que des poussières ne puissent pas se répandre dans l'atelier; à cet effet, un filtre mobile, semblable à celui qui est décrit ci-dessous à propos du dépoussiérage des moteurs électriques, pourra souvent rendre de précieux services.

Ateliers de soudage

Les travailleurs devraient être protégés contre les fumées produites pendant les opérations de soudage (fig. 105).

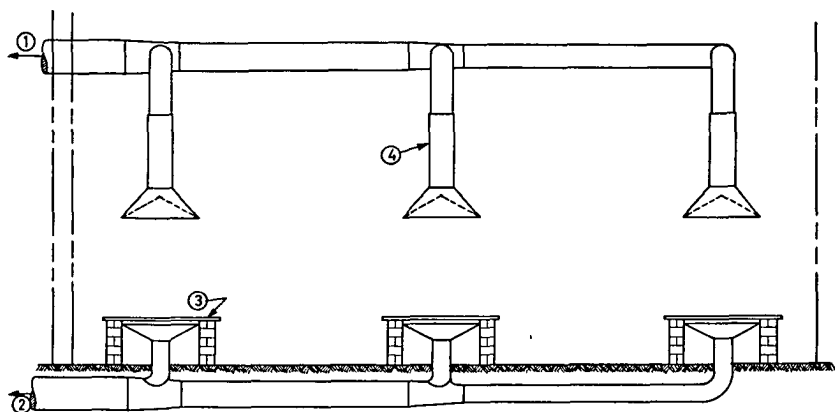


FIG. 105. — Ventilation, par aspiration, d'un atelier de soudage.

1 et 2: Canars d'aspiration; 3: établis de soudage; 4: tuyaux télescopiques supportant les hottes.

L'une des principales difficultés qui s'opposent à l'aménagement d'un système adéquat d'aspiration dans ces ateliers provient du fait que l'on y travaille sur des pièces de dimensions et de composition très différentes. La plupart des petits travaux sont effectués sur des établis à souder, qui devraient être pourvus de hottes mobiles ou de dispositifs d'aspiration raccordés, au moyen de flexibles, au système d'évacuation des poussières, bien que les établis perforés, munis d'un conduit d'évacuation à leur partie inférieure, se soient révélés également très efficaces. Les tuyaux d'aspiration flexibles descendant au niveau du sol sont d'une grande utilité lorsqu'on soude des pièces d'assez vastes dimensions ou d'une forme compliquée (fig. 106).

Ateliers d'électricité

Le nettoyage ou le démontage des moteurs et des autres appareils électriques utilisés au fond posent un problème ardu, car de grandes quantités de poussières s'accablent dans les

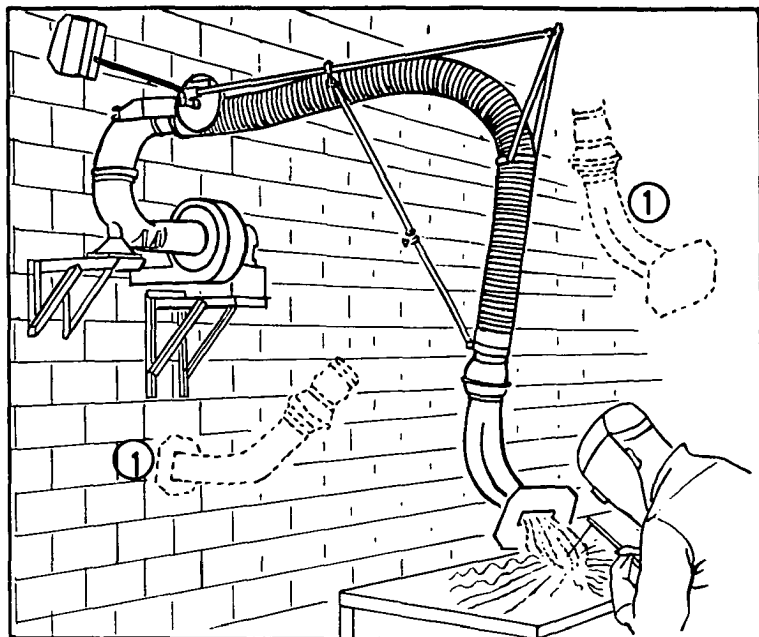


FIG. 106. — Aspiration des fumées produites par le soudage électrique au moyen d'une bouche d'aspiration mobile.

1. Positions possibles du tuyau d'aspiration.

bobinages. Ces poussières sont généralement délogées avec une soufflette tenue à la main. Un bon moyen d'éviter l'empoussiérage de l'air consiste à placer l'appareil dans une cabine fermée, munie d'un système d'aspiration, et d'équiper l'ouvrier d'un respirateur. Mais il est peut-être encore préférable de recouvrir l'appareil d'une hotte escamotable comportant des orifices pour l'introduction de la soufflette et raccordée à un ventilateur et à un filtre à poussières. Certains moteurs électriques entièrement enveloppés

peuvent, aux fins du nettoyage, être reliés directement au système d'aspiration.

Le nettoyage des moteurs installés au jour nécessite également une hotte d'aspiration, si l'on veut prévenir d'importants dégagements de poussières dans les ateliers. On peut d'ailleurs, moyennant certaines adaptations, procéder ainsi sans qu'il soit besoin de démonter les moteurs, que ceux-ci se trouvent au fond ou au jour. On retirera ainsi jusqu'à un kilo et demi de poussière d'un moteur moyen.

Le filtre utilisé sur le capteur de la figure 107 est du type à sacs de flanelle. Une chambre à poussières est fixée sous les sacs, qui, à la fin de l'opération, sont secoués par un mécanisme qui en déloge les poussières. Il est indiqué de monter sur roues l'ensemble de l'installation, avec son ventilateur, qui devrait débiter à la minute de 60 à 90 m³ d'air à 15 ou 18 cm de colonne d'eau.

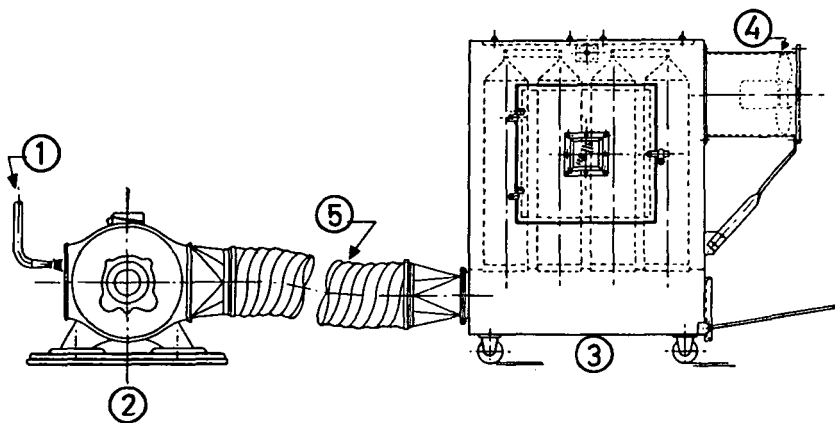


FIG. 107. — Dépoussiérage des moteurs électriques.

1: Entrée d'air comprimé; 2: moteur à nettoyer; 3: filtre mobile; 4: ventilateur; 5: tuyau souple.

Réparation des broyeurs à barres

La réfection périodique des broyeurs à barres, qui a lieu dans certains cas à cinq ou six semaines d'intervalle, présente de grands dangers du point de vue de l'inhalation des poussières. Les mécaniciens sont en effet obligés de travailler à l'intérieur du broyeur, où de fortes concentrations de poussières risquent de se produire en raison de l'espace confiné et du manque d'aération.

Pour lutter contre ces poussières, toutes les surfaces devraient être maintenues à l'état humide pendant le travail. En outre, on fera bien d'utiliser une soufflante à venturi ou un ventilateur qui, raccordé au broyeur en réparation par un flexible, permettra de maintenir un courant d'air continu à travers la zone de travail.

VESTIAIRES ET LAMPISTERIES

Une grande quantité de poussières risque de se dégager après le séchage, dans les vestiaires, des vêtements portés par les mineurs. Si on les laisse s'accumuler sur le sol et les autres surfaces, elles ont toutes les chances d'être soulevées par les travailleurs qui traversent le vestiaire et de passer en suspension dans l'air. De même, l'entreposage d'un grand nombre de lampes électriques et surtout leur nettoyage à l'air comprimé peuvent engendrer des poussières.

Il est possible d'éviter ces risques en veillant à ce que les locaux soient bien aérés, maintenus en bon état de propreté et lavés fréquemment à grande eau.

CARRIÈRES

Dans les installations de préparation des carrières, il y a risque de dégagement de poussières :

- a) lors du débitage de la roche, à la main ou avec des outils pneumatiques ;
- b) lors du concassage, du criblage et du triage mécaniques ;
- c) lors du façonnage, à la main ou avec des outils pneumatiques ;

- d) lors du façonnage à la machine;
- e) lors du chargement et du transport.

Débitage de la roche

Une des méthodes employées pour débiter les gros blocs consiste à y percer préalablement une succession de trous ou emboîtures. Elle a pour effet de dégager beaucoup de poussière, et même si les travailleurs opèrent à une certaine distance les uns des autres, les nuages soulevés s'assemblent souvent en concentrations assez denses. On peut en empêcher dans une certaine mesure la propagation en munissant les marteaux perforateurs de disques plats ou concaves qui infléchissent en arrière ou latéralement l'échappement de l'air comprimé et l'écartent des poussières libérées par le fleuret.

Une autre possibilité est fournie par les capots d'aspiration munis, à l'avant, d'une pièce cylindrique coulissante que le foreur peut soulever à la main, sans avoir à retirer le fleuret pour inspecter l'emboîture.

Le dégagement de poussières durant le débitage des gros blocs peut être réduit si l'on procède par forage et picotage plutôt que par décollement après percement d'emboîtures. Ce procédé économise du temps, permet au foreur de se tenir à l'écart des poussières (ce qui est impossible lorsqu'il doit pratiquer des emboîtures) et permet le port d'un équipement de protection individuelle.

Concassage, criblage et triage mécaniques

D'une manière générale, les concasseurs et les broyeurs doivent être encoffrés et pourvus d'une installation individuelle de captage des poussières. A l'entrée, l'aspiration devrait se faire dans le sens de l'écoulement des matières. Un encoffrement bien conçu ne doit pas gêner les opérations, en particulier le changement de cribles. Le captage et l'évacuation des poussières dans une installation de concassage exigeront d'ordinaire un débit d'air de 600 à 1 000 m³/mn et une puissance ne dépassant pas 50 CV. Seuls les chargeurs travaillant à l'orifice d'alimentation sont exposés

à un risque coniotique permanent, puisque le reste de l'installation n'exige pas une surveillance constante. Il est possible de protéger efficacement les emplacements où ils se tiennent en faisant en sorte que l'air y circule librement et d'un mouvement régulier, en veillant à ce que les orifices d'alimentation soient étanches aux poussières et en installant un système d'aspiration mécanique.

Le personnel chargé de l'entretien et du graissage passe si peu de temps dans l'atmosphère poussiéreuse des installations qu'il semble suffisant de lui faire porter des respirateurs à filtre à cette occasion.

La pulvérisation d'eau, fréquemment utilisée dans le cas des concasseurs à mâchoires, présente cet inconvénient que les poussières collées à la roche et libérées pendant le concassage ne sont pas toujours évacuées. Elles risquent de s'agglutiner, d'être entraînées sous cette forme et, au stade suivant de la préparation, de passer en suspension dans l'air.

Façonnage à la main ou avec des outils pneumatiques

Les opérations manuelles de façonnage comprennent l'équarissage, le fendage, le meulage et le dressage.

Il s'est révélé utile de fournir aux tailleurs des abris transportables spacieux, bien aérés, et qui pourront être déplacés d'autant plus aisément qu'ils seront faciles à monter et à démonter. Le transport des pierres sera facilité si ces abris comportent, à leurs extrémités, des portes coulissantes, que l'on pourra, par beau temps, laisser ouvertes pendant le travail. Le tailleur portera au besoin un respirateur.

Dans les cabines de fendage pour l'ardoise de toiture, les ouvriers devraient travailler debout et non assis, afin de réduire le risque d'inhalation de poussières. Le transport des ardoises à la main, qui soulève d'ordinaire beaucoup de poussières, peut être remplacé avantageusement par le transport mécanique lorsque cela est possible.

Façonnage à la machine

Les scies, les fraiseuses, les meules et autres machines ne font guère passer de poussières en suspension du fait que la pierre qu'elles travaillent est constamment arrosée; cependant, il pourra être parfois souhaitable d'évacuer le brouillard qui s'en dégage.

Le fraisage à sec, en revanche, produit une grande quantité de poussières de toute dimension, qui pourront être évacuées par aspiration juste devant la fraise. De même, il est possible d'installer une hotte d'aspiration à proximité des lieux où on procède au perçage, au repiquage, au meulage ou au tournage des meules de grès.

Dans le cas des scies mécaniques, on pourra réduire au minimum l'exposition du personnel aux poussières:

a) en captant le brouillard d'eau et de poussières projeté par la scie dans une chambre d'aspiration fermée sur les côtés et en haut;

b) en l'évacuant rapidement grâce à un jet d'air qui le chassera, par une ouverture ménagée dans la paroi, soit dans l'atmosphère, soit dans un tuyau d'aspiration;

c) en installant le panneau de commande de la scie à une distance d'au moins 1,5 à 2 m de la lame;

d) en veillant, lorsque le manque de place impose l'utilisation de chicanes, à ce qu'elles soient situées à une distance d'au moins 3 m de la lame, et en assurant, dans le local, un courant d'air dans le sens de l'avance; les capots d'aspiration placés au-dessus de la lame ne seront pleinement efficaces que si l'écart entre la pierre sciée et leur bord est inférieur à 1 cm.

Un dispositif qui a donné de bons résultats avec une scie-diamant d'une vitesse périphérique de 40 m/s, est constitué par un rideau carré de 4,2 m de côté, en chlorure de polyvinyle transparent, que l'on abaisse quand la scie est en fonctionnement. Le nuage d'eau et de poussière est alors projeté, sous ce rideau, dans une chambre de précipitation.

Dans les ateliers de façonnage des pierres, le sol devrait être uni et imperméable, en carrelage ou en béton par exemple, afin

que les poussières et les petits débris puissent en être évacués à grande eau; le sol peut aussi être remplacé par des grilles à travers lesquelles les déchets puissent tomber.

Dans certains cas, il sera possible d'isoler les polisseuses et les machines analogues produisant beaucoup de poussières en les montant en plein air ou à l'écart du reste de l'installation. Elles pourront être munies de dispositifs de commande mobiles, permettant à leurs conducteurs de se tenir constamment en dehors des nuages de poussière.

Chargement et transport

En ce qui concerne le chargement et le transport, les zones d'opération dangereuses sont notamment les monte-charge, les machines à ensacher et les points de transbordement ou d'arrivée.

Le transport de pierres concassées s'opère souvent au moyen de monte-charge inclinés, qui présentent certains avantages par rapport aux modèles verticaux, mais ne peuvent être encoffrés.

Les machines à ensacher les matières broyées contenant de la silice devraient être encoffrées autant que possible et pourvues d'un dispositif d'aspiration. Pour empêcher les pertes, le remplissage des sacs pourra être commandé automatiquement, à l'aide d'un indicateur de niveau par exemple.

Le chargement du quartz broyé par grandes quantités pourra s'effectuer par déversement automatique dans les wagons spéciaux amenés sous les trémies, voire dans les navires minéraliers, afin d'éviter la manutention de sacs contenant cette matière pulvérulente.

Un autre moyen de charger des véhicules avec des produits pulvérulents consiste à utiliser des glissières encoffrées ou des tuyaux et à aspirer les poussières dégagées.

SURVEILLANCE

En dépit de toutes les précautions prises dans les installations du jour, des concentrations de poussières risqueront toujours de

se produire à tel ou tel endroit. Mais il est possible, dans ce cas comme dans les autres, de neutraliser ce risque par une inspection systématique des installations et par des prélèvements de poussières.

Il importe donc de s'assurer que toutes les installations destinées à limiter la formation de poussières et tous les appareils de ventilation soient en état de marche, d'attirer l'attention des intéressés sur les concentrations nocives et de prendre toutes mesures utiles pour les éliminer. En outre, des prélèvements réguliers de poussières permettront aux travailleurs de se rendre compte des risques auxquels ils sont exposés aussi bien à la surface qu'au fond, et les inciteront non seulement à faire bon usage des appareils de protection et à prendre toutes les précautions prescrites, mais encore à éviter, par tous les moyens dont ils disposent, un dégagement excessif de poussières.

CHAPITRE XIII

PERCEMENT DES TUNNELS ET DES GALERIES

Une bonne partie de ce qui a été dit dans les chapitres précédents s'applique aux opérations de percement des tunnels et des galeries. Les poussières de roche dégagées par ces opérations sont, dans une large mesure, les mêmes que celles que produit l'exploitation d'une mine; les principaux agents utilisés pour lutter contre ces poussières sont les mêmes: l'air et l'eau; les moyens d'utilisation de ces agents sont souvent les mêmes: systèmes de ventilation, pulvérisateurs, projection de brouillards, etc.; enfin, quelques-unes des opérations exécutées sont les mêmes: foration, tir et transport, par exemple. C'est pourquoi, dans la mesure du possible, le présent chapitre ne portera que sur les aspects de la lutte contre les poussières qui présentent certaines caractéristiques propres au percement des tunnels et des galeries ou qui, pour d'autres raisons, nécessitent un examen particulier.

Les grands travaux d'équipement hydro-électrique, la construction de réseaux d'irrigation, de tunnels routiers ou ferroviaires peuvent exiger le percement d'un nombre appréciable de kilomètres de galeries, de même que le creusement de vastes excavations souterraines. Il arrive parfois que, ces travaux étant considérés comme temporaires, on fasse moins attention au risque coniotique et aux autres dangers qui menacent la sécurité et l'hygiène des travailleurs que dans les mines, où le problème est toujours présent à l'esprit. Si les principes de base de la lutte contre les poussières et leurs applications pratiques sont grosso modo les mêmes que dans les mines, plusieurs facteurs entrent cependant en jeu: grande rapidité d'exécution, caractère temporaire du travail, composition de la main-d'œuvre, souvent assez hétérogène, la plupart du temps non qualifiée,

et ne comprenant guère qu'un nombre limité d'hommes expérimentés qui soient conscients du danger présenté par les poussières et des précautions qui s'imposent pour y parer. Aussi importe-t-il d'attacher une attention particulière à tous les aspects de la lutte contre les poussières lors du percement des tunnels et des galeries et de veiller à ce que l'application des mesures préventives fasse l'objet d'un contrôle strict.

FORATION

Les poussières produites lors du percement des tunnels étant dégagées principalement par la foration, des précautions particulièrement sévères s'imposeront pendant cette opération. C'est ainsi qu'il sera indispensable de pratiquer la foration humide ou, si l'on fore à sec, de prévoir un dispositif d'aspiration de l'air.

Pour la foration humide, on peut employer des marteaux piqueurs à injection d'eau. Ces marteaux, qui sont soit à injection latérale, soit à injection centrale, ont été décrits au chapitre VII. En général, les marteaux à injection latérale sont préférables du point de vue de la suppression des poussières. Les marteaux à injection centrale doivent être munis d'orifices d'échappement avant empêchant l'air comprimé de pénétrer dans le trou en cours de foration. De toute façon, les marteaux de l'un et l'autre type devraient être conçus de manière à ne pouvoir fonctionner qu'après l'ouverture de l'injection d'eau, de manière qu'ils ne puissent travailler à sec, soit à l'amorçage, soit durant la foration d'un trou. Les modèles utilisés devraient être approuvés par un organisme agréé chargé de contrôler leur construction et leur fonctionnement ou être conformes aux normes ou directives nationales concernant la lutte contre les poussières dans l'industrie.

Orifices supplémentaires d'échappement avant

Il ne devrait en aucun cas être fait usage de marteaux perforateurs à injection centrale non munis d'orifices supplémentaires d'échappement avant pour l'évacuation de l'air comprimé (fig. 43, p. 133), car, faute d'événements ménagés à cet effet, la foration entraîne

une production de poussières malgré l'injection d'eau. Ces poussières, que l'on peut observer déjà lorsque trois ou quatre marteaux moyens à injection centrale, non munis de ces orifices d'échappement fonctionnent sur un même chantier, sont produites en quantités plus ou moins grandes selon le volume d'air qui atteint le fond du trou avec l'eau injectée. Or, dans les tunnels de faible section, cela peut avoir pour effet d'accroître sensiblement la concentration de poussières au front de taille. Le dégagement de poussières est encore plus intense lorsqu'on utilise des marteaux lourds (c'est-à-dire pesant de 30 à 60 kg). A ce propos signalons que, dans le percement des tunnels de forte section, il n'est pas rare que l'on emploie en même temps dix ou plus de ces marteaux, montés sur un chariot.

Injection d'un mélange d'air et d'eau

Il convient d'éviter l'usage des marteaux perforateurs équipés d'une conduite double permettant d'injecter simultanément de l'air et de l'eau au fond du trou. Ce que l'on cherche à obtenir par ce moyen, à savoir une plus grande vitesse de foration grâce à un nettoyage rapide du fond du trou, peut être obtenu également par un accroissement de la pression de l'eau. Ce genre de foration humide produit encore plus de poussières que la foration avec des marteaux sans orifices d'échappement. Lors d'essais de marteaux de poids moyen appartenant à cette catégorie, on a mesuré des concentrations de poussières résiduelles de 80 à 90 mg par mètre cube d'air.

Alimentation en eau

Dans les tunnels comme dans les mines, on peut lutter efficacement contre l'empoussiérement au front de taille pendant la foration en arrosant au préalable l'ensemble du chantier. De même, la mise en place d'un système d'adduction d'eau consistant en une tuyauterie que l'on rallonge au fur et à mesure de l'avancement des travaux et comportant un nombre de prises suffisant est indispensable dans le percement des tunnels, que l'on fore à sec avec aspira-

tion des poussières ou que l'on pratique la foration humide. Il faut veiller à ce que l'eau utilisée soit propre.

Dans les régions où l'eau risque de geler dans les tuyaux pendant une partie de l'année, il peut être nécessaire d'installer un chauffage électrique aux endroits où les tuyaux sont exposés au froid.

Foration à sec

Lorsqu'on utilise du matériel de foration à sec avec aspiration des poussières, le matériel doit répondre aux exigences mentionnées dans la partie du chapitre VII qui traite de cette question.

TIR

L'empoussiérage résultant des tirs effectués au cours du percement des tunnels peut être combattu par des moyens analogues à ceux que l'on emploie dans les mines lors du creusement de travers-bancs et d'autres travaux en roche dure.

Une progression rapide étant de règle dans le percement des tunnels, deux ou trois volées de tir pendant le même poste sont chose fréquente, d'où l'importance d'évacuer rapidement les poussières et la fumée puisque les travailleurs sont, de ce fait, exposés à de plus grands risques que dans les autres genres de travaux miniers. La concentration de poussières pouvant atteindre 2 000 mg/m³ ou plus, et la proportion des particules de moins de 5 microns pouvant s'élever jusqu'à 85 ou 90 pour cent — ce qui peut représenter 200 000 particules par centimètre cube — il est absolument indispensable de protéger les travailleurs contre les poussières et les fumées dégagées par les tirs.

A cet effet, il convient avant tout d'assurer une bonne ventilation. Les conditions que doit remplir un système de ventilation satisfaisant sont exposées ci-après. A cet égard, l'étude des systèmes d'aérage employés habituellement dans les mines sera certainement utile à tous ceux dont la tâche est d'établir les plans de travaux de ce genre. Relevons d'autre part qu'une bonne ventilation a pour effet

non seulement de limiter les risques auxquels sont exposés les travailleurs, mais encore de contribuer, dans une large mesure, à supprimer les interruptions du travail.

En ce qui concerne les tirs, une pratique assez répandue consiste à nettoyer les trous de mine à l'air comprimé avant d'y mettre en place les charges d'explosifs. Il en résulte des dégagements de poussières très denses. Aussi devrait-il être interdit de procéder ainsi, même lorsque le rocher est humide naturellement. Les trous de mine peuvent être nettoyés très rapidement avec de l'eau injectée au moyen d'un tuyau de cuivre suffisamment long, relié à un flexible. Si, pour une raison ou pour une autre, on ne peut éviter l'usage d'air comprimé, le tuyau en cuivre doit être muni d'un robinet à trois voies permettant d'injecter soit de l'eau, soit un mélange d'eau et d'air, mais jamais de l'air seul.

Enfin, il convient d'insister une fois encore sur l'importance de l'eau. Pulvérisée, elle peut servir à abattre les poussières et à humidifier la zone de tir avant la mise à feu et après que la roche a été abattue.

VENTILATION

L'envoi d'une quantité suffisante d'air pur sur le chantier est la première mesure à prendre pour protéger les travailleurs contre les poussières durant le percement de tunnels ou de galeries ou lors de travaux analogues. Dans plusieurs pays, des règlements fixent — comme dans le cas des mines — la quantité minimale d'air qui doit être fournie par travailleur sur le lieu de travail.

Si les règlements sur ce point constituent le guide dont il faut s'inspirer pour l'établissement de bonnes conditions de travail, les chiffres qu'ils indiquent doivent néanmoins être considérés comme des minimums et, dans chaque cas, une étude approfondie s'imposera de la nature du travail à accomplir et du genre de machines à utiliser. C'est ainsi que l'emploi de moteurs Diesel exige la ventilation la plus énergique qui soit, laquelle, pour les mines, est fixée dans plusieurs pays entre 4,5 et 6 m³ d'air à la minute par cheval de puissance au frein; des chiffres inférieurs sont admis dans certains

pays dans le cas de travaux effectués par des entreprises de génie civil. On peut assurer des conditions de ventilation satisfaisante en veillant à ce que la concentration de certains gaz dans l'atmosphère ne dépasse pas les proportions suivantes: CO_2 , 0,5 pour cent; CO , 0,01 pour cent; NO_2 , 0,0025 pour cent. D'autre part, la teneur en oxygène ne doit pas être inférieure à 20 pour cent.

L'odeur irritante que dégagent les moteurs Diesel est due à la présence d'aldéhydes; elle devient perceptible lorsque l'air en contient une partie pour un million.

Lorsqu'on trace les plans d'un système de ventilation, il est indiqué de prévoir un débit de 9 à 12 m³ d'air à la minute par mètre carré de section de tunnel.

Systèmes de ventilation

Le renouvellement de l'air par des moyens mécaniques dans les tunnels peut être assuré par pulsion, par aspiration ou par une combinaison de ces deux systèmes. La ventilation soufflante a l'avantage d'envoyer l'air frais directement au front d'attaque, c'est-à-dire là où la plupart des travailleurs sont occupés; en outre, lorsque la température du rocher dans la zone environnante est élevée, celle de l'air demeure relativement basse à proximité de la bouche de ventilation. Avec la ventilation aspirante, l'air frais, circulant plus lentement, a une température qui est proche de celle du massif rocheux avoisinant lorsqu'il arrive au front d'attaque. D'autre part, tous les gaz dégagés dans la galerie sont entraînés vers le front d'attaque. Ce système permet toutefois d'évacuer rapidement l'air de la zone du front d'attaque ainsi que les poussières produites dans cette zone, les fumées des tirs, etc. Les avantages et les inconvénients de ces deux systèmes sont examinés au chapitre IV.

Sur les chantiers à progression très rapide, il est pratiquement indispensable d'aspirer l'air après les tirs pour gagner du temps si l'on veut que les travailleurs ne restent pas un certain temps exposés aux poussières et aux fumées, d'où l'usage de plus en plus répandu d'un système mixte permettant d'alterner la ventilation

soufflante et l'aspiration au moyen de ventilateurs hélicoïdes à inversion de marche ou d'un simple système de vannes ou de portes montées dans la conduite (fig. 108).

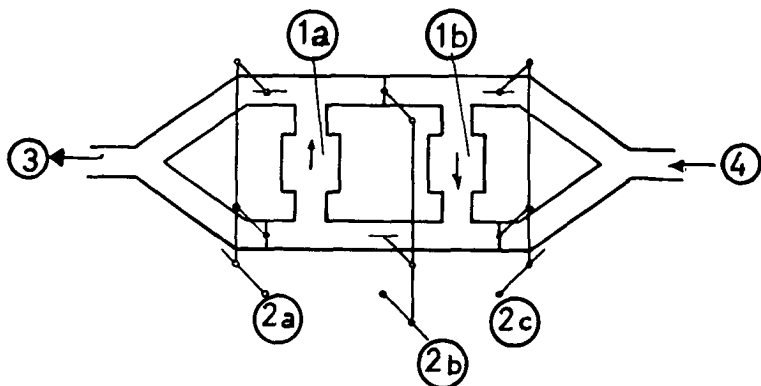


FIG. 108. — Ventilation d'un tunnel au moyen de deux ventilateurs en série.

1 a) et 1 b) : Ventilateurs; 2 a), 2 b) et 2 c) : systèmes de portes de ventilation; 3 : vers le tunnel; 4 : entrée de l'air extérieur.

En modifiant la position des systèmes de portes de ventilation, on passerait d'une ventilation soufflante à une ventilation aspirante.

Les ventilateurs que l'on utilise dans les tunnels en cours de percement sont du type centrifuge ou du type hélicoïde. Dans un cas comme dans l'autre, la pression doit être suffisante pour assurer un débit constant sur toute la longueur des conduits. La pression devant augmenter progressivement au fur et à mesure de l'avancement du chantier, les ventilateurs doivent être équipés de transmissions à courroie à vitesse variable ou de tout autre dispositif de réglage de la vitesse; si l'on utilise des ventilateurs hélicoïdes, on peut en monter en série plusieurs du même modèle pour accroître la pression à mesure que la longueur du conduit augmente.

En sus d'un système de ventilation auxiliaire approprié, il est indiqué de pulvériser de l'eau contre le front de taille avant

et après les tirs. A cet effet, on emploie des ajutages spéciaux permettant de diriger contre le front et les roches rompues un mélange d'air et d'eau sous pression. Ce système est décrit au chapitre III.

Conduits de ventilation

Une bonne ventilation exige l'installation de conduits d'air répondant à certaines normes. Les buses à collets, toujours étanches quand elles sont bien montées, sont celles qui conviennent le mieux. Les conduits d'air doivent déboucher aussi près que possible du front d'attaque, car c'est l'endroit qui doit être le mieux ventilé. (Voir également la partie du chapitre IV consacrée à cette question.)

CHARGEMENT, TRANSPORT ET DÉCHARGEMENT

Chargement

Quelle que soit la méthode utilisée, la formation de poussières pendant le chargement des déblais est pratiquement inévitable dans les galeries creusées dans le rocher. La première chose à faire est donc de procéder à un arrosage suffisant compte tenu de la vitesse à laquelle les déblais seront transportés. Ces dernières années, l'emploi de chargeuses mécaniques s'est généralisé dans le percement des galeries, de sorte que, mis à part le nettoyage du sol après le passage de la chargeuse, le chargement à la main ou avec des pelles est exceptionnel.

Le chargement mécanique de matériaux secs produit toujours un empoussiérage important, même si l'on note des variations selon le type de chargeuse utilisé. L'empoussiérage est spécialement abondant à l'endroit où les débris de roche sont précipités par la chargeuse dans les berlines ou les convoyeurs, surtout lorsque les machines de chargement sont des pelleteuses.

La meilleure façon de protéger les travailleurs consiste à équiper les machines d'un dispositif de pulvérisation d'eau automatique; à défaut, il est nécessaire d'arroser soigneusement les débris

de roche après les tirs et avant de commencer le chargement. Il convient également de recommencer l'arrosage de temps en temps pendant le chargement, en prenant soin tout particulièrement de bien mouiller le point d'attaque de la chargeuse, les matériaux secs étant découverts au fur et à mesure que le travail progresse.

Lorsqu'il est nécessaire de rompre de gros blocs de rocher détachés du front de taille, ce que l'on fait d'habitude au moyen de marteaux perforateurs, il est indispensable d'utiliser des marteaux à injection d'eau.

Transport

Le transport par rail entraîne un dégagement de poussières, spécialement si la distance à parcourir est longue ou si les berlines chargées stationnent pendant un laps de temps suffisamment long pour que les matériaux qu'elles contiennent perdent leur humidité. Si l'on constate que les déblais ont tendance à sécher pour l'une ou l'autre de ces raisons, il convient de prévoir un arrosage manuel ou automatique (voir planche III). Le transport par camions Diesel risque moins de poser des problèmes de ce genre.

Déchargement

Le déchargement provoque également un dégagement de poussières lequel, étant donné que l'opération se fait à l'air libre, ne présente toutefois qu'un danger généralement limité, à condition que l'on veille à ce que les nuages de poussières ne puissent pénétrer dans les bâtiments situés aux alentours ni polluer l'air que respirent les travailleurs occupés à proximité.

SOUTÈNEMENT TEMPORAIRE

Lorsque la nature du terrain exige un soutènement temporaire, la mise en place de celui-ci peut provoquer le dégagement de grandes quantités de poussières, notamment lors du creusement de fentes ou autres petites cavités dans les parois et pendant la manutention et le transport des bois ou autres étais utilisés pour

le soutènement. Une mesure de précaution générale contre la production de poussières durant ces opérations consiste à arroser à grande eau le lieu de travail et les étais avant de commencer les travaux de soutènement. Dans la mesure du possible, les travaux de foration effectués en vue du soutènement devraient se faire avec injection d'eau.

GUNITAGE

Souvent, le plafond et les parois des galeries sont renforcés par l'application sous pression de ciment liquide là où la nature friable du rocher présente un danger d'éboulement. Ce procédé, appelé « gunitage », dégage une quantité appréciable de poussières puisqu'on a pu mesurer en pareil cas jusqu'à 300 mg de poussières fines par mètre cube d'air. Une bonne ventilation est nécessaire pour protéger les travailleurs chargés de procéder au gunitage. D'autre part, celui-ci devrait toujours s'effectuer dans le sens de la ventilation, c'est-à-dire que, dans le cas d'une ventilation soufflante, il devrait commencer aussi loin que possible du front de taille et progresser en direction de ce dernier et, dans le cas d'une ventilation aspirante, s'opérer dans le sens inverse, les travailleurs tournant toujours le dos au courant d'air. Lorsque ces précautions sont insuffisantes, il convient d'utiliser un équipement de protection individuel, en l'occurrence des masques respiratoires.

MAINTIEN DU CHANTIER EN ÉTAT DE PROPRETÉ

Un des points les plus importants est de maintenir le chantier aussi propre que possible. C'est là une question à laquelle il faut prêter une attention particulière sur les chantiers à l'air libre et, à plus forte raison, dans les galeries. Les déblais et les débris accumulés doivent être évacués régulièrement; en outre, il est nécessaire de prendre certaines précautions lorsqu'on manipule des matériels usagés, tels que rails, tuyaux, traverses et coffrages pour béton, qui, lorsqu'ils sont secs, peuvent dégager beaucoup de poussières s'ils ne sont pas maniés avec soin. Les matériaux

tombés des berlines ou des bennes pendant le transport ainsi que les débris détachés du toit ou des parois devraient être ramassés aussitôt et mis dans des récipients spécialement prévus à cet effet. Il importe également que le système d'alimentation en eau soit muni de prises à certains points appropriés, afin que, dans l'éventualité d'un travail à effectuer ou d'une accumulation excessive de poussières à un endroit quelconque de la galerie, on puisse brancher un tuyau pour arroser à grande eau le sol, le toit et les parois.

SURVEILLANCE

Les travailleurs devraient être dûment informés par les contremaîtres des dangers que présentent les poussières en suspension dans l'air. Lorsqu'ils ont compris la nécessité de prendre des précautions, les contremaîtres peuvent beaucoup plus facilement faire appliquer les prescriptions portant sur la lutte contre les poussières. D'autre part, étant habituellement en contact assez étroit avec les travailleurs du fait de la superficie réduite du chantier, les chefs d'équipe et autres agents de maîtrise sont bien placés pour instruire les ouvriers et prévenir tout risque coniotique qui peut être évité.

CHAPITRE XIV

QUELQUES PROBLÈMES SPÉCIAUX

Certains types d'exploitation, ou l'exécution de travaux spéciaux propres à une mine ou à un genre de mine, posent des problèmes particuliers. Dans ces cas, il est généralement possible de combattre l'empoussiérement grâce aux méthodes exposées dans ce guide. Des mesures spéciales peuvent cependant se révéler nécessaires en cas d'exposition particulièrement dangereuse ou lorsque d'autres facteurs contribuent à accroître le risque coniotique. Quelques cas concrets de ce genre sont exposés dans le présent chapitre.

SCHISTIFICATION DANS LES MINES DE CHARBON

La schistification vise à réduire, sur les chantiers, la quantité de poussières combustibles, mais elle n'exclut nullement les autres moyens d'y parvenir (à savoir la lutte préventive contre lesdites poussières, ainsi que leur fixation et leur évacuation si l'on n'a pu en éviter le dégagement), moyens qui ont l'avantage de coïncider avec ceux de la lutte contre les poussières siliceuses.

Le choix d'une poussière qui convienne à la schistification est d'une grande importance. Pour offrir une protection satisfaisante contre le danger d'explosion, une poussière doit posséder des caractéristiques permettant une dispersion satisfaisante. L'expérience a prouvé que certaines poussières se dispersent moins facilement que d'autres et que la roche pulvérulente dont on élimine les particules de moins de 5 à 10 microns perd de son efficacité antiexplosive. Il convient de tenir compte également de

la teneur en silice. Dans certains pays cette teneur a été fixée à 5 pour cent au maximum, au nom de ce principe que toute poussière dont les particules ont moins de 5 microns et qui contient plus de 5 pour cent de silice est dangereuse pour la santé.

Entre autres précautions à prendre lors de la schistification, il convient de veiller à ce que les travailleurs qui en sont chargés portent des respirateurs, à ce que l'opération s'effectue seulement lorsque la mine est peu occupée et à ce que personne ne soit exposé au nuage. Il est indiqué de procéder à un contrôle minutieux de la roche utilisée pour obtenir la poussière de schistification et, en particulier, de vérifier régulièrement sa teneur en silice. Dans bien des cas, il est souhaitable que plusieurs mines se groupent pour un approvisionnement en commun.

Enfin, il importe de ne pas oublier de protéger les travailleurs occupés au broyage des roches en installant à cet effet des capteurs ou d'autres moyens de protection.

ALTITUDE

Dans les pays où des mines situées à grande altitude sont en exploitation, l'élimination des poussières ne va pas sans certaines difficultés, dues à la faible teneur de l'air en oxygène, à des changements de température fréquents et soudains, et à la perte de puissance que l'altitude peut, dans certaines circonstances, entraîner pour les machines.

La pression atmosphérique peu élevée et la faible teneur de l'air en oxygène ont principalement pour effet d'obliger les travailleurs occupés dans ces mines à respirer plus profondément, c'est-à-dire à aspirer un plus grand volume d'air. De ce fait, les concentrations de poussières doivent être considérées en fonction de cette quantité d'air inhalée, d'où la nécessité d'abaisser en conséquence les chiffres correspondant aux concentrations généralement considérées comme admissibles. Pour ce faire, il est nécessaire d'augmenter le volume minimal d'air à fournir par travailleur. Ainsi, au Pérou, où il n'est pas rare que l'on exploite des mines situées entre 4 000 et 5 200 mètres, les dispositions réglementant la ventilation

dans les mines précisent que ce volume minimal, qui est normalement de 3 m³/mn jusqu'à 1 500 m d'altitude, doit être augmenté de 40 pour cent entre 1 500 et 3 000 mètres, de 70 pour cent entre 3 000 et 4 000 mètres et de 100 pour cent au-dessus de 4 000 mètres. Les brusques changements de température, fréquents dans les régions montagneuses, provoquent parfois des variations de la pression naturelle de ventilation, qui peuvent entraîner une diminution du volume d'air aspiré ou pulsé, voire des renversements du sens de la ventilation d'où résulte un grave risque d'exposition aux poussières et aux fumées.

Le gel des canalisations d'eau constitue un autre danger contre lequel il convient de prendre des précautions, spécialement lorsqu'il s'agit d'eau qui doit servir pour l'abattage des poussières ou la foration humide. Les effets de l'altitude sur les machines de ventilation ne devraient pas être négligés.

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ

Lorsque les travaux d'exploitation minière ou de percement de galeries s'effectuent dans des couches dont la température est élevée, l'air de ventilation, à son arrivée sur le chantier, peut se trouver porté à une température élevée, qui peut avoir pour les travailleurs des effets physiologiques défavorables, accentués encore quand cette température trop haute s'accompagne d'une forte humidité relative.

Dans les mines chaudes, il serait préférable, à cet égard, de ne point libérer d'eau sur les chantiers afin que l'humidité relative y demeure faible. Malheureusement, il est impossible de maintenir l'humidité à un niveau peu élevé lorsqu'on doit utiliser l'eau dans la lutte contre les poussières; aussi doit-on, pour remédier à cet inconvénient, accroître le volume d'air envoyé dans la mine et, lorsque les conditions de travail sont particulièrement pénibles, recourir à la climatisation.

Il est également possible d'atténuer quelque peu l'augmentation de l'humidité en veillant à ce que les galeries et les puits d'aérage restent secs, précaution grâce à laquelle l'air n'entre pas en con-

tact avec de l'eau jusqu'à ce qu'il atteigne les lieux de travail. Il importe aussi de ne pas utiliser des quantités d'eau excessives pour l'arrosage et la foration. Ainsi, dans un pays où des travaux sont exécutés en roche dure dans des conditions qui exigent le recours à l'eau pour la lutte contre les poussières, des études ont montré que la quantité d'eau utilisée peut varier de 50 à 800 l par tonne de roche abattue, sans que la production de poussières en soit modifiée pour autant. On peut en déduire que, dans certains cas, on utilise, pour la lutte contre les poussières, beaucoup plus d'eau qu'il n'en faudrait. En pareil cas, on peut, en réduisant la quantité d'eau utilisée, influencer heureusement sur un milieu de travail par trop humide.

De même que l'excès de chaleur, un froid intense peut accroître les difficultés de la lutte contre les poussières, étant donné l'impossibilité d'utiliser de l'eau lorsque la température sur le chantier est inférieure au point de congélation, fait assez courant dans les mines peu profondes des pays froids. Bien qu'il soit coûteux, le chauffage de l'air est le moyen auquel on recourt parfois pour remédier aux inconvénients dus au froid. Dans les régions où la température ne s'élève jamais au-dessus de 0° C on a parfois pu remplacer la foration à sec avec captage des poussières, par la foration humide avec injection de liquides antigel.

ELIMINATION DES POUSSIÈRES ET DES FUMÉES APRÈS LES TIRS

Il a été question plus haut des dangers que présentent les poussières et les fumées dégagées par les tirs; à ce propos, on a vu que le plus sûr moyen d'éliminer ces poussières et ces fumées est de faire en sorte que l'air provenant de la zone du chantier où des tirs ont été effectués soit évacué à la surface sans passer par des endroits occupés par du personnel. Le danger est particulièrement grand dans les travaux en roche dure, où l'on utilise de la gélignite et de la dynamite, explosifs dégageant des oxydes d'azote qui, outre qu'ils sont toxiques, peuvent, de l'avis de nombreuses autorités en la matière, aggraver dans certains cas les effets de la présence des

poussières dans les poumons, même lorsqu'ils se présentent en quantités infimes.

Les nécessités de l'exploitation rendent parfois difficile, voire impossible, d'éviter que l'air d'aérage, à son retour du front de taille, ne passe après les tirs par des lieux de travail occupés; aussi s'est-on efforcé de mettre au point des installations pour l'élimination des poussières et des fumées par filtration, grâce auxquelles fût assurée dans ce cas la sécurité des travailleurs intéressés.

La première condition que doit remplir une telle installation c'est de pouvoir traiter un grand volume d'air (environ 2,5 m³/s) et de retenir efficacement la grande quantité de gaz toxiques et de poussières nocives dégagés par les tirs. Elle doit également pouvoir fonctionner dans les conditions défavorables que l'on rencontre fréquemment dans les mines, et être en outre d'une utilisation facile.

Un modèle d'installation de ce genre élimine les fumées au moyen d'une solution alcaline de permanganate de potassium mise en contact avec l'air à filtrer par passage sur des lamelles de vermiculite, puis retient les poussières au moyen d'une batterie de filtres à manchons de flanelle. Des résultats satisfaisants auraient été obtenus avec un débit de 170 m³/mn, bien que la teneur de l'air en composés nitreux à la sortie de l'installation atteigne 0,01 pour cent et qu'il soit de ce fait nécessaire d'en abaisser cinq fois la concentration pour la ramener à un niveau admissible.

On trouvera à l'annexe 3 des renseignements détaillés sur la construction et le fonctionnement d'une telle installation.

INSTALLATIONS SOUTERRAINES DE CONCASSAGE DE LA ROCHE

Du point de vue de la lutte contre les poussières, il est préférable que toutes les installations de concassage de la roche soient situées au jour, où les poussières peuvent être aspirées et évacuées selon les méthodes exposées ci-dessus, au chapitre XII. Toutefois, dans certains cas, il peut être indispensable de disposer d'une ins-

tallation de concassage au fond, en particulier lorsque la roche est concassée en vue du remblayage.

Le problème du captage des poussières étant essentiellement le même que dans les installations au jour, il est donc inutile de l'examiner plus à fond dans ce cas particulier, si ce n'est pour ajouter que l'eau ne doit pas être ménagée au cours des différentes opérations de concassage. La principale difficulté réside dans l'évacuation des poussières captées, et c'est à cet égard qu'il y a lieu de prendre des précautions particulières. Rappelons qu'avec les installations au jour, la plus grande partie (en poids) des poussières est aspirée par des capteurs humides, par des cyclones ou d'autres appareils, et récupérée sous forme de boues. L'autre partie, qui se compose de particules fines susceptibles d'être inhalées, est évacuée dans l'atmosphère.

Dans une mine, on ne peut évacuer ces particules fines dans l'atmosphère que s'il est possible de les faire passer directement par une galerie ou un puits de retour d'air, et encore à condition d'être sûr qu'elles ne pourront atteindre une zone où elles risqueraient d'être inhalées par des travailleurs. Aussi les installations de ce genre devraient-elles être situées de manière à être reliées directement à un puits ou une galerie de retour d'air permettant d'évacuer la totalité de l'air qui en sort.

Lorsque cela n'est pas possible, et lorsque l'air sortant de l'installation risque d'être respiré par du personnel, l'installation doit comprendre, outre les cyclones ou des épurateurs par voie humide, un système de filtration permettant d'éliminer les petites particules susceptibles d'être inhalées. A cet effet, on peut utiliser des filtres en tissu ou des capteurs électrostatiques tels que ceux qui sont décrits au chapitre V.

Quant aux particules plus grosses, qui sont recueillies en grande quantité par les installations de ce genre, on peut s'en débarrasser, soit par pompage vers la surface sous forme de boues légères, soit par évacuation sous forme de boues épaisses après malaxage, soit encore en remplissant des sacs en papier que l'on entasse derrière les murs de remblai ou dans les chantiers abandonnés. Dans ce dernier cas, les sacs doivent être indéchirables et remplis

avec soin en atmosphère humide. Ces sacs peuvent servir à améliorer l'étanchéité des murs de remblai.

RADIOACTIVITÉ

Il est un autre facteur dont il faut tenir compte, particulièrement dans l'exploitation souterraine de minerais à haute teneur en uranium, à savoir la présence de poussières ou de gaz radioactifs dans l'air de la mine. Du fait du processus naturel de désintégration radioactive, le minerai d'uranium dégage continuellement un gaz radioactif, le radon, qui diffuse progressivement à travers le minerai et pénètre dans l'atmosphère de la mine.

La désintégration du radon et de ses éléments de filiation produit une série d'éléments radioactifs, dont quelques-uns, solides, émettent des particules alpha. Du point de vue de l'exposition aux radiations, le principal danger pour les travailleurs est l'irradiation des poumons et d'autres organes du corps, consécutive à l'inhalation de ces éléments radioactifs en suspension dans l'air. En général, on considère que la ventilation est le moyen le plus pratique de maintenir l'exposition aux radiations à un niveau admissible.

Dans la plupart des cas, si un système de ventilation satisfaisant permet l'élimination des poussières non radioactives, il permettra aussi d'éviter tout risque de concentrations dangereuses d'éléments radioactifs. Il convient cependant de prendre des mesures de précaution dans les zones où le minerai est particulièrement riche, dans celles où la ventilation peut être insuffisante et où l'air peut stagner, comme aussi là où de grandes surfaces de la veine sont exposées à l'air.

Il convient également de ne pas oublier que l'on peut constater la présence de radon dans des mines autres que celles d'uranium.

CHAPITRE XV

PROTECTION INDIVIDUELLE

Même si les mesures de prévention et de suppression des poussières décrites dans les chapitres qui précèdent sont appliquées dans les mines et les galeries avec le plus grand soin, il est parfois impossible — notamment en cas de panne des installations ou de défaillance du dispositif général de lutte contre les poussières — d'éviter que le personnel ne soit exposé à de fortes concentrations de poussières. Certains travailleurs peuvent être exceptionnellement appelés aussi à pénétrer dans des atmosphères très poussiéreuses, par exemple, lorsqu'un nouveau procédé d'exploitation ou un nouveau modèle de machine sont à l'essai. Enfin, les agents chargés du contrôle de l'aéragé et de l'empoussiérement de l'atmosphère peuvent être contraints de pénétrer dans les installations de filtration et de dépoussiérage ou de les vérifier.

Dans tous ces cas, une protection individuelle doit être assurée. En d'autres termes, tout mineur exposé à une concentration excessive de poussières doit porter un respirateur à adduction d'air pur ou qui filtre convenablement l'air chargé de poussières de l'atmosphère environnante au moment de l'inspiration.

Il semble que la résistance que les travailleurs opposaient naguère encore au port de respirateurs ait faibli récemment, probablement à la suite des très grands perfectionnements apportés à ces appareils. Les respirateurs n'en présentent pas moins tous l'inconvénient de causer une gêne certaine aux personnes qui les portent, en particulier dans les atmosphères chaudes, d'entraver fortement leur activité et d'entraîner une nette baisse de leur rendement. Enfin, il ne suffit pas de mettre des respirateurs à la disposition des travailleurs pour que le risque coniotique s'en trouve

automatiquement réduit: en effet, l'utilité des respirateurs dépend au premier chef de la bonne volonté que l'on met à les porter.

Encore une fois, c'est par les méthodes décrites dans les chapitres précédents qu'il faut s'attacher d'abord à protéger le personnel des mines contre les poussières. Dans certains cas, cependant, la protection individuelle des travailleurs peut être la seule méthode qui permette d'éviter l'inhalation de poussières.

Avant d'aller plus loin, on rappellera que les respirateurs fabriqués pour être utilisés au fond sont de deux sortes: les appareils filtrants et les appareils à adduction d'air.

CONDITIONS AUXQUELLES DOIVENT SATISFAIRE LES APPAREILS FILTRANTS

Les respirateurs doivent être construits de façon à incommoder le moins possible les personnes qui les portent. C'est ainsi que les masques ne doivent pas restreindre le champ visuel, exigence qui revêt une importance particulière dans les mines, où les ouvriers doivent souvent travailler le regard dirigé vers le bas. A cet égard, la position du ou des filtres joue un rôle important. La plupart des masques n'en causent pas moins un certain inconfort ou une certaine gêne, qui doivent être acceptés, toutefois, dans l'intérêt de la sécurité.

Le pouvoir de rétention et la résistance à la respiration sont les toutes premières caractéristiques dont il faut tenir compte lors de l'acquisition de respirateurs. Ces deux caractéristiques devraient être indiquées avec précision dans toutes les spécifications officielles.

Autre point important, l'entretien doit être facile. Tous les respirateurs, en effet, doivent être nettoyés et vérifiés avec soin chaque fois qu'ils ont été utilisés, de sorte que la simplicité de la construction est, à cet égard, primordiale.

Grâce notamment aux connaissances acquises ces dernières années sur les poussières fines, différents modèles de respirateurs à filtre ont pu être mis en usage avec succès. Les appareils de ce genre comprennent essentiellement le masque proprement dit,

qui s'adapte étroitement au visage; un filtre à poussières fines (souvent combiné avec un filtre à plus grosses poussières); une soupape d'inspiration et une soupape d'expiration. Il en existe de nombreux modèles pour l'industrie minière. La planche VIII représente quelques modèles récents conformes aux exigences actuelles.

Essais et homologation

En 1952, une réunion d'experts convoquée par l'O.I.T. a recommandé que seuls les modèles de masques essayés et homologués par un organisme compétent soient utilisés dans les mines. Il n'est guère d'autre moyen, en effet, d'amener les fabricants à construire des appareils qui répondent en tout point aux exigences actuelles.

En règle générale, les appareils devraient avoir les caractéristiques indiquées ci-après. La résistance à l'inspiration ne devrait pas dépasser initialement 20 à 25 mm d'eau pour un débit de 90 l/mn; dans les conditions pratiques d'utilisation, elle ne devrait pas être supérieure à 25 mm d'eau pour une période d'utilisation de moins de quatre heures. La résistance à l'expiration devrait aussi être contrôlée; pour un même débit d'air, elle ne devrait pas dépasser 10 à 12 mm d'eau.

Le pouvoir de rétention devrait aussi être déterminé dans des conditions qui reproduisent les conditions pratiques d'utilisation. Il convient notamment de veiller avec soin à ce que les essais soient valables pour les poussières les plus fines qui, dans les conditions de travail effectives, sont susceptibles d'être inhalées et retenues dans les poumons.

Les appareils soumis à l'homologation devraient faire l'objet d'un examen général portant en particulier sur la manière dont le masque s'adapte au visage (pour donner toujours satisfaction, le masque devra exister en plusieurs formes) et sur son étanchéité pendant l'utilisation.

Construction générale

Les appareils devraient être étudiés de façon à pouvoir être portés pendant une période prolongée en causant le moins pos-

sible de gêne. Ils devraient s'adapter au visage de façon étanche et laisser, une fois en place, aussi peu que possible d'espaces morts à l'intérieur. Ils devraient être assez solides pour ne pas s'endommager quand bien même ils seraient utilisés sans ménagement. Ils devraient être faits d'une matière qui permette de les laver périodiquement, avec un désinfectant au besoin, ou de les stériliser sans les abîmer. En outre, ils devraient être incombustibles et ne pas irriter la peau.

Le poids est également un facteur important. La plupart des appareils pèsent de 100 à 400 g. Un poids excessif étant de nature à retenir encore les travailleurs d'utiliser ce moyen de protection, le poids total de l'appareil, tel qu'il est porté, ne devrait pas dépasser 225 g environ.

La plupart des pays ont établi des normes d'essai et d'homologation qui, dans certains cas, sont plus strictes que celles qui ont été indiquées ci-dessus. Sans vouloir examiner de façon détaillée les essais auxquels les appareils sont soumis, on résumera ici les principaux facteurs dont il faut tenir compte pour les juger :

- a) poids;
- b) caractéristiques du masque: étanchéité, ajustage sur le visage;
- c) absence de gêne imposée au porteur, la peau du visage, en particulier, ne devant pas être irritée;
- d) qualité des soupapes d'inspiration et d'expiration;
- e) évacuation de la transpiration;
- f) espaces morts;
- g) caractéristiques des sangles de fixation;
- h) champ visuel;
- i) construction du filtre;
- j) pouvoir de rétention;
- k) résistance à la respiration;
- l) facilité du nettoyage et de la stérilisation;
- m) solidité et commodité de port de l'étui.

Masque proprement dit

Le masque qui maintient le filtre devant le visage, avec ses soupapes d'inspiration et d'expiration, est fait de caoutchouc, d'une matière synthétique analogue au caoutchouc ou encore de métal léger. Il s'adapte étroitement au visage grâce à une « jupe » spéciale qui en assure l'étanchéité et s'ajuste aux différentes formes de visage de diverses manières (certains masques sont munis de sangles de fixation réglables; d'autres sont d'une matière élastique; d'autres encore sont fabriqués en différentes tailles et munis de différents modèles de « jupes » qui s'adaptent de façon étanche à n'importe quel visage). Le masque passe au-dessous ou au-dessus du menton (la première solution a généralement la préférence) (planche VIII).

Les caractéristiques des sangles de fixation, l'adaptation du masque au visage et la chaleur causée au visage sont autant de facteurs qui influent sur le confort. Il faut encore voir si le masque est d'un usage commode pour les personnes qui portent des lunettes.

Soupapes

Sur tous les respirateurs filtrants modernes, le système à conduite unique, par où se font alternativement l'inspiration et l'expiration, a été abandonné et remplacé par le système à soupapes d'inspiration et d'expiration séparées. Les soupapes devraient présenter une résistance à la respiration aussi faible que possible (la résistance à l'expiration devrait être inférieure à la résistance à l'inspiration). Elles devraient fermer hermétiquement et être faciles à nettoyer. La soupape d'inspiration, qui est généralement en caoutchouc, devrait être aussi élastique, mince et lisse que possible. La soupape d'expiration est, le plus souvent, soit une soupape à clapet de métal léger ou d'une matière synthétique ou de caoutchouc, soit une soupape à feuille de mica à ressort de compensation, soit encore une soupape à bec de canard.

Pour réduire la résistance à l'expiration, on en est venu à munir les masques de deux soupapes d'expiration. Les soupapes doubles

doivent répondre à des exigences plus strictes du point de vue de l'étanchéité que les soupapes simples; elles doivent fermer parfaitement et rapidement, de façon que, pendant l'inspiration, les orifices d'expiration soient obturés de manière absolument hermétique.

Elimination de la transpiration

L'élimination de l'humidité qui s'accumule dans tous les masques étroitement ajustés par suite de la transpiration et de la condensation de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère généralement chaude et humide des mines est assurée de différentes manières. Certains modèles sont construits de façon que la transpiration puisse s'écouler par une soupape d'expiration. Sur d'autres, la partie inférieure du masque est munie, à l'endroit où elle s'applique sur le menton, d'un collecteur qui peut être ouvert et vidé de temps à autre.

Sangles de fixation

L'étanchéité contre le visage et la répartition du poids de l'appareil ne dépendent pas uniquement du masque, mais encore des sangles de fixation. Celles-ci sont généralement en caoutchouc ou en une matière caoutchoutée; elles sont simples ou doubles. Quelle que soit la manière dont elles sont faites, il importe qu'elles soient réglables et qu'elles n'exercent pas une pression excessive sur la tête lorsqu'elles sont serrées.

Filtres

Les masques le plus communément employés sont munis de cartouches-filtres en papier de fabrication spéciale. Les cartouches ont des formes différentes selon les cas, de façon que la surface de filtration soit toujours aussi grande que possible pour des dimensions aussi faibles que possible. Le fabricant doit en outre s'attacher à répondre à deux autres exigences également contradictoires, en ce sens que le masque doit avoir un pouvoir

de rétention aussi élevé que possible tout en opposant à la respiration une résistance aussi faible que possible. Pour donner satisfaction, le filtre doit être fabriqué de telle sorte que son pouvoir initial de rétention soit élevé, mais que le colmatage — et, partant, l'accroissement de la résistance à la respiration — ne se produisent que très lentement, après une longue période d'utilisation.

Pour ce qui est des types de filtre, on trouve les filtres à soufflet, les filtres plissés et les filtres réglables, dont il existe des modèles différents pour les appareils à un seul filtre aussi bien que pour ceux qui en comportent deux (planche IX). Certains masques sont pourvus d'un avant-filtre de laine ou d'ouate de coton qui retient les grosses poussières et empêche le filtre à poussières fines de se colmater tout de suite.

On a noté que la résistance à la respiration s'accroît avec la durée d'utilisation du filtre. Pour réduire au minimum la gêne qui en résulte, les fabricants ont essayé plusieurs solutions. A ce jour, il semble que la plus satisfaisante consiste à munir le masque de deux filtres. Outre que le champ visuel est plus grand, la résistance à la respiration s'en trouve diminuée d'environ la moitié. Quand il s'agit de travailler assez longtemps dans des endroits très poussiéreux, il peut y avoir là un avantage décisif.

On a cherché aussi à éviter le colmatage en utilisant des filtres non rechargeables, qui peuvent être remplacés au besoin par l'ouvrier lui-même. Leur emploi se traduit par une simplification de l'entretien et du nettoyage. Du point de vue de l'hygiène, ils présentent aussi, sur les filtres rechargeables, un avantage particulièrement important lorsque le même appareil doit être porté par plusieurs personnes. Enfin, le porteur de l'appareil peut voir lui-même, lorsqu'il enlève le filtre pour le jeter, avec quelle efficacité les poussières ont été retenues et quelle quantité de poussières il a ainsi évité d'inhaler: c'est là un avantage psychologique qui n'est pas négligeable.

APPAREILS A ADDUCTION D'AIR

Parmi les différents appareils à adduction d'air, le masque à tuyau flexible, qui est l'appareil de protection individuelle le plus simple en son genre, est utilisé au fond dans certains cas. Il est formé d'une poche légère qui s'applique sur le visage et est alimenté par le réseau d'air comprimé. L'air circule devant le nez et la bouche à la pression normale, ce qui permet la respiration (fig. 109).

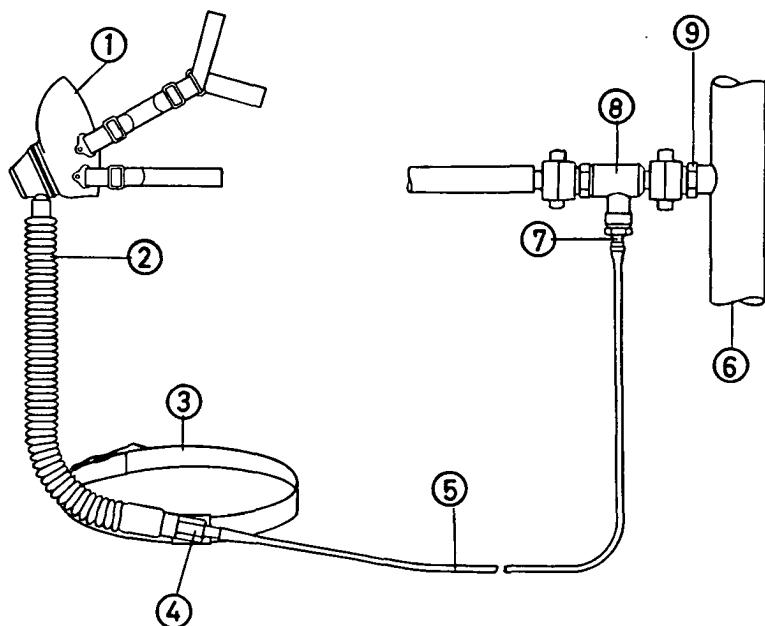


FIG. 109. — Respirateur à adduction d'air.

1: Masque; 2: flexible; 3: ceinture; 4: raccordement; 5: tuyau d'air comprimé; 6: canalisation d'air comprimé; 7: raccord fileté; 8: raccord en T; 9: raccordement à desserrage rapide.

La construction de ces appareils a évolué de plusieurs façons. Certains sont pourvus d'une poche à air montée sur le circuit d'alimentation qui permet de compenser les fluctuations de la respiration. Après décompression, l'air passe dans la poche d'où il est inspiré. Le débit de l'air qui arrive dans la poche est de 120 l/mn, ce qui permet de faire face aux pointes de la respiration. Dans certains bassins miniers, la préférence va aux appareils sans poche à air, qui gênent moins les personnes qui les portent.

Avec les appareils à adduction d'air, la respiration est indépendante de l'atmosphère — l'air fût-il filtré — de la mine. En cela, ces appareils peuvent être particulièrement utiles dans les atmosphères très chaudes. Toutefois, en dépit des avantages qu'ils présentent du point de vue de la protection des travailleurs contre les poussières, ils n'ont d'intérêt pratique que dans des cas spéciaux, sans compter qu'on ne peut évidemment en faire usage que lorsqu'il existe un réseau de distribution d'air comprimé. Un de leurs plus graves inconvénients est de donner au porteur l'impression d'être tenu en laisse par le tuyau d'alimentation, qui restreint fortement, quoi qu'il en soit, le rayon d'action. Ajoutons enfin que l'air comprimé doit être débarrassé de toute trace d'huile pour pouvoir être inhalé, ce qui présente également certains inconvénients. Il peut y avoir intérêt néanmoins à adopter l'appareil à adduction branché sur le circuit d'air comprimé pour les ouvriers qui travaillent toujours au même endroit (aux points de chargement ou de transbordement, ou encore dans les ateliers du fond, pour le nettoyage des machines, par exemple).

ENTRETIEN DES RESPIRATEURS

Le soin apporté à l'entretien des appareils de protection individuelle utilisés dans les mines est, pour les travailleurs, un encouragement non négligeable à les utiliser. Un entretien constant donnera à l'usager l'assurance, d'une part, que l'appareil le protège, d'autre part, qu'il répond aux exigences de l'hygiène. Les ouvriers appelés à porter un respirateur au cours de leur travail

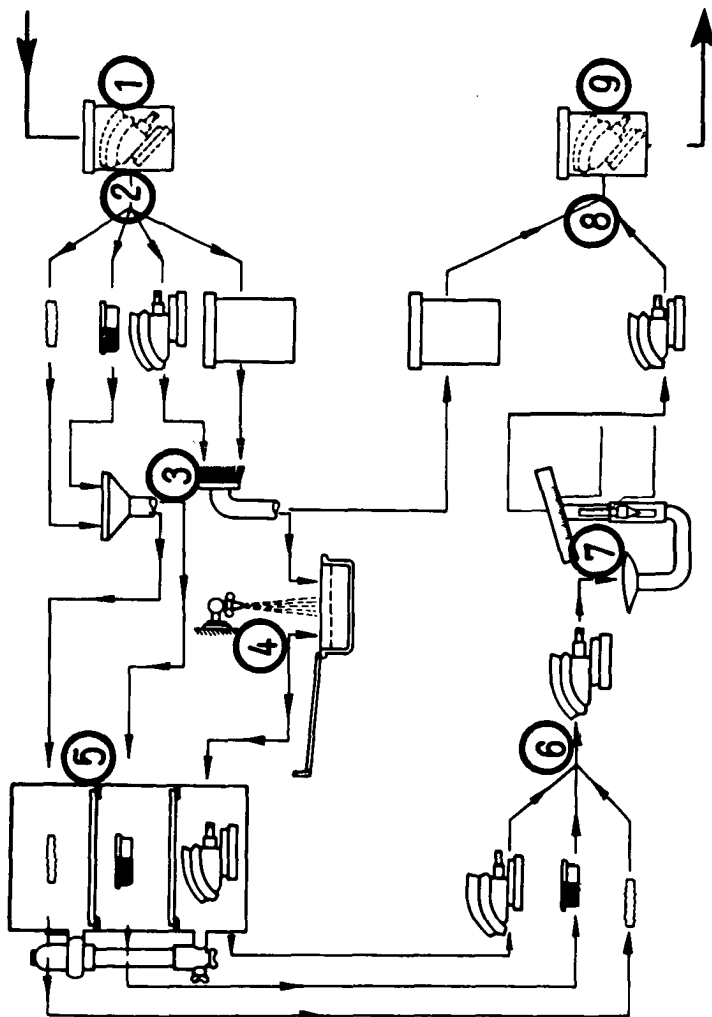


FIG. 110. — Schéma d'un atelier d'entretien des respirateurs.

1 : Réception; 2 : démontage; 3 : nettoyage des filtres; 4 : lavage des différents éléments, notamment des « jupes »; 5 : désinfection; 6 : remontage; 7 : essais de pression et de débit; 8 : remise sous étau; 9 : distribution.

devraient tous avoir leur appareil personnel. Les appareils devraient être marqués de façon bien visible, afin qu'ils ne risquent pas d'être portés par plusieurs personnes. Ils devraient être ajustés avec soin à la forme de la tête et du visage de leur détenteur et s'y adapter de façon hermétique. Ils devraient toujours être fournis et transportés dans des étuis étanches (boîtes de métal ou sacs), d'où ils ne devraient être sortis qu'à proximité de l'emplacement de travail. Pour éviter toute confusion, les étuis devraient être marqués de la même manière que les masques.

L'entretien des appareils respiratoires devrait être confié à une personne compétente. Dans les mines où il en est fait un très large usage, un local d'entretien spécial devrait être réservé à cet effet, à proximité de la lampisterie de préférence. L'aménagement du local devrait comprendre: un râtelier où les masques puissent être rangés; un emplacement de nettoyage (avec eau chaude et froide); un établi où les masques puissent être démontés, nettoyés, puis contrôlés, et où les filtres puissent être changés; enfin, des armoires où les pièces de rechange, le matériel de nettoyage, les livres de contrôle et l'outillage puissent être gardés sous clé. La mine devrait disposer d'un certain nombre de masques de réserve. Lorsque le nombre des masques utilisés est élevé (de plus de trente-cinq à quarante, par exemple), il est recommandé d'aménager une armoire de séchage spéciale. La figure 110 représente, sous une forme schématique, une installation de nettoyage et d'entretien des masques antipoussières. Tous les masques distribués en début de poste devraient être rendus en fin de poste, à moins que les travailleurs n'aient été autorisés à les laisser à un autre endroit.

Nettoyage

Les respirateurs devraient être nettoyés chaque fois qu'ils ont été portés. L'appareil lui-même et son étui devraient d'abord être dépoussiérés au moyen d'un chiffon humide ou à l'air comprimé. Dans le second cas, l'opération doit se faire à proximité d'un capot d'aspiration approprié, et l'air chargé de poussières devrait être évacué par l'installation d'aspiration directement à l'exté-

rieur. Si les étuis sont très sales, ils devraient être lavés, après époussetage à l'air comprimé, dans une eau légèrement savonneuse, rincés à l'eau chaude puis séchés.

Une fois dépoussiérés, les respirateurs devraient être démontés. Toutes les pièces, à l'exception du filtre, devraient être nettoyées à fond avec de l'eau de savon chaude, puis rincées à l'eau courante. Elles devraient être plongées alors quelques minutes dans une solution désinfectante appropriée et être rincées finalement à l'eau claire.

Séchage

Après avoir été lavés, les différents éléments du respirateur devraient être laissés à l'air pour sécher. Ils ne devraient pas être exposés à une chaleur rayonnante ni aux courants d'air, mais séchés dans une armoire spéciale. Pour les pièces en caoutchouc, il convient de veiller à ce que la température reste inférieure à 50° C, afin que le caoutchouc ne devienne pas cassant. Les appareils ne devraient pas être remontés avant que les pièces soient parfaitement sèches.

Emmagasinage

Une fois propres et secs, les respirateurs devraient être rangés, au frais et au sec, dans des placards où ils soient à l'abri des poussières, ou encore dans leurs étuis, jusqu'à ce qu'ils soient de nouveau distribués aux travailleurs. L'atmosphère du magasin devrait être exempte de gaz et de vapeurs qui pourraient endommager les masques ou les filtres. Les appareils devraient être protégés des rayons du soleil et de toute chaleur rayonnante (ainsi, ils ne devraient pas être stockés à proximité d'un calorifère ou d'une installation de chauffage central).

Contrôle des filtres

Pour que la résistance opposée à la respiration par les masques antipoussières et les filtres réutilisables demeure aussi faible que possible le plus longtemps possible, on a intérêt à remplacer assez

souvent l'avant-filtre (dont les masques sont presque toujours pourvus) et à nettoyer le filtre à poussières fines :

a) soit en le brossant ;

b) soit en le battant ;

c) soit en soufflant ou en aspirant de l'air propre à travers le filtre, au besoin à l'aide d'un appareil de nettoyage et de contrôle approprié.

Les poussières retenues dans le filtre devraient être enlevées de façon à ressortir du côté où elles ont pénétré dans le filtre. Si l'on se sert à cette fin d'un appareil de nettoyage et de contrôle spécial, on se conformera aux instructions relatives à l'utilisation de l'appareil. Si l'on nettoie les filtres en les brossant ou en les battant, on le fera devant un capot d'aspiration. L'air comprimé utilisé pour le nettoyage des filtres doit être exempt de toute trace d'eau ou d'huile. Il y a donc intérêt à prévoir un filtre à huile. Les filtres sont parfois désinfectés dans un autoclave avec de la vapeur à 120° C. Outre que cette méthode se révèle en général trop compliquée, elle peut avoir des effets fâcheux sur certains modèles de filtre. Quant à la désinfection des filtres à l'aide de formol, elle n'est pas toujours suffisante. Dans ces conditions, il est préférable, estime-t-on, de changer le filtre lorsqu'il y a lieu. Après le nettoyage, l'étanchéité de la soupape d'expiration devrait être contrôlée.

Les filtres qui opposent une résistance excessive à la respiration devraient être mis au rebut. Pour cela, la résistance devrait être contrôlée chaque fois que le filtre est nettoyé ; on pourra utilement employer à cet effet un manomètre simple. Si la résistance n'augmente pas alors que le filtre a déjà été utilisé plusieurs fois ou si elle est inférieure même à ce qu'elle devrait être, c'est que le filtre est endommagé et qu'il doit être remplacé.

Les appareils endommagés ne devraient pas être réparés par le personnel d'entretien, mais être mis au rebut ou renvoyés au fabricant pour réparation.

SURVEILLANCE

On peut améliorer l'efficacité des respirateurs et réduire les frais en tenant un fichier qui indique, pour chaque appareil: la date d'achat; les dates de passage d'un travailleur à un autre; les dates de désinfection, les dates auxquelles des réparations ont été faites, ou des pièces remplacées.

Le succès des mesures de protection individuelle dépend, au demeurant, de la mesure dans laquelle le personnel en comprend la nature et l'objet. Aussi les travailleurs doivent-ils être informés — c'est là la tâche des agents chargés de la lutte contre les poussières dans la mine — du danger qu'ils courent à inhaler des poussières, et recevoir une instruction sur les respirateurs, qu'il s'agisse d'appareils filtrants ou à adduction d'air. Il s'est également révélé fort utile d'enseigner sur place aux travailleurs le mode d'emploi des filtres non rechargeables, par exemple. Quoi qu'il en soit, il y a lieu d'insister sur la grande efficacité de la protection que le port du masque assure contre les poussières dangereuses dans les conditions où les ouvriers sont appelés à travailler.

CHAPITRE XVI

ÉCHANTILLONNAGE, MESURE ET ANALYSE DES POUSSIÈRES EN SUSPENSION DANS L'AIR

OBJET DES CONTRÔLES

Si l'on veut protéger efficacement les travailleurs contre les poussières en suspension dans l'air, il faut tout d'abord obtenir le plus de renseignements possible sur ces poussières, et, à cette fin, prélever des échantillons de l'atmosphère de la mine afin de mesurer et d'analyser les particules qu'elle contient. Qu'il s'agisse de déterminer les mesures de prévention et de suppression des poussières à prendre à un endroit donné, ou de contrôler l'efficacité de celles qui ont été prises, il faudra toujours mesurer la quantité de poussières en suspension dans l'air et en définir la nature, ainsi que les propriétés chimiques et physiques nocives. Plus précisément, il faudra tenir compte des facteurs ci-après :

- a) concentration des poussières;
- b) caractéristiques des poussières :
 - i) répartition granulométrique;
 - ii) composition minéralogique;
 - iii) forme des particules.

L'échantillonnage, la mesure et l'analyse fourniront des renseignements sur des questions telles que l'exposition générale au risque coniotique dans différentes occupations, l'empoussiérage caractérisant certains travaux miniers, les variations de l'empoussiérage au cours de chaque poste, les roches et les minerais les plus dangereux et l'efficacité des différentes mesures préventives.

Concentration des poussières

La concentration des poussières en suspension dans l'air pouvant être, d'un point de vue pratique, considérée comme étant sans danger au-dessous d'un certain niveau, on s'est efforcé de fixer, pour différentes poussières de mines, des « seuils » universellement acceptables, sans parvenir toutefois à un accord jusqu'ici. La mesure exacte des concentrations de poussières est rendue difficile du fait que l'on utilise à cette fin des critères différents, qui varient selon le type d'appareil employé pour l'échantillonnage. Ainsi, deux des critères les plus courants sont le poids (exprimé en mg/m^3) et le nombre (exprimé en particules par centimètre cube). On comprendra aisément qu'il est difficile d'établir un rapport entre ces deux valeurs, car le nombre des particules correspondant à un poids constant de poussières peut varier très fortement selon leur granulométrie. La superficie des particules fournirait une indication plus utile dans le cas des poussières de quartz, mais elle ne peut être mesurée avec exactitude au moyen des appareils dont on dispose généralement pour l'échantillonnage de quantités importantes de poussières.

On a noté ces derniers temps, dans les techniques de l'échantillonnage des poussières, notamment des poussières de charbon, une nette tendance à considérer le poids comme le critère le plus satisfaisant aux fins des prélèvements effectués régulièrement, à condition, bien entendu, qu'il ne soit tenu compte que des particules susceptibles d'être inhalées qui ne dépassent pas 5 microns.

Répartition granulométrique

Lorsqu'on veut faire des mesures précises, il est important de connaître la répartition granulométrique des particules, donnée malheureusement assez difficile à établir.

Les particules de poussières ayant des formes irrégulières, leur taille ne peut être définie uniquement par leur diamètre. On peut se servir de différents diamètres prédéterminés obtenus par l'exploitation statistique d'un certain nombre de valeurs mesurées. La détermination des dimensions des particules nécessite l'utilisation d'un

microscope optique ayant un pouvoir de résolution d'environ 0,2 micron, ou d'un microscope électronique pour les particules plus petites.

Les dimensions des particules rencontrées au fond s'échelonnent généralement de 0,1 à 100 microns.

La forme des particules est également importante. Des expériences portant sur le comportement de sphères de densité égale à 1 g/cm^3 ont montré que les particules ne pénètrent dans les alvéoles des poumons que si elles ne dépassent pas 5 microns, lorsqu'il s'agit, par exemple, de particules isométriques de quartz, de carbonates ou de pyrites, ou 10 microns dans le cas, notamment, des particules aplaties de mica, de minéraux argileux ou de charbon fortement carbonisé. Relevons également qu'à poids égal, les particules aplaties restent plus longtemps en suspension dans l'air que les particules isométriques, et qu'elles ont donc tendance à se trouver en plus grande quantité dans l'air que ces dernières.

Si on mesure l'empoussièrement de l'air avant inspiration et après expiration, on constate que les particules dont les dimensions sont comprises dans les limites susmentionnées ne sont pas toutes rete-

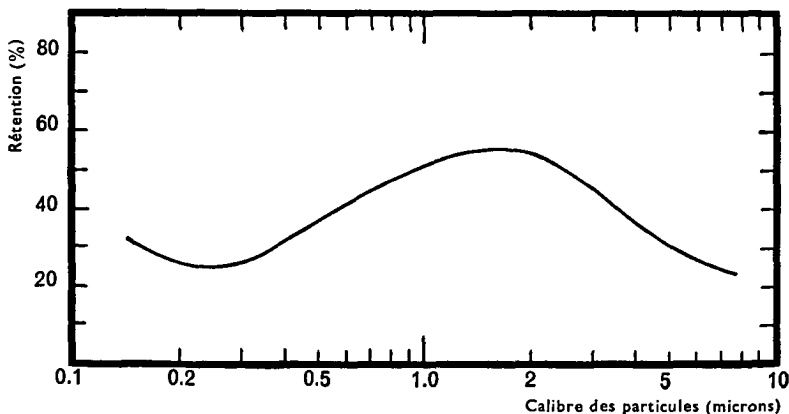


FIG. 111. — Rétention alvéolaire des particules de densité égale à 1 g/cm^3 .

nues dans les poumons, mais que, selon leur taille, une proportion plus ou moins grande d'entre elles est rejetée avec l'air expiré. La capacité de rétention des poumons peut être représentée graphiquement (fig. 111). Ce graphique montre que la capacité de rétention des poumons atteint son maximum lorsque la dimension des particules varie entre 1 et 2 microns environ et qu'elle diminue fortement en deçà et au-delà de ces limites.

D'autre part, avant même que les particules soient inhalées, il se produit une modification de leur répartition granulométrique due à la sédimentation naturelle, qui est fonction, d'une part, de la densité et de la forme des particules et, d'autre part, de la distance à laquelle se trouve la source d'empoussièrement et de la vitesse de l'air. La vitesse de sédimentation, qui atteint son maximum lorsque l'air est immobile, diminue, en ce qui concerne les grosses particules, à mesure que sa vitesse et son agitation augmentent.

Il convient de relever également que les poussières sont composées non seulement de particules isolées, mais aussi, dans bien des cas, d'agglomérats de particules. L'agglomération est due principalement à la force d'attraction s'exerçant entre les particules. Lorsque des particules susceptibles d'être retenues dans les poumons constituent des agglomérats dont la taille est supérieure à 10 microns, ceux-ci peuvent être considérés comme étant inoffensifs. A ce propos, signalons que certains appareils de mesure désagglomèrent les particules, ce qui risque de fausser les résultats obtenus.

Composition minéralogique

Outre la concentration des poussières, leur répartition granulométrique et la forme des particules, il convient de déterminer également leur composition minéralogique, élément particulièrement important du point de vue de l'hygiène du travail. Pour savoir dans quelle mesure les poussières peuvent être pneumoconioogènes, il est essentiel de déterminer leur teneur en silice cristalline, celle-ci étant le principal agent de la silicose.

La silice cristalline comprend le quartz, la tridymite et la cristobalite. Parmi ces variétés, seul le quartz se trouve en quantité appréciable dans les mines de charbon; on le rencontre principalement dans les roches encaissantes, mais aussi en quantités variables dans les veines de charbon. C'est lui le grand responsable de la silicose; les autres minéraux tels que le mica, l'argile, le charbon, les pyrites, l'ilménite, la sidérite et l'ankérite qui, habituellement, n'en contiennent pas sont beaucoup moins dangereux. Toutefois, la présence de quantités même infimes de quartz dans les minéraux en question peut provoquer la silicose ou hâter son évolution, du fait que les particules de quartz, d'une part, se fixent et s'accumulent dans les poumons et, d'autre part, font office de catalyseurs.

Composants non minéraux

Outre les particules d'origine minérale, les poussières des mines contiennent nombre d'autres éléments, notamment des particules de suie, des gouttelettes d'huile et, lorsque l'humidité relative est forte, des gouttelettes d'eau, ainsi que des matières organiques telles que des bactéries et divers micro-organismes, dont quelques-uns sont amenés dans les mines avec l'air venant de l'extérieur. Ces différents éléments ne jouent pratiquement aucun rôle dans l'apparition des pneumoconioses.

Facteurs influant sur l'échantillonnage

Pour déterminer avec précision les caractéristiques de l'em-poussiérage dans une mine, il faut tenir compte du fait qu'en règle générale la composition minéralogique, la structure et la dureté des veines de charbon et du massif rocheux sont loin d'être constantes. Tel est d'ailleurs le cas également pour les conditions d'aéragé et les autres conditions. Comme ce sont là autant de facteurs qui déterminent la répartition granulométrique des particules ainsi que la concentration et la composition des poussières, les prélèvements devraient, autant que possible, être échelonnés sur de

longues périodes, de manière à fournir des valeurs moyennes significatives.

L'appareil de prélèvement idéal serait celui qui, retenant les mêmes particules que les poumons, désignerait celles qui sont les plus dangereuses. Plusieurs chercheurs ont essayé de chiffrer cet effet de sélection; il s'exerce probablement à 100 pour cent dans le cas des particules de 1 micron, puis descend à 50 pour cent entre 3 et 5 microns, pour tomber à 0 pour cent au-dessus de 6 ou 7 microns.

Dans la pratique, tous les appareils présentent des inconvénients. Ainsi, ceux qui sont fondés sur la précipitation par impact ont tendance à disloquer les agglomérats, ce qui fausse les résultats. Il reste en outre à résoudre la question controversée de la limite inférieure, le comptage des particules extrêmement fines étant limité par le pouvoir de résolution des microscopes optiques — qui se situe à environ 0,2 micron —, bien qu'à cet égard certains chercheurs estiment que la rétention alvéolaire diminue dans le cas des particules inférieures à 1 micron, ce qui atténuerait dans une certaine mesure les conséquences fâcheuses de cette limitation des instruments optiques.

Lorsqu'on choisit un système de prélèvement, il faut décider en premier lieu si la méthode de mesure sera fondée sur le poids des poussières en suspension dans l'air ou sur le nombre des particules comprises dans la classe granulométrique jugée dangereuse.

Quoi qu'il en soit, il convient de tenir compte des caractéristiques particulières des différents appareils et procédés de prélèvement. Les différences qui existent à cet égard rendent malaisée la comparaison des résultats. En effet, ce n'est pas seulement le pouvoir de rétention qui varie d'un appareil à un autre, mais aussi la sélectivité. Un exemple permettra de mieux comprendre ce qui précède. Au cours d'une série d'essais, des prélèvements de poussières dégagées par différentes opérations au fond ont été effectués en même temps et au même endroit avec un précipitateur thermique et un conimètre. Ces prélèvements ont donné les résultats suivants :

| Opération | Concentration des poussières (nombre) | |
|-----------|---------------------------------------|-----------|
| | Précipitateur thermique | Conimètre |
| 1 | 1 230 | 182 |
| 2 | 360 | 87 |
| 3 | 440 | 103 |
| 4 | 490 | 85 |
| 5 | 370 | 118 |
| 6 | 350 | 89 |
| 7 | 210 | 66 |
| 8 | 240 | 217 |
| 9 | 380 | 161 |

Il ressort des chiffres ci-dessus que, selon le précipitateur thermique, les opérations 1 et 4 présentaient le plus grand risque pour la santé, tandis que, d'après le conimètre, c'était l'opération 8 qui était la plus dangereuse.

Principes fondamentaux

Le genre de données nécessaires aux fins de la prévention et de la suppression des poussières et la façon d'obtenir ces données sont deux questions qui ont fait l'objet d'une attention particulière, tant au niveau international que dans les différents pays. Le matériel utilisé pour les prélèvements, la mesure et l'analyse des poussières sera examiné plus loin. Les règles générales qu'il convient d'observer en utilisant ce matériel ont été résumées comme suit par différents groupes d'experts:

1. Le prélèvement d'échantillons en vue de mesurer et d'analyser les poussières en suspension dans l'air devrait être effectué à intervalles réguliers dans tous les lieux où des personnes travaillent ou circulent. Les mesures devraient être exprimées sous forme de taux moyens d'empoussiérement pendant une période suffisante.

2. Toute entreprise, qu'elle s'occupe d'exploitation de mines ou de carrières, ou du percement de galeries, devrait établir des instructions portant sur les procédés de prélèvement, de mesure et

d'analyse qu'il convient d'utiliser, sur les endroits et les moments où les prélèvements doivent être faits, ainsi que sur leur périodicité et sur les appareils à employer.

3. Les prélèvements, le comptage, la mesure et l'analyse des poussières devraient être confiés à un personnel spécialement formé.

4. Les résultats de tous les prélèvements, de toutes les mesures et de toutes les analyses devraient être enregistrés et conservés aux fins d'inspection.

Ces différentes questions seront examinées dans les parties pertinentes du présent chapitre.

ECHANTILLONNAGE

A. Appareils

De nombreux modèles d'appareils de prélèvement des poussières sont utilisés dans l'industrie minière et les industries assimilées. Les méthodes employées peuvent être classées en six catégories, suivant qu'elles sont fondées sur :

- a) la sédimentation;
- b) la mesure de certaines propriétés optiques;
- c) la précipitation par impact;
- d) la filtration;
- e) la précipitation électrique;
- f) la précipitation thermique.

En principe, dans la plupart des cas, l'échantillon prélevé ne doit comprendre que des particules susceptibles d'être inhalées et, de ce fait, les appareils de prélèvements devraient être munis de dispositifs de sélection (chambres de sédimentation, par exemple) destinés à éliminer les autres particules. Lorsqu'il s'agit de poussières de chromite ou de minerais d'uranium, il faut souvent effectuer des prélèvements complets, l'effet nocif de ces poussières n'étant pas nécessairement limité aux poumons; les cellules de sédimentation n'ont pas été utilisées jusqu'à présent pour l'échan-

tillonnage des poussières d'amiante, dont les particules, aciculaires, peuvent être longues de 40 microns ou plus.

La description donnée dans les pages qui suivent des appareils utilisés pour l'échantillonnage au fond sera limitée à ceux qui sont le plus couramment employés.

Appareils fonctionnant par sédimentation

Dans les appareils à sédimentation, les poussières se déposent sur des lames ; cette méthode n'est employée que pour des mesures de caractère approximatif. Des lames en verre, vierges ou enduites d'un adhésif tel que la vaseline ou l'huile de bois de cèdre, sont exposées de 1 à 30 mn, selon la concentration des poussières, au courant d'aérage, soit horizontalement, soit en position inclinée. Cette méthode d'échantillonnage suppose des concentrations de poussières assez élevées, un déplacement de l'air aussi réduit que possible et une période de prélèvement prolongée, car, du fait de leur faible vitesse de sédimentation, une proportion restreinte des particules susceptibles de pénétrer dans les poumons se déposent. Aussi cette méthode n'est-elle utilisée que pour une analyse minérale approximative et pour la détection d'agrégats assez gros.

Conduit échantillonneur à fente.

Un autre appareil, le conduit échantillonneur à fente, s'inspire du principe suivant : si un flux d'air laminaire, chargé de poussières, suit un conduit horizontal de section rectangulaire, les poussières s'abattent régulièrement sur le fond du conduit, selon la vitesse de retombée des particules. Grâce à une fente ménagée au fond du conduit, les poussières qui tombent sont recueillies sur une plaque d'échantillonnage tournante, où leur concentration peut être déterminée en fonction du temps. L'appareil peut être utilisé pendant plusieurs jours sans surveillance ; il comporte une pompe à vitesse constante, alimentée par batterie, et peut être doté d'un filtre permettant de recueillir, en vue de leur analyse, la plupart des particules susceptibles d'être inhalées qui ont été captées.

Appareils optiques

Un instrument pratique pour l'échantillonnage et les mesures courants est le tyndalloscope, ainsi appelé d'après le nom du savant Tyndall qui, il y a près de cent ans, se servit de la dispersion d'un faisceau lumineux provoquée par les poussières en suspension pour déterminer la quantité de poussières contenue dans l'air. Le faisceau traverse une chambre aux parois de verre noir, dans laquelle il est dispersé par les particules de poussières. La dispersion s'observe au microscope, sous un angle de 30 degrés. Le faisceau illumine la moitié du champ de l'oculaire: l'autre moitié est éclairée par l'intermédiaire d'un prisme tournant. En réglant les nicols, on peut réduire l'éclairage, ce qui porte les deux champs à égalité de luminance. L'angle de rotation du prisme nécessaire à cet effet est indiqué par un cadran gradué de 0 à 30 degrés, avec une précision de $\pm 0,1$ degré. L'étalonnage s'effectue avec une source de lumière normalisée. Si l'échelle de mesure est dépassée, on peut intercaler des préfiltres qui absorbent la lumière.

L'intensité de la lumière dispersée par les particules inférieures à 1 micron est proportionnelle à leur superficie; cette valeur est plus élevée pour celles dont la granulométrie se situe légèrement au-dessus d'un micron. En outre, les résultats sont influencés par l'indice de réfraction des particules, de sorte que des valeurs différentes apparaissent, par exemple, pour les poussières de charbon et de roche. Certains auteurs ne tiennent aucun compte des dimensions, d'autres expriment ces valeurs en mg/m^3 , ce qui permet une évaluation approximative.

La mesure optique a pour avantage, notamment, de ne pas modifier, pendant l'opération, la condition des poussières; en outre, l'appareil utilisé est d'un maniement facile et la concentration des poussières peut être mesurée directement.

Les brouillards ou les gouttelettes d'eau dispersant, eux aussi, la lumière et risquant ainsi de fausser les résultats, on a conçu un accessoire qui permet de chauffer la chambre à poussières du tyndalloscope.

Cet appareil présente un inconvénient: les résultats obtenus ne sauraient être utilisés en toute confiance si l'on ne possède pas déjà d'autres données sur la composition minéralogique et la concentration des poussières à mesurer. Si l'on peut établir que la composition et la granulométrie des poussières dont on mesure la concentration sont invariables, les chiffres indiqués par cet appareil seront proportionnels au nombre, à la masse et à la superficie des poussières inhalables dont la granulométrie s'établit au-dessus de 0,5 micron.

Dans certaines catégories de roches, les travaux miniers peuvent s'accompagner d'un dégagement de poussières renfermant une proportion plus ou moins fixe de particules fines. C'est ce qui a le plus de chances de se produire dans les roches tendres et l'on a des raisons de croire que tel est souvent le cas pour les poussières de charbon. Cependant, dans les roches dures, telles que les quartzites, le nombre des particules fines sera probablement beaucoup plus variable. Il arrive aussi que les résultats soient faussés par des émanations de fumée de locomotives Diesel, par des brouillards d'huile et par l'eau pulvérisée provenant de marteaux perforateurs au rocher.

Appareils fonctionnant par impact

Dans les appareils à impact, l'air empoussiéré est projeté en jet contre un obstacle. En raison du changement de direction soudainement imprimé au courant d'air, ainsi que de l'inertie des particules, ces dernières retombent et sont recueillies sur une lamelle ou dans un liquide.

Le midget impinger.

Le midget impinger a été conçu aux Etats-Unis et y est largement utilisé pour l'échantillonnage des poussières (fig. 112).

Pour l'échantillonnage, on se sert d'une pompe, actionnée à la main ou électriquement, qui aspire l'air en quantité donnée pendant 10 à 20 mn. L'air sort de l'orifice à une vitesse élevée, vient frapper le fond du récipient, passe dans le liquide qui bouillonne

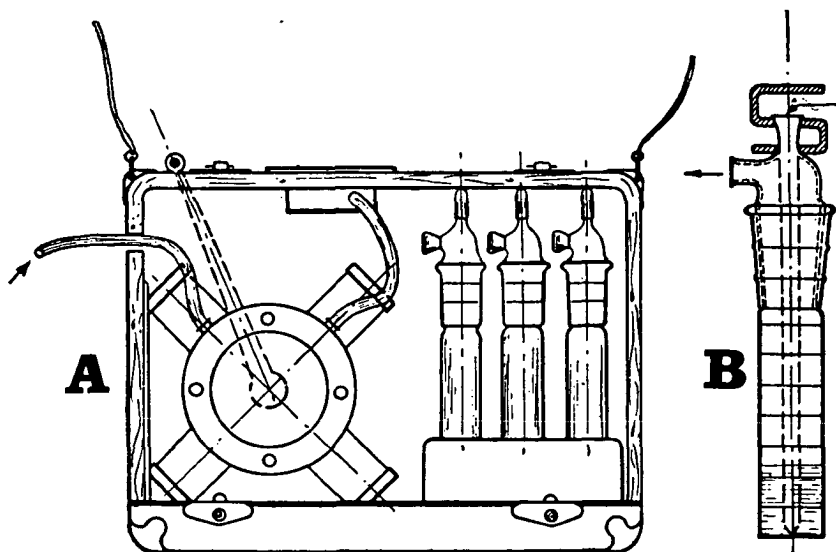


FIG. 112. — Midget impinger.

A: Pompe à air; B: flacon laveur.

fortement, puis sort par le tuyau ménagé à cet effet. Les particules de poussières sont retenues dans le liquide lorsqu'elles frappent le fond du récipient ou qu'elles traversent le liquide. L'air est aspiré à raison de 3 l/mn environ et sort par l'orifice à la vitesse de 60 m/s. La quantité d'air aspirée étant connue, on peut calculer la concentration des poussières par comptage ou par pesée, après évaporation ou filtrage du liquide collecteur. L'appareil perd rapidement de son efficacité pour les particules inférieures à 1 micron et son utilité se trouve de ce fait quelque peu limitée.

En raison de la vitesse d'impact relativement faible des particules, celles-ci risquent moins de se briser ou de se perdre que dans les appareils à précipitation par impact à sec. Toutefois, la désag-

glomération peut se produire dans les mêmes conditions qu'avec le conimètre, ce qui risque d'entraîner une surestimation du nombre des particules en suspension dans l'air.

Le midget scrubber.

Dans le midget scrubber, fondé sur le même principe de l'impact, l'air est violemment agité par un liquide de lavage-barbotage. Celui-ci est aspiré dans une petite chambre cylindrique où se produit une turbulence très prononcée, d'où un lavage-barbotage complet. Le débit d'air est d'environ 6 l/mn; les particules inférieures à 0,2 micron environ ne sont pas captées.

Ces deux appareils ont l'avantage de pouvoir recueillir, au cours d'un laps de temps étendu, des quantités de poussières assez importantes que l'on peut analyser pour en déterminer non seulement la concentration, mais aussi la composition. En outre, la mesure quantitative des grosses particules se trouve facilitée du fait que la vitesse d'aspiration est supérieure à celle du courant d'aéragé; l'inconvénient est qu'il faut ou l'alimenter en air comprimé, ou prévoir une pompe à vide.

Ces appareils sont d'un maniement très délicat. Les poussières en suspension sont désagglomérées de sorte qu'en certaines occasions le nombre des particules trouvé est plus élevé que celui que contiennent en fait les aérosols.

Le pré-impinger.

L'appareil dénommé pré-impinger s'est révélé utile pour l'échantillonnage des grosses particules non inhalables. Son récipient sphérique en verre possède une ouverture de 4 à 6 mm de large, dont l'axe est incliné à 45 degrés. Il est à moitié rempli d'eau, de pétrole ou d'alcool isopropylique. Sa capacité de captage est déterminée par le diamètre choisi pour l'ouverture, le volume d'air aspiré, le liquide de lavage-barbotage et le poids spécifique des particules de poussières. On l'a utilisé avec succès comme sélecteur granulométrique pour le midget impinger et le midget scrubber.

En combinant le pré-impinger et le midget scrubber, on peut trier en fonction de leur granulométrie les poussières inhalables et les poussières non inhalables. On a constaté que les conditions ci-après doivent être réunies pour obtenir le meilleur tri granulométrique:

- courant d'air: 6 l/mn;
- diamètre extérieur de la sphère: 30 mm;
- ouverture de la sphère: 4,2 mm;
- liquide de lavage-barbotage: alcool isopropylique.

Avec ces deux appareils combinés, les particules de poussières précipitées dans le midget scrubber correspondent presque exactement à la répartition granulométrique des poussières au niveau des alvéoles pulmonaires. Lorsque la dimension des particules diminue, le pourcentage des particules de poussières retenues dans le midget scrubber augmente, alors que les particules inférieures à 0,2 micron ne sont pas arrêtées.

Les conimètres.

Le conimètre se compose d'une pompe aspirante qui, fonctionnant par la détente d'un ressort, précipite en jet rapide l'air chargé de poussières contre une lamelle de verre enduite d'une substance adhésive. Cette lamelle peut d'ordinaire se déplacer par rotation, ce qui permet d'effectuer plusieurs échantillonnages. Du fait de leur inertie, les particules de poussières ne suivent pas le changement brusque de direction imprimé au courant d'air et forment, sur le verre, une tache que l'on peut examiner au microscope.

Il existe de nombreux types de conimètres: l'un des premiers a été le Kotzé, mis au point en Afrique du Sud. Ce matériel primitif a été remplacé depuis, notamment par le conimètre dit Witwatersrand, ainsi que par les conimètres Zeiss et Sartorius (*Bergbau-Konimeter*). Notons encore le Haslam, ainsi que plusieurs autres modèles américains et japonais.

Le conimètre présente de gros avantages pratiques pour le travail au fond. Il peut être de construction très robuste et ses

éléments mobiles sont simples, résistants et bien protégés. On peut effectuer sur une seule lamelle un grand nombre de prélèvements sans avoir à ouvrir l'appareil. Le volume d'air prélevé est relativement important, ce qui fait que, même dans le cas de concentrations de poussières faibles, on dispose malgré tout d'un dépôt assez dense pour le comptage. Les dimensions sont pratiques, et, une fois chargé, le conimètre est toujours prêt à l'usage.

En revanche, il présente aussi des inconvénients non négligeables, dont le plus grave est que son fonctionnement et son rendement sont incertains et varient selon les conditions. Les résultats obtenus avec les divers modèles sont très différents. Parmi d'autres inconvénients, citons la désagglomération des agrégats en raison de la vitesse d'impact élevée et la difficulté que présente l'examen des dépôts lourds obtenus avec des concentrations de poussières élevées (par exemple, lors des tirs). En raison de la rapidité d'échantillonnage — 0,1 seconde environ —, les échantillons ne donnent que des valeurs instantanées qui peuvent s'écarter sensiblement des valeurs moyennes. En outre, la quantité de poussières captée dépend dans une large mesure de la nature et de l'épaisseur de la pellicule adhésive.

Si donc le conimètre ne peut guère être employé lorsqu'il s'agit de mesurer les caractéristiques des poussières avec une grande précision, il est fort utile, en revanche, lorsqu'on l'utilise conjointement avec d'autres appareils qui peuvent fournir des indications plus précises sur la nature des concentrations de poussières; de même, il peut être très utile, par exemple, pour déterminer le rapport poussières de roche/poussières de charbon, lors des calculs au tyndalloscope¹.

Le conimètre Witwatersrand se distingue par sa tête et son enveloppe en aluminium résistant (fig. 113). Il comprend un dispositif d'aspiration formé d'un piston en acier, mû par un ressort, qui se déplace dans un cylindre en laiton. Sa capacité est de 5 cm³ et la vitesse de l'air de 75 m/s. Lorsque le piston est relâché, l'air passe par la buse et va frapper une lamelle en verre sur laquelle

¹ Voir ci-après, p. 375.

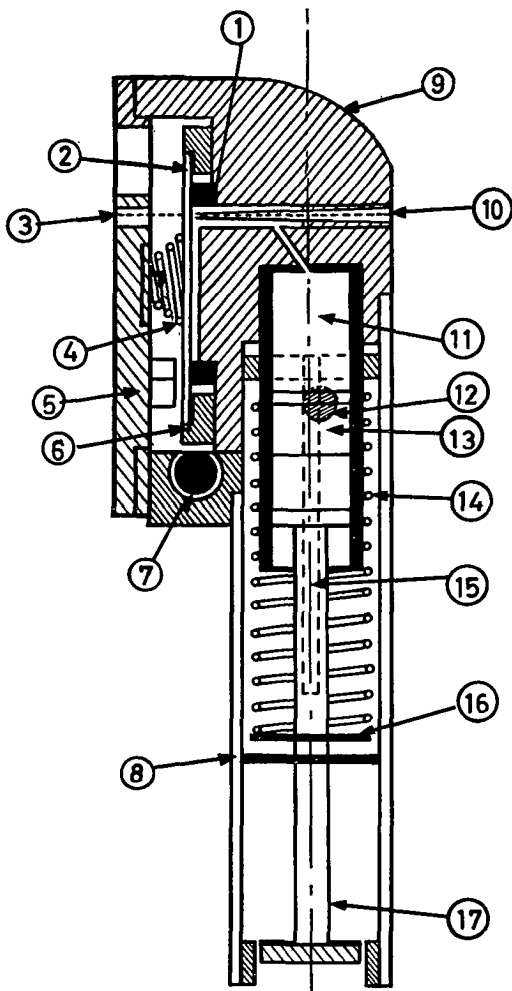


FIG. 113. — Coupe d'un conimètre Witwatersrand.

1: Bague de caoutchouc; 2: lamelle de verre; 3: trou d'inspection du jet; 4: ressort de fixation de la lamelle; 5: plaquette extérieure; 6: porte-lamelle; 7: tige du remontoir; 8: barillet; 9: tête de l'appareil; 10: entrée du jet d'air; 11: cylindre; 12: déclencheur; 13: piston; 14: ressort de piston; 15: tige du piston; 16: guide du piston; 17: poussoir.

les poussières sont retenues et forment une petite tache. L'étanchéité est assurée par une rondelle en caoutchouc qui s'applique contre la lamelle maintenue en position par un couvre-joint et un ressort. Le porte-lamelle est gradué et peut pivoter, de sorte que l'on peut recueillir 50 taches au maximum sans avoir à ouvrir l'appareil.

Le conimètre Zeiss (planche X) en usage dans les mines de la République fédérale d'Allemagne est formé d'une pompe aspirante à ressort, d'une capacité de 1, 2,5 ou 5 cm³, qui projette l'air empoussiéré à une vitesse de 100 m/s environ, sur une lamelle ronde en verre divisée en 30 ou 36 cases que l'on peut amener successivement devant le jet d'air par rotation.

Un autre appareil, le conimètre Sartorius (ou *Bergbau-Konimeter*), également utilisé dans les houillères de la République fédérale d'Allemagne, est doté d'une chambre de sédimentation supplémentaire (fig. 114 et planche X). Cette chambre, ouverte à sa base, recueille l'air empoussiéré. Une fois qu'elle est refermée, on laisse s'écouler pour la sédimentation un temps calculé en fonction de la granulométrie souhaitée (60 secondes pour les particules supérieures à 5 microns). Toutefois, il n'est pas possible de faire un tri granulométrique précis, car des particules plus petites se déposent également en dehors de la zone d'aspiration de la buse pendant cette période d'attente. Les échantillons sont examinés dans les mêmes conditions que lorsqu'il s'agit du conimètre ordinaire.

L'orifice de la buse d'aspiration est rond sur le conimètre Zeiss, et annulaire sur le conimètre Sartorius.

Appareils filtrants

On a employé, et l'on emploie toujours, divers appareils pourvus d'un élément filtrant qui retient les poussières. Celles-ci sont généralement pesées après avoir été extraites du filtre (il s'agit donc d'une méthode gravimétrique). Les appareils filtrants sont souvent utilisés pour recueillir des échantillons aux fins d'analyse minéralogique.

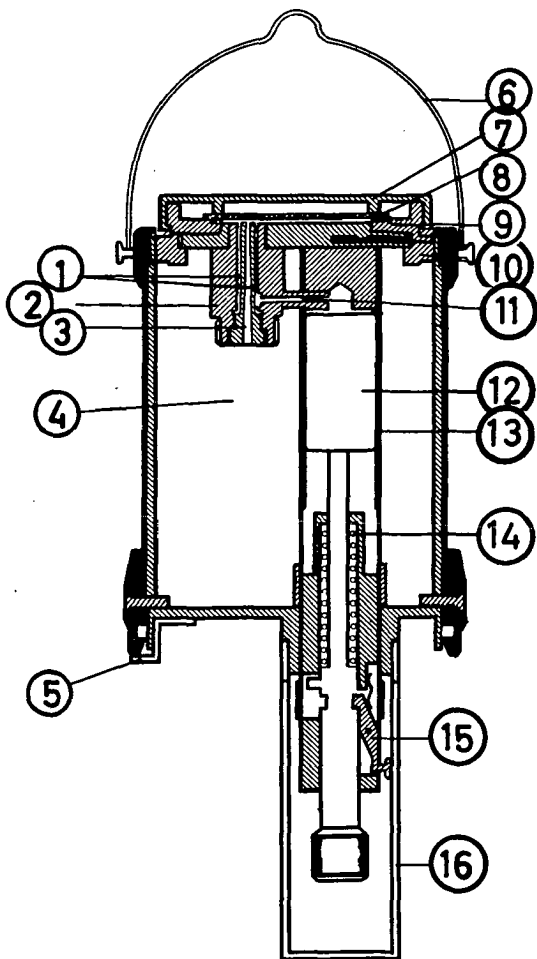


FIG. 114. — *Bergbau-Konimeter.*

1: Canal annulaire d'aspiration; 2: logement de la buse; 3: buse conique; 4: chambre de sédimentation; 5: compteur de prélèvements; 6: anse pour le transport; 7: couvercle; 8: lamelle permettant de recueillir 36 échantillons; 9: bague d'étanchéité; 10: bague de réglage; 11: canal d'entrée du cylindre; 12: piston d'acier; 13: cylindre; 14: ressort de piston; 15: déclencheur; 16: carter.

Il existe de nombreux types d'appareils à filtre dont quelques-uns seulement sont utilisés dans les mines; en effet, les poussières retenues par la plupart des matières filtrantes employées sont difficiles à examiner au microscope et il faut donc se rabattre sur l'analyse pondérale ou le dosage comparatif à l'opacimètre. De plus, ce type d'appareil sous-estime le nombre des particules inférieures à 5 microns. D'autre part, l'analyse minéralogique des poussières ne va généralement pas sans difficultés, car les particules se détachent mal du filtre. Enfin, la résistance du filtre augmente considérablement à mesure que l'empoussiérage croît et sa perméabilité aux particules les plus fines change. Cette méthode de prélèvement se révèle très utile, avec des filtres à membrane, lorsqu'il s'agit de capter des particules radio-actives émettant un rayonnement alpha, car elles ne pénètrent guère dans la membrane du filtre et, de ce fait, il n'y a pas d'auto-absorption du rayonnement.

Appareil de prélèvement Le Bouchet.

L'appareil Le Bouchet est un capteur à filtre au tétrachloronaphtalène soluble dans le benzène. On se sert d'une presse à vis pour donner au filtre l'épaisseur uniforme qui conditionne son rendement, mais qui augmente aussi la résistance opposée au courant d'air. L'air est aspiré à travers un injecteur incorporé. Le débit d'air est mesuré avec un manomètre différentiel; un vacu-mètre indique l'augmentation de la résistance du filtre en fonction de l'empoussiérage, permettant ainsi d'évaluer la quantité de poussières retenue par le filtre.

Capteur CERCHAR.

L'appareil CERCHAR (Centre d'études et de recherche des charbonnages de France) fonctionne selon le même principe que le précédent. Il est pourvu d'un porte-membrane de type perfectionné et ne fait appel à aucune source d'énergie extérieure pour créer le courant d'air nécessaire. Les membranes ont des pores d'environ 0,2 micron de diamètre. Les porte-membranes sont faciles à remplacer, ce qui permet de prélever plusieurs échantillons.

Filtre Göthe.

L'appareil Göthe est un appareil à filtre destiné au prélèvement de grandes quantités de poussières. Il est pourvu d'un filtre de papier en forme de panier qui pèse approximativement 45 g, ainsi que de deux sondes disposées côte à côte (planche X). L'une des sondes laisse passer librement l'air empoussiéré, l'autre est placée en dépression à l'entrée du filtre. Les sondes sont reliées à un débitmètre et servent toutes deux à mesurer la vitesse. L'éjecteur d'air est réglé de manière que l'anémomètre indique zéro. Ainsi, il est possible d'égaliser la vitesse de l'écoulement dans la sonde et celle de l'aéragé.

Filtre Füssel.

Le filtre Füssel est dérivé du filtre à membrane. Il est doté d'une membrane cellulosique ayant un pouvoir d'arrêt élevé, même en ce qui concerne les particules les plus fines. Une quantité prédéterminée d'air est aspirée par une tête spéciale équipée d'un filtre à membrane de 47 mm de diamètre, filtre dont la résistance est contrôlée à l'aide d'un vacumètre. Dans cet appareil, qui peut aspirer jusqu'à 40 l/mn d'air, le vide reste constant et, par conséquent, la quantité d'air aspirée diminue à mesure que la résistance du filtre augmente par suite de son colmatage par les poussières.

Tous les appareils à filtre ci-dessus doivent être alimentés en air comprimé. Il faut généralement compter plusieurs heures pour le prélèvement, de façon à recueillir une quantité de poussières suffisante pour l'analyse minéralogique ou le dosage granulométrique. La quantité de poussières captées varie de 5 à 10 g dans le filtre Göthe; elle peut être inférieure à 1 g dans les deux autres appareils.

Pompe à mercure Zurlo.

La pompe à mercure Zurlo est un appareil filtrant, appelé aussi élu triateur Zurlo, dont le fonctionnement n'est pas tributaire d'une source d'air comprimé: une quantité déterminée de mer-

cure passant d'un récipient dans un autre crée une aspiration correspondant à un certain volume d'air. L'appareil est équipé d'une membrane cellulosique millipore. Il présente l'avantage d'être peu encombrant et facile à utiliser dans toutes les conditions possibles.

Pompe à main P.R.U.

Cet appareil très connu a été mis au point par le Service de recherche sur les pneumoconioses (*Pneumoconiosis Research Unit*) du Royaume-Uni. L'air aspiré à travers un papier-filtre produit une tache dont l'opacité est proportionnelle à la quantité de poussières retenues. On mesure l'opacité avec un opacimètre, en considérant que le pourcentage de lumière arrêté est conditionné par la quantité de poussières déposées. Il est indispensable que les poussières mesurées soient uniformes, car l'instrument est étalonné en fonction des caractéristiques de poussières déterminées.

Les appareils qui fonctionnent selon ce principe étant difficiles à étalonner et les résultats obtenus étant assez peu sûrs, on fait appel à des méthodes plus scientifiques pour les prélèvements courants dans les mines.

Pompe Dräger.

La pompe Dräger, appareil de création plus récente, sert à compter les particules de poussières. Elle consiste en une pompe à soufflet, complétée par un ressort, qui aspire 100 cm³ d'air. Un filtre à membrane est fixé à la pompe par des clips métalliques. Les filtres mesurent approximativement 20 mm de diamètre et sont de structure serrée, le diamètre des pores atteignant environ 0,2 micron. La vitesse de l'air étant relativement faible, les particules de poussières se déposent sur la surface lisse du filtre et ne subissent guère de modifications par rapport à leur état primitif d'aérosols. Les gouttelettes d'eau, de brouillard ou d'huile sont absorbées par le filtre et ne peuvent donc fausser les résultats de

l'examen. On se sert de filtres à membranes verts pour mieux distinguer dans un microscope à éclairage sur fond sombre les particules de charbon de teinte foncée et les particules de roche plus claires.

Filtre Soxhlet.

Le filtre Soxhlet est un appareil de prélèvement très maniable pourvu d'un filtre en forme de dé à coudre qui permet de recueillir de grandes quantités de poussières. Ses trois éléments principaux sont: le récipient à filtre, le débitmètre et la trompe à air comprimé qui produit le courant d'air nécessaire.

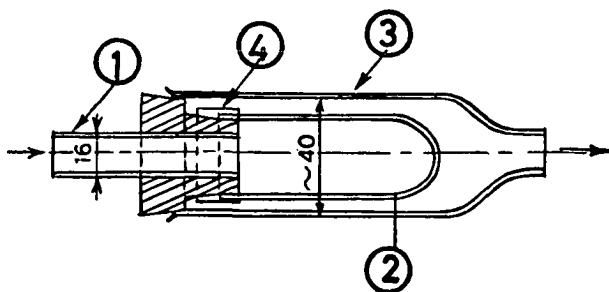


FIG. 115. — Porte-filtre pour filtre Soxhlet.

1: Entrée d'air; 2: filtre; 3: porte-filtre; 4: manchon de fixation du filtre.

Le récipient à filtre (fig. 115) sert de support au filtre, le protège en cours de transport et prévient toute perte de poussières. L'appareil illustré, à débit réglable, est conçu de manière que la vitesse d'aspiration soit aussi proche que possible de celle du courant d'air extérieur; un débit de 700 à 1 500 l/h, facile à mesurer avec un petit compteur à gaz ordinaire, est à conseiller pour une vitesse allant de 1 à 2 m/s.

Appareil de prélèvement à sélection granulométrique Hexhlet.

L'étude du mécanisme de l'élutriation a abouti à la mise au point d'un élutriateur horizontal dont les caractéristiques sélectives sont proches de celles du système respiratoire de l'homme. Dans l'appareil de prélèvement Hexhlet, l'élutriateur horizontal est associé à un dé de Soxhlet qui recueille un échantillon représentatif des poussières inhalées. L'appareil est muni d'une pompe à vide ou d'un éjecteur d'air; le courant d'air nécessaire est produit par un orifice spécial.

En comparant la courbe théorique de pénétration pulmonaire chez l'homme en fonction de la taille des particules et celle de l'élutriateur, on s'aperçoit qu'elles se recoupent bien. Cette sélectivité de l'appareil est intéressante lorsqu'on veut prélever des échantillons en vue de l'analyse de la composition des poussières inhalées au regard de la quantité totale de poussières en suspension dans l'air échantillonné avec d'autres instruments de ce type.

Appareil de Gast.

L'appareil de Gast, portatif, est utilisé dans certaines régions minières pour l'échantillonnage courant des poussières uranifères. L'air, aspiré par une soufflante sans huile à moteur électrique alimenté par une pile, passe sur des filtres en papier épais de 28 mm. Dans cet appareil, le débit d'air est maintenu à une valeur constante pouvant atteindre 14 l/mn, cela pendant une période de 10 mn en général. L'échantillon recueilli est suffisant pour permettre l'analyse chimique.

Appareils continus

Divers appareils de mesure en continu ont été inventés récemment. Ils permettent de contrôler en permanence l'empoussièrement en un lieu de travail déterminé et d'enregistrer avec précision les fluctuations du taux d'empoussièrement pendant un laps de

temps donné. Ces appareils fournissent des renseignements plus complets sur l'empoussièrement et facilitent l'étude du dégagement de poussières associé à certains types de travaux.

La nécessité de disposer d'appareils de prélèvement continu des poussières a été rendue plus pressante par l'accroissement de la productivité et par la concentration des travaux dus à la mécanisation et aux autres progrès réalisés récemment dans les exploitations minières. A cet effet, il fallait un appareil entièrement automatique pouvant fonctionner sans surveillance pendant de longues périodes et dont la bonne marche ne pût être perturbée pendant le laps de temps nécessaire pour l'échantillonnage.

Appareil sélecteur Conicycle.

L'appareil sélecteur Conicycle se caractérise essentiellement par sa tête d'échantillonnage, qui fonctionne selon le principe centrifuge et classe les particules en suspension dans l'air en fonction de leur vitesse d'impact et, partant, de leur granulométrie, lorsqu'il s'agit de particules de forme et de densité analogues. Les particules dont la vitesse d'impact dépasse un niveau prédéterminé ne sont pas retenues; seules les autres, dont la vitesse d'impact dépasse une autre valeur prédéterminée, plus basse, sont captées. Les particules à vitesse d'impact plus faible ne seront recueillies que partiellement et dans une mesure qui peut être calculée. Cet appareil peut donc être conçu théoriquement pour avoir une certaine sélectivité correspondant en principe à la courbe de rétention des poussières de Hexhlet. Il est alimenté par une pile et sa construction est suffisamment robuste pour permettre de l'employer au fond.

Dans la pratique, on observe des écarts dans l'échantillonnage qui sont dus à des variations dans la composition des poussières et dans le rapport poids/nombre des particules. Il faut cependant signaler cet appareil, étant donné les besoins actuels en appareils de prélèvement gravimétrique sélectifs et les avantages que ce mode de prélèvement offre pour l'échantillonnage courant des poussières dans les mines.

Le SIMGARD.

Le SIMGARD (*Safety in Mines Gravimetric Apparatus for Respirable Dust*) a été mis au point par l'Institut de recherche sur la sécurité dans les mines du Royaume-Uni pour recueillir, au cours d'un poste représentatif du fond, un échantillon de poussières inhalables suffisant pour qu'on puisse le peser et en déterminer la composition. Il est autonome.

L'air prélevé passe dans un éluutriateur à plaques parallèles, puis au travers d'un filtre à membrane, le courant d'air nécessaire étant produit par un éjecteur d'air actionné par l'anhydride carbonique provenant de deux bouteilles légères. Une vanne à pointeau et un débitmètre, disposés en aval du filtre, permettent de régler le débit d'air, qui peut atteindre 3 l/mn pendant une période allant jusqu'à douze heures. Le débit d'air reste virtuellement constant jusqu'à ce que le poids de poussières accumulées atteigne 10 mg, valeur en dessous de laquelle la résistance du filtre ne change guère.

L'appareil est enfermé dans une boîte en matière synthétique et pèse environ 5 kg en état de marche.

Précipitateur thermique continu.

Le précipitateur thermique continu, qui fonctionne selon le même principe que le modèle ordinaire, permet d'étaler le prélèvement de l'échantillon unique sur toute la durée d'un ou de plusieurs postes de travail. Il se caractérise notamment par le fait qu'il ne retient pas les particules supérieures à 7 microns. Cet appareil, outre qu'il réduit sensiblement le travail au microscope, aurait, semble-t-il, l'avantage d'éliminer pratiquement le risque de l'occultation de certaines particules par d'autres (voir ci-après, sous « Mesures »). Il remplace progressivement et dans de nombreux cas l'appareil ordinaire pour les prélèvements courants.

Conduit échantillonneur à fente.

Le conduit échantillonneur à fente, qui est également un appareil continu, a été étudié dans la partie consacrée aux filtres à sédimentation.

Précipitateurs électrostatiques

Le principe de la précipitation électrostatique a été décrit au chapitre V. Les appareils échantillonneurs fondés sur ce principe peuvent être utilisés avec profit dans des atmosphères qui ne renferment pas de gaz inflammable et qui ne présentent pas de risque d'explosion. Ils doivent être raccordés à une source d'énergie électrique. Les poussières déposées directement sur des lamelles de verre sont ensuite examinées au microscope. Le rendement de l'appareil est excellent en ce qui concerne les particules de moins de 5 microns.

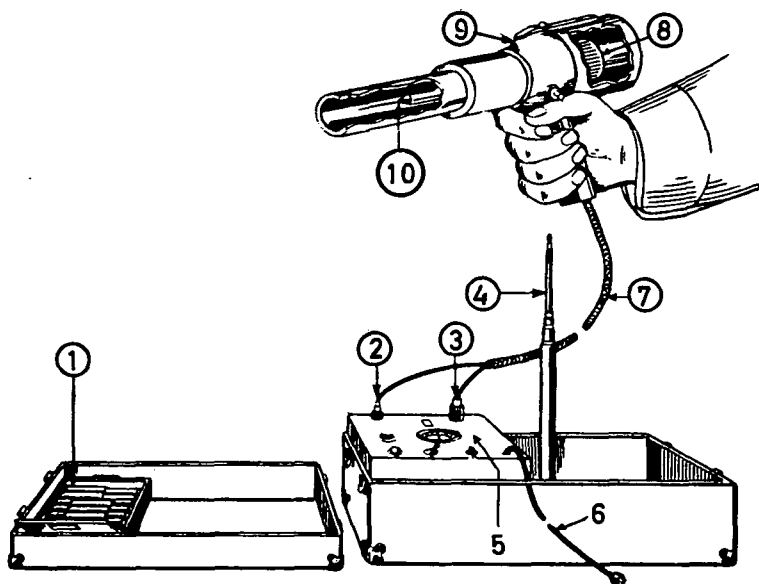


FIG. 116. — Echantillonneur électrostatique.

1: Tubes d'échantillonnage et électrodes; 2: raccordement à la soufflante; 3: branchement à haute tension; 4: tige télescopique; 5: source d'énergie électrique; 6: câble d'alimentation; 7: câble à haute tension (longueur 3,6 m); 8: soufflante; 9: tête d'échantillonnage; 10: électrode centrale avec filament d'ionisation.

Echantillonneur électrostatique.

L'échantillonneur électrostatique (fig. 116) est un modèle bien connu d'appareil fonctionnant sur ce principe. Sa tête d'échantillonnage se compose d'un tube métallique le long de l'axe duquel est fixée une tige également métallique. L'électrode collectrice est constituée par le tube, et l'électrode ionisante par la tige, qui est mise sous une tension continue de 13 à 20 kV. L'air est débité dans le tube à raison de 85 l/mn environ par une soufflante ou un ventilateur électrique. Les particules en suspension dans l'air acquièrent une charge électrique et se déposent sur la face interne du tube sous l'influence du champ électrostatique. La tête d'échantillonnage, composée du tube et du ventilateur, pèse environ 1,8 kg; elle peut être portée à la main ou fixée dans une position quelconque.

Un câble à haute tension raccorde la tête d'échantillonnage à un bloc d'alimentation constitué essentiellement par un transformateur à haute tension branché sur deux tubes redresseurs. Le cas échéant, un prolongateur peut être ajouté au câble.

L'appareil est livré avec des tubes de captage de réserve. Avec la caisse servant à le transporter, il pèse approximativement 13,5 kg.

Balance de Gast.

Dans la balance de Gast, les poussières traversent un champ électrique à haute tension (environ 10 kV) et sont précipitées dans une chambre de précipitation, d'où elles tombent sur une électrode fixée au fléau d'une microbalance enregistreuse. La précipitation dure de 1 à 4 mn, et l'appareil continue à fonctionner automatiquement pendant une période indéfinie. Une petite soufflante à vitesse constante débite un volume fixe d'air dans un laps de temps déterminé. La figure 117 illustre le principe du fonctionnement de cet appareil.

Précipitateur thermique

Le précipitateur thermique, l'un des appareils d'échantillonnage les plus sûrs, peut être utilisé pour prélever des échantillons de particules en suspension dans l'air de tous les types, qu'elles

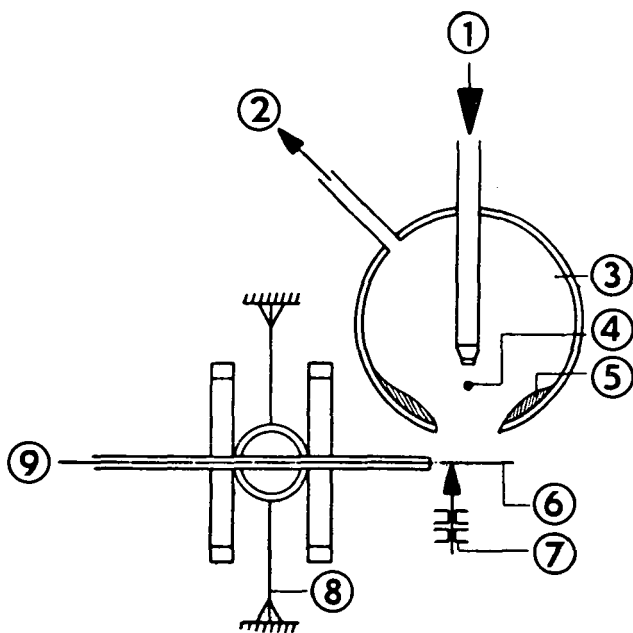


FIG. 117. — Schéma de principe de la balance de Gast.

1: Entrée de l'air empoussiéré; 2: raccordement au compteur à gaz et à la pompe aspirante; 3: chambre de précipitation; 4: filament générateur de champ électrique; 5: couche isolante; 6: plaquette réceptrice; 7: dispositif d'arrêt; ruban tendeur; 8: fléau.

soient organiques ou inorganiques, en faible ou en forte concentration. Dans le cas de particules ne dépassant pas 5 microns de diamètre, et jusqu'aux limites de résolution du microscope optique, son rendement est proche de 100 pour cent. Il se prête aussi bien à l'échantillonnage courant dans les mines qu'aux travaux de recherche et aux études spéciales. Avec cet appareil, il est possible, en outre, de prélever des échantillons en vue d'analyses ultérieures au microscope électronique. Il peut être utilisé dans

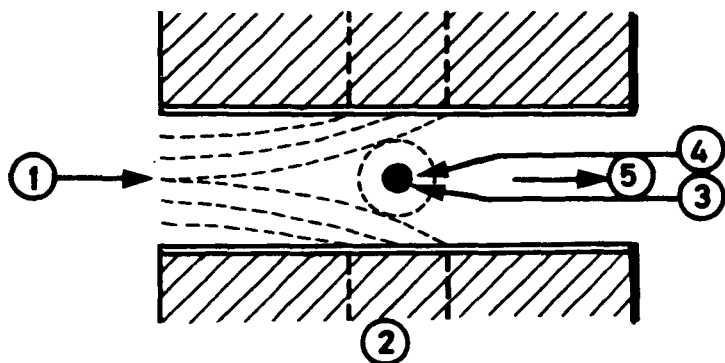


FIG. 118. — Principe du précipitateur thermique.

1: Entrée de l'air empoussiéré; 2: zone de précipitation; 3: fil porté à haute température; 4: zone exempte de poussières; 5: air dépoussiéré.

toutes les exploitations minières, y compris les mines grisouteuses (planche XI).

Le principe sur lequel repose la précipitation thermique est le suivant: il se crée, autour d'un objet porté à haute température, un gradient de température à décroissance rapide qui forme une zone d'ombre dans laquelle les particules fines de poussières ne peuvent pénétrer. La figure 118 montre une application de ce principe, dans laquelle un fil métallique très chaud est tendu entre deux couvre-objets. L'air passe lentement (1,4 m/mn) entre les couvre-objets et sur le fil. Les poussières se déposent sur chaque couvre-objet et en face de la zone d'ombre.

Les poussières captées se déposent dans l'état même où elles se trouvaient quand elles étaient en suspension. Elles ne subissent pas de transformation brutale, à moins qu'elles ne se présentent sous la forme de noyaux de gouttelettes de brouillard, l'évaporation de l'eau pouvant alors influencer sur leurs dimensions et, partant, sur leur nocivité présumée.

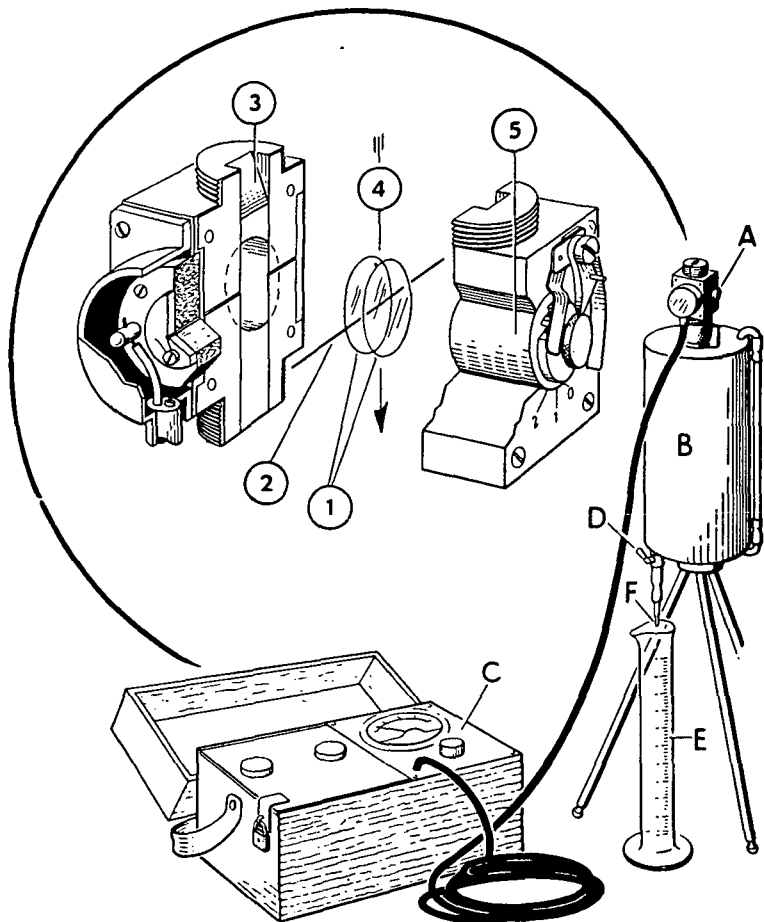


FIG. 119. — Précipitateur thermique.

1: Lamelles de verre; 2: fil chaud; 3: orifice d'aspiration; 4: passage de l'air; 5: dispositif d'aspiration.

La tête *A* du précipitateur, solidement vissée sur le récipient à trompe d'aspiration en eau *B*, est alimentée en courant de 1,2 ampère par la boîte de réglage *C*. Lorsque le robinet *D* est ouvert, l'eau s'écoule dans le verre gradué *E*. L'ajutage *F* règle le débit, qui ne doit pas dépasser 7 cm³/mn. Après le prélèvement de l'échantillon, l'écoulement de l'eau est interrompu et le volume relevé avec précision. Le courant électrique est interrompu, la tête du précipitateur est enlevée et les lamelles de verre sont retirées pour analyse ultérieure au microscope.

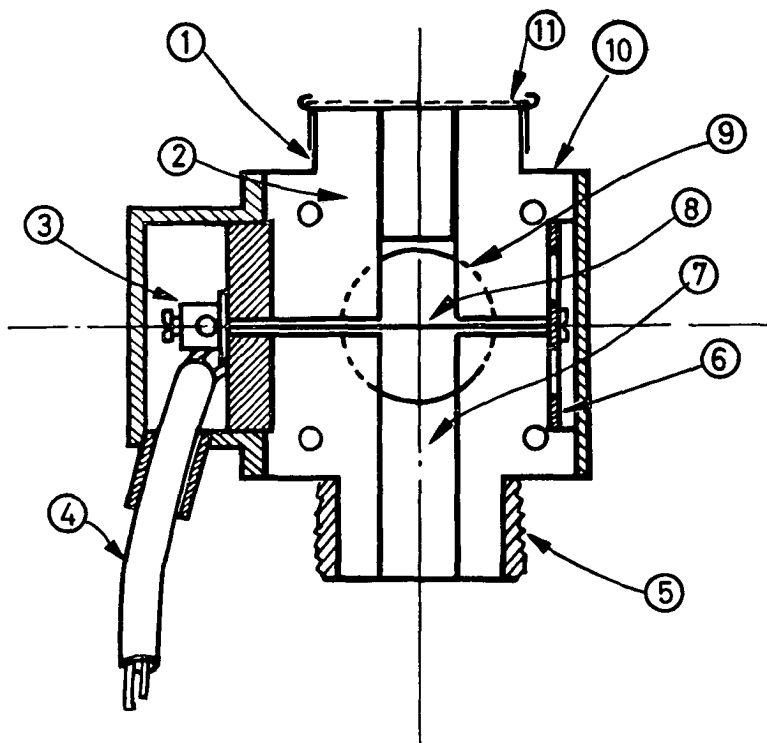


FIG. 120. — Coupe de la tête du précipitateur thermique.

1 : Prolongement cylindrique; 2 : pièces d'écartement en bakélite; 3 : borne électrique isolée; 4 : câble électrique double; 5 : douille filetée; 6 : ressort à languette; 7 : passage de l'air; 8 : fil chaud; 9 : logement des couvre-objets circulaires, 10 : bloc de laiton; 11 : filtre de gaze.

L'élément essentiel de l'appareil (fig. 119) est sa tête d'aspiration (fig. 120), constituée par un cube de laiton composé de deux parties séparées par un isolant de façon à former une fente verticale dans laquelle le fil métallique chauffé électriquement est placé

horizontalement. Des bagues de laiton dimensionnées avec précision maintiennent en position les couvre-objets en venant s'insérer dans deux trous pratiqués dans les deux parties du cube. La partie inférieure se prolonge par une douille filetée raccordée à un dispositif d'aspiration qui produit dans la fente le courant d'air nécessaire. L'appareil est équipé d'une trompe d'aspiration à eau et d'un petit accumulateur qui chauffe le fil à une température de 100° C environ.

Ces divers éléments peuvent être disposés différemment pour mieux adapter l'appareil aux besoins.

Diverses modifications ont été apportées à la tête d'échantillonnage ordinaire. C'est ainsi qu'on se sert de bagues à rochet et de bagues spéciales permettant de prélever des échantillons qui peuvent être examinés au microscope électronique. Les bagues à rochet peuvent être placées dans six positions différentes, ce qui permet d'obtenir six échantillons sur chaque couvre-objet. Grâce à une autre modification apportée à la tête, il est possible de recueillir quatre bandes de poussières formant les côtés d'un carré, et qui ne peuvent donc se chevaucher.

La tête de certains types de précipitateur thermique a été complètement transformée. Il existe un type de tête qui permet de prendre un certain nombre d'échantillons sans qu'il y ait besoin de changer de lamelle. Un autre sert à enregistrer en continu sur une lamelle mobile. Il existe aussi un canal de sédimentation, accessoire très utile, dans lequel l'air aspiré abandonne, avant de pénétrer dans le précipitateur, les particules supérieures à 5 ou 10 microns. On connaît d'autres versions dérivées de cet appareil, dont le précipitateur thermique continu de l'Office national du charbon du Royaume-Uni, le précipitateur thermique Witwatersrand et le précipitateur thermique oscillant, qui répartit la bande de poussières sur une plus grande surface, ce qui facilite leur examen au microscope électronique.

RÉCAPITULATION DES CARACTÉRISTIQUES

| Appareil | Procédé | Paramètres d'empoissilage mesurés ¹ | Granulométrie mesurée | Volume d'air prélevé | Concentration maximale mesurable |
|--|--------------------------------|--|--|----------------------------------|--|
| Tyndalloscope (avec ou sans dispositif de chauffage) | Optique | Hors dimensions ou mg/m ³ | Toutes dimensions ou de < 10 μ à 0,1 μ | Environ 50 cm ³ | Illimitée |
| Conimètre | Impact | p/cm ³ | > 0,2 μ | 1,0, 2,5 ou 5,0 cm ³ | 1 000 p/cm ³ |
| Midget impinger | Impact | p/cm ³ ou mg/m ³ | > 1 μ | Selon convenance | Illimitée |
| Midget scrubber | Impact | p/cm ³ ou mg/m ³ | > 0,2 μ | Selon convenance | Illimitée |
| Midget scrubber associé avec un pré-impinger | Impact | p/cm ³ ou mg/m ³ | de > 5 μ à 0,2 μ | Selon convenance | Illimitée |
| Appareil Le Bouchet | Filtration (filtre soluble) | mg/m ³ | > 0,2 μ | Selon convenance | Illimitée |
| Pompe P.R.U. | Filtration (papier-filtre) | Superficie | > 0,5 μ | 80 cm ³ par passe | Illimitée |
| Filtre Göthe | Filtration (papier-filtre) | mg/m ³ ou p/cm ³ | > 0,5 μ | Selon convenance | Illimitée |
| Hexhlet | Filtration (papier-filtre) | mg/m ³ | < 5 μ | 50 l/mn | Illimitée |
| Pompe Dräger | Filtration (filtre à membrane) | p/cm ³ | > 0,1 μ | 100 cm ³ par passe | 5000 p/cm ³ |
| Appareil à filtre à membrane Zurlo | Filtration (filtre à membrane) | p/cm ³ | > 0,1 μ | 100 à 1 500 cm ³ | 12 000 p/cm ³ |
| CERCHAR 857 | Filtration (filtre à membrane) | mg/m ³ ou p/cm ³ | > 0,1 μ | 200 cm ³ /mn | Illimitée |
| Appareil Füssel | Filtration (filtre à membrane) | mg/m ³ ou p/cm ³ | > 0,1 μ | Selon convenance | Illimitée |
| SIMGARD (S.M.R.E.) | Filtration (filtre à membrane) | mg/m ³ | < 5 μ | 3 l/mn | Illimitée |
| Conicycle | Cyclone | mg/m ³ | 1 à 5 μ (approx.) | 10 l/mn | Illimitée |
| Balance Gast | Electrostatique | p/cm ³ | Totalité de l'échelle granulométrique | Env. 100 cm ³ | Illimitée |
| Précipitateur thermique ordinaire | Thermique | p/cm ³ | > 0,2 μ | Selon convenance | Conditionnée par volume de l'échantillon |
| Précipitateur thermique continu | Thermique | p/cm ³ | 0,2 à 5 μ | 1 000 cm ³ au maximum | Conditionnée par volume de l'échantillon |

¹ p/cm³: particules par centimètre cube.

DE QUELQUES APPAREILS DE PRÉLÈVEMENT

| Echantillon maximal pouvant être capté | Durée du prélèvement | Maniabilité de l'appareil | Poids approximatif de l'appareil | Source d'énergie | Possibilités d'analyse minéralogique |
|--|----------------------|---------------------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|
| — | 1 mn | Bonne | 1,9 kg | Accu. | Néant |
| — | 1 s | Bonne | Env. 2 kg | Néant | Néant |
| 100 mg | Illimitée | Moyenne | Env. 1 kg | Trompe à air comprimé ou pompe à vide Trompe à air comprimé ou pompe à vide Trompe à air comprimé ou pompe à vide | Oui |
| 50 mg | Illimitée | Moyenne | Env. 1 kg | | Oui |
| 50 mg | Illimitée | Moyenne | Env. 1 kg | | Oui |
| 100 mg | Illimitée | Moyenne | 4 kg | | Injecteur incorporé |
| — | 1 mn | Bonne | 2 kg | Néant | Non |
| Quelques grammes | Illimitée | Moyenne | 10 kg | Injecteur incorporé | Oui |
| Quelques grammes | Illimitée | Bonne | 5 kg | Trompe à air comprimé ou pompe à vide Néant | Oui |
| — | 1 à 5 mn | Bonne | 1 kg | | Néant |
| — | 3 à 15 mn | — | 3 kg | Dispositif incorporé d'aspiration par mercure Pile | Limitées |
| Environ 1 mg | 4,5 h max. | — | 4,1 kg | | Limitées |
| 50 mg | Illimitée | Moyenne | 7 kg | Injecteur incorporé | Oui |
| 50 mg | 10 h | Bonne | 5 kg | Bouteille d'anhydride carbonique incorporée Piles incorporées | Oui |
| 100 mg | 8 h | Bonne | 10 kg | | Oui |
| Quelques grammes | Illimitée | Moyenne | 10 kg | Accu. | Non |
| — | 2 à 60 mn | Moyenne | 4 kg | Accu. | Procédés visuels seulement Non |
| — | 8 h max. | Bonne | 10 kg | Accu. | |

Appareils utilisés pour la recherche

Un grand nombre d'appareils de prélèvement de différents types ont été inventés et réalisés dans les centres de recherche spécialisés dans l'étude des poussières. Dans de nombreux cas, ils ont été mis au point spécialement pour fournir des renseignements qu'aucun autre appareil courant ne permettait d'obtenir. On ne trouvera pas dans le présent guide la description de ces divers appareils, qui fonctionnent tous selon l'un ou l'autre des principes exposés ci-dessus.

Certains, comme le conimètre par exemple, existant en plusieurs types qui ne se distinguent guère les uns des autres que par quelques détails, il serait superflu d'en énumérer toutes les versions.

Le tableau des pages 360 et 361 résume les caractéristiques essentielles de divers appareils utilisés pour le prélèvement d'échantillons de poussières.

B. Opérations

Les prélèvements d'échantillons répondent à plusieurs buts: ils peuvent être entrepris soit aux fins d'une étude générale faite dans une mine en vue de l'élaboration des mesures de prévention des poussières, soit aux fins d'une étude déterminée — portant par exemple sur un certain type de fleuret —, soit encore dans le cadre général de la lutte contre les poussières.

Etudes générales

Les entreprises minières qui envisagent de prendre des mesures de lutte contre les poussières devraient tout d'abord faire procéder à une étude générale de l'empoussiérage des chantiers, sur laquelle puissent se fonder les plans. Des informations seront nécessaires sur plusieurs points: quantités de poussières dégagées, caractéristiques des particules; opérations, lieux et matériels qui sont à l'origine des plus forts dégagements de poussières; fluctuations de la concentration des poussières au cours d'un même poste et

d'un poste à l'autre, etc. Les résultats obtenus devraient permettre à la direction non seulement de projeter des mesures efficaces de prévention et de suppression des poussières, mais encore d'élaborer un programme d'échantillonnages réguliers, fondé sur une connaissance exacte de l'évolution dans le temps du taux d'empoussiérement et de la périodicité des « pointes », programme qui permettra de contrôler l'application et l'efficacité des mesures de prévention décidées.

On peut se procurer des données dignes de foi de deux façons :

a) par des prélèvements continus, grâce auxquels on obtient une valeur moyenne sûre à condition que le temps de prélèvement soit assez long;

b) par des prélèvements intermittents, effectués à intervalles réguliers; si la moyenne ainsi obtenue est moins juste, la méthode permet en revanche de suivre les fluctuations de la concentration des poussières.

Avant de mesurer l'empoussiérement, il importe de savoir à quelles fins doivent servir les résultats, quels sont les appareils de mesure et le personnel dont on dispose, quelle est la plage granulométrique à étudier, si la concentration des poussières doit être établie en particules par centimètre cube ou en milligrammes par mètre cube, s'il faut déterminer la répartition granulométrique, dans quelle mesure des analyses minéralogiques sont nécessaires, à quels intervalles les mesures doivent être répétées et si ces mesures doivent être enregistrées de façon qu'il soit possible d'établir une comparaison avec les résultats obtenus par d'autres méthodes de mesure.

Pour que la lutte contre les poussières soit efficace, il faut disposer, nous l'avons signalé plus haut, d'une masse de renseignements sur les poussières dégagées: quantité, composition, répartition granulométrique, etc. Or aucun procédé d'échantillonnage ne permet d'obtenir simultanément tous ces renseignements. C'est ainsi que la méthode fondée sur l'emploi de l'appareil à dé de Soxhlet, l'une des plus précises lorsqu'il s'agit de déterminer le poids des poussières contenues dans un volume d'air déterminé,

ne fournit aucune indication sur la répartition granulométrique, alors que le précipitateur thermique, grâce auquel il est possible de prélever et d'étudier les particules les plus fines, est à déconseiller pour les grosses particules.

Echantillonnages courants

S'il existe maintes catégories de mines, il existe aussi maints procédés d'exploitation, et les conditions de travail différeront largement non seulement en fonction du minéral extrait, mais encore, par exemple, d'une mine de charbon à l'autre. Le dégagement et la concentration des poussières étant loin d'être uniformes dans des lieux de travail et à des moments différents, il n'est guère possible d'énoncer des règles précises valables dans tous les cas. Aussi faudra-t-il se borner ici à présenter quelques observations et remarques d'ordre général, suivies d'une description des méthodes utilisées aux fins des échantillonnages courants dans différentes régions minières.

Les prélèvements courants servent essentiellement à délimiter le risque coniotique auquel sont exposées diverses catégories de mineurs affectés à des travaux différents, et à exercer une surveillance régulière des techniques de lutte contre les poussières qui sont appliquées; il faut donc élaborer des règles pour chaque type de lieu de travail pour lequel ces renseignements sont nécessaires. Ces règles, valables pour une mine ou un groupe de mines où règnent les mêmes conditions, doivent préciser le type d'appareil à utiliser, les endroits (par rapport aux travailleurs ou aux travaux considérés) où les échantillons doivent être prélevés ainsi que la périodicité des prélèvements.

Choix de l'appareil.

L'appareil idéal devrait capter un échantillon représentatif des poussières en suspension dans un milieu donné, sans que les particules ou leur répartition en soient modifiées de quelque façon que ce soit, et permettre d'obtenir rapidement et facilement un résultat juste. Il ne devrait prélever que la partie inhalable des pous-

sières, cela avec la même sélectivité que le système respiratoire de l'homme, et devrait fournir des renseignements valables pour une période de temps assez longue non seulement sur la concentration moyenne, mais encore sur ses fluctuations éphémères. Il devrait être de construction simple et robuste, de façon à pouvoir être utilisé normalement dans les mines, et son fonctionnement devrait être automatique.

Il n'existe pas, à l'heure actuelle, d'appareil remplissant toutes ces conditions. La plupart ont leurs limites de sélection propres, désagglomèrent les poussières et indiquent un nombre trop élevé de particules fines; d'autres sont encombrants, d'un usage délicat, doivent être servis par un personnel spécialisé et ne se prêtent guère en conséquence aux prélèvements courants dans les mines. Le choix est donc des plus limités et il faut se rabattre sur un appareil qui permette de prélever un grand nombre d'échantillons à des endroits différents et dans un laps de temps aussi bref que possible, ou encore sur l'un des appareils de prélèvement continu spécialement conçus pour être utilisés au fond.

Il peut aussi être parfois impératif de disposer de résultats comparables ou de données fondées sur les résultats de prélèvements étalés sur de nombreuses années, si l'on veut parvenir à déterminer l'évolution des conséquences de l'exposition professionnelle aux poussières, d'où la difficulté de remplacer un certain type d'appareil par un autre.

Lieux de prélèvement.

Les prélèvements courants devraient déterminer la quantité de poussières inhalée par les travailleurs sur leurs lieux de travail. Le lieu choisi pour le prélèvement sera donc fonction des déplacements et de l'activité de ces derniers. Des renseignements complémentaires devront être obtenus sur la quantité de poussières présentes dans l'air amené au lieu de travail et dans les retours d'air.

Il ressort des expériences faites que les poussières contenues dans un courant d'air sont très mélangées et que les fluctuations à court terme du taux d'empoussiérage disparaissent rapidement

à mesure que l'on s'éloigne de la cause des fluctuations. C'est ainsi que la concentration de poussières est plus ou moins uniforme sur toute la section d'une voie d'aéragé lorsque la distance de la source d'empoussiéragé dépasse de trente fois le diamètre de cette voie. Cette distance se trouve parfois ramenée à dix fois ledit diamètre lorsqu'il existe dans la voie d'aéragé de fortes turbulences provoquées par des obstacles, des coudes, etc. Tant que la vitesse de l'air ne dépasse par la valeur normale, la concentration des poussières inhalables n'est pas modifiée notablement par le fait que des poussières se déposent jusqu'à une distance d'une centaine de mètres; aussi les échantillons d'air au retour seront-ils prélevés de préférence à une distance de 30 à 100 m de la source d'empoussiéragé ou du lieu de travail.

Le lieu choisi pour les prélèvements d'air amené à un lieu de travail doit être tel que ces échantillons ne puissent être modifiés par les opérations particulières effectuées à ce seul lieu de travail, parmi lesquelles peuvent figurer le transport ou le culbutage de berlines en vue de l'évacuation du produit.

Dans les lieux de travail resserrés, tels que les traçages, ou les chambres (dans les exploitations par chambres et piliers), les échantillons devraient être prélevés, comme sur les autres lieux de travail, à proximité des travailleurs et au niveau moyen d'inhalation. Toutefois, lorsque l'air est amené au front de taille par un canar, les échantillons devraient être prélevés à l'intérieur de ce dernier, à une distance de son extrémité égale à une fois son diamètre. Les échantillons de retour d'air devraient être prélevés à au moins 15 m en aval du point de sortie de l'air frais et en aval de tout travailleur présent. Lorsque le système est du type à aspiration, l'échantillon devrait être prélevé à l'intérieur du conduit d'aspiration.

Périodicité des prélèvements.

La périodicité des prélèvements variera selon la quantité de poussières que l'on trouve habituellement en un lieu déterminé, le nombre de travailleurs occupés à cet endroit et la nature des poussières. Dans de nombreux cas, on prévoit un intervalle allant, selon les circonstances, de un à douze mois.

Outre la quantité de poussières présentes, la fréquence des prélèvements devrait encore varier selon le mécanisme de dégagement des poussières. Lorsque les taux d'empoussiérement enregistrés varient nettement, les prélèvements devraient être plus fréquents, de façon que l'on puisse obtenir, sur les sources d'empoussiérement, des renseignements plus complets que ce ne serait le cas lorsque le niveau d'empoussiérement reste relativement constant.

Données à recueillir.

Toutes les données pertinentes fournies par l'échantillon devraient être enregistrées. En plus de la description du lieu de travail, il convient de noter la nature du travail effectué, la main-d'œuvre employée, le matériel utilisé, la nature de la roche, du charbon ou des remblais (le cas échéant), l'épaisseur de la veine ou de la couche minéralisée, le système d'aéragage, la vitesse de l'air, la quantité d'air débitée, la section de la galerie d'aéragage, la température et l'humidité relative de l'air, les installations de suppression des poussières et l'utilisation de l'eau. Ces renseignements devraient être complétés par un croquis indiquant les points où les mesures ont été faites. L'annexe 5 donne des exemples de formules utilisées pour l'enregistrement de ces données.

Etudes spéciales

Lorsqu'on expérimente au fond un nouveau type de machine de foration ou un prototype d'engin mécanique, il est indispensable d'étudier les caractéristiques de ce matériel du point de vue du dégagement des poussières. Le même genre d'étude est souvent d'ailleurs nécessaire si l'on veut déterminer les conséquences de modifications apportées, en cours de recherche, au matériel de foration ou de captage des poussières. A cet effet, les échantillons de poussières nécessaires doivent être prélevés dans des conditions strictement déterminées et les renseignements obtenus doivent être très précis. Des chambres souterraines spécialement équipées et construites à cette fin sont décrites dans l'annexe 2.

Parmi les problèmes étudiés d'après les échantillons prélevés figurent l'efficacité des moyens de suppression des poussières (tels que l'eau pulvérisée, les brouillards), la forme optimale des ajutages de pulvérisation, les qualités de divers systèmes d'aérage considérés sous l'angle de l'empoussiérement, le rendement de différents appareils de prélèvement, les caractéristiques de divers types de taillant ou de mèche, toujours du point de vue de l'empoussiérement, les techniques de remplacement du tir aux explosifs, etc. Il est parfois nécessaire de délimiter le risque d'empoussiérement découlant d'une opération donnée ou l'exposition totale aux poussières d'un ouvrier affecté à un travail déterminé. On a créé à cet effet des appareils de prélèvement spéciaux qui peuvent être transportés par la personne exposée ou par une autre qui l'accompagne, ce qui permet d'enregistrer continuellement les données relatives à l'exposition aux poussières pendant le laps de temps voulu.

Méthodes appliquées dans certains pays

Les renseignements ci-dessous, fournis par plusieurs pays ayant une industrie minière, concernent les méthodes d'échantillonnage préconisées dans ces pays. Les critères retenus en matière d'échantillonnage courant sont clairement indiqués.

France.

En France, la façon de procéder est la suivante:

1. Des prélèvements doivent être régulièrement faits à des intervalles de temps réguliers au cours des périodes de pleine activité d'un poste, à l'exclusion des pauses (repos ou casse-croûte) et de la période qui suit un tir, à condition que personne ne soit exposé aux poussières qui en résultent.

2. Des prélèvements doivent être faits, couvrant une surface déterminée pour chaque type de chantiers, de la manière suivante:

a) Chantiers en aérage secondaire:

en aérage aspirant: entre le front et l'extrémité avant du canar terminal;

en aérage soufflant: en aval de l'extrémité avant du canar terminal et à moins de 10 m de celle-ci.

b) Chantiers aérés par diffusion:

A moins de 15 m du front et à une distance de l'entrée supérieure à 1,5 fois la largeur de celle-ci.

c) Chantiers de dépilage en aérage primaire:

Dans les allées de travail et, le cas échéant, dans le retour d'air, en aval du lieu principal de travail du dernier ouvrier et à moins de 15 m de celui-ci.

d) Stations de transbordement au fond, en aérage primaire:

En aval de la station et à moins de 3 m de celle-ci.

e) Autres chantiers et retours d'air en aérage primaire:

En aval du lieu principal de travail du dernier ouvrier et à moins de 5 m de celui-ci.

f) Ateliers:

A moins de 5 m des sources de poussières et, s'il y a un courant d'air notable, exclusivement en aval de celles-ci.

g) Chantiers en découverte et à ciel ouvert:

Etant donné la simplicité des mesures de prévention et la facilité de leur mise en œuvre, il n'est pas nécessaire de recourir aux prélèvements.

Méthodes d'échantillonnage.

Dans le cas des prélèvements du groupe 1 ci-contre, le capteur à filtre au tétrachloronaphtalène Le Bouchet doit obligatoirement être utilisé dans les mines.

Le nombre des prélèvements, d'une durée de 15 mn chacun, est de huit au moins pour chaque chantier. Ils sont faits à une vitesse de 20 cm/s (correspondant à un débit de 12 l/mn), le filtre étant perpendiculaire et opposé au courant d'air.

Les filtres sont dissous dans le benzène et, après séparation par sédimentation des particules supérieures à 5 microns, le comptage des particules comprises entre 0,5 et 5 microns est effectué avec un

microscope optique à projection grossissant au moins 200 fois et ayant un pouvoir séparateur de 0,5 micron.

La mesure de la teneur en silice libre est faite par le procédé diffractométrique aux rayons X sur les particules inférieures à 5 microns de tous les prélèvements effectués dans le même chantier.

Dans le cas des prélèvements du groupe 2 (p. 368), l'appareil à membrane à micropores utilisé pour les prélèvements est soit le capteur Le Bouchet à porte-membrane, soit le capteur Cerchar; le diamètre des pores doit être de 0,2 micron environ.

Les prélèvements, au nombre de quinze au moins pour chaque chantier, ont une durée dépendant de la concentration et qui doit être d'au moins 1 mn. Ils sont faits à une vitesse correspondant à un débit d'environ 1 l/mn, la membrane étant perpendiculaire et opposée au courant d'air.

Les membranes sont rendues transparentes et le comptage de toutes les particules comprises entre 0,5 et 5 microns est effectué avec un microscope optique à projection grossissant 200 fois au moins.

La teneur en silice libre est mesurée par le procédé diffractométrique aux rayons X sur les particules inférieures à 5 microns d'un prélèvement effectué spécialement à cet effet.

Royaume-Uni.

Au Royaume-Uni, on a jugé qu'il n'était guère possible de mesurer l'empoussiérage auquel est exposé chaque travailleur du fond ou un groupe de travailleurs du fond choisi au hasard, et qu'il fallait se contenter, dans la meilleure des hypothèses, de déterminer le niveau général d'empoussiérement et ses variations à long terme. On se préoccupe uniquement des particules fines (de 0,5 à 5 microns), dont la vitesse de sédimentation est faible et dont une petite partie seulement est abattue lorsque l'air passe sur un front de charbon. Une bonne partie des poussières est entraînée, en fait, sur de longues distances dans les voies de retour d'air. Il est fort probable que la plus forte concentration de particules fines et, partant, le plus grand risque

coniotique se situent au retour du front. Cela étant, on place généralement un précipitateur thermique à moins de 4,5 m du retour d'air et au niveau de la zone de respiration du travailleur. Bien qu'assez peu facile à transporter, ce précipitateur est d'un emploi plus aisé et donne des résultats plus uniformes et plus sûrs lorsque les échantillons sont prélevés dans le retour d'air et à quelque distance du front. On recueille normalement huit échantillons à des intervalles assez réguliers et pendant toute la durée effective du travail d'un poste donné; il convient de les prélever sur chaque front de taille au cours de chacun des trois postes et à intervalles de trois mois. La pompe P.R.U., qui était naguère utilisée pour le prélèvement régulier d'échantillons mensuels sur chaque front a maintenant été remplacée, dans une large mesure, par le précipitateur thermique.

Pendant le traçage en roches dures, l'empoussiérage a toutes les chances d'être à son maximum pendant la foration et le chargement, ainsi qu'après les tirs. Les prélèvements au précipitateur thermique doivent commencer dès que les travaux sont bien en route et se poursuivre jusqu'à leur fin. Deux échantillons obtenus à l'aide d'un précipitateur thermique suffisent parfois, pour autant que les mesures de suppression des poussières sont efficaces, pour donner une vue précise des taux d'empoussiérement; avec le conimètre, on prélève généralement les échantillons à des intervalles de 1 mn pendant la période critique. Les prélèvements doivent être faits aussi près que possible des travailleurs. Pendant le chargement, les prélèvements au précipitateur thermique ou au conimètre sont effectués à intervalles réguliers et pendant toute la durée de l'opération.

En ce qui concerne les points de prélèvement, on retient généralement les suivants:

a) Longues tailles:

- i) Chargement: un point fixe situé à proximité du retour du front, sur le front lui-même ou dans la voie.
- ii) Havage: un point fixe situé sur le front et près du retour.
- iii) Découpage ou remblayage: un point fixe situé à 9 m au

moins en aval aérage des travailleurs qui se trouvent aux endroits où la concentration de poussières doit être mesurée; en cas d'impossibilité, on choisit un travailleur au hasard et on prélève les échantillons aussi près que possible de lui.

b) Fronts moyens en taille ou chambre:

Les prélèvements sont faits, quelle que soit l'opération, à proximité d'un travailleur choisi au hasard et près du retour du front.

c) Traçages:

Un point fixe à environ 9 m de l'extrémité avant du canar et à moins de 27 m du front. Toutefois, lorsque l'aérage est du type aspirant ou à « recouvrement ordinaire », le prélèvement est effectué à proximité d'un homme choisi au hasard parmi ceux qui travaillent au front.

d) Stations de transbordement et de chargement:

A des endroits situés à une distance de 14 à 27 m en aval aérage des stations de transbordement ou de chargement.

République sud-africaine.

Dans la République sud-africaine, les règlements disposent que des prélèvements doivent être effectués au moins tous les trois mois dans chaque chantier des mines d'or. Les prélèvements courants sont faits avec un conimètre.

Dans les mines de charbon, des échantillons sont généralement prélevés au fond:

- 1) pendant le havage;
- 2) pendant la foration;
- 3) pendant le chargement;
- 4) pendant le purgeage et l'arrosage après les tirs;
- 5) pendant les opérations de chargement mécanique;
- 6) dans l'air amené aux chantiers;
- 7) dans les retours d'air provenant des chantiers;
- 8) au cours d'opérations diverses.

Dans les installations et ateliers du jour, les échantillons sont prélevés aux endroits où sont effectués des travaux entraînant un dégagement de poussières.

Au fond, le préposé à l'échantillonnage étudie d'abord la séquence normale des opérations sur le chantier, de façon à obtenir par la suite une série d'échantillons correspondant au travail effectué. Ces échantillons sont prélevés dans l'arrivée d'air principale ou dans les arrivées d'air secondaires selon le cas. Les indications suivantes devraient être enregistrées:

a) Opérations:

- i) laps de temps écoulés, d'une part, entre le tir et le retour des travailleurs et, d'autre part, entre le tir et le début du prélèvement;
- ii) emplacement de la saignée pratiquée dans le front du charbon: au toit, à mi-hauteur ou à la base;
- iii) emplacement des trous forés dans le front du charbon: en haut ou en bas;
- iv) état hygrométrique du charbon au moment du chargement et chargement lui-même (mécanique ou manuel);
- v) détails sur la machine elle-même, la conduite d'eau et l'alimentation en eau lorsque des machines à percussion sont utilisées pour forer dans des roches dures;
- vi) type de charbon extrait;
- vii) méthodes de suppression des poussières appliquées;
- viii) personnel employé sur place;
- ix) hauteur et largeur des fronts de taille;
- x) séquence des opérations;
- xi) types de machine utilisés.

b) Aérage:

- i) vitesse de l'air et débit; on se sert d'un pot fumigène pour déterminer la direction des courants d'air et mesurer la vitesse de l'air tant qu'elle ne dépasse pas une faible valeur;

- ii) températures relevées aux thermomètres sec et humide;
 - iii) indications fournies par un katathermomètre humide;
 - iv) distance qui sépare les lieux de prélèvement du courant d'air principal (méthodes par chambres et piliers, fronts non placés dans le courant d'air principal);
 - v) tout système particulier d'aérage et détails sur les toiles d'aérage, les ventilateurs auxiliaires et les canars d'aérage.
- c) Distribution d'eau:
- i) pression de l'eau;
 - ii) diamètre du flexible à eau;
 - iii) provenance de l'eau.

MESURES

La concentration des poussières dans l'air peut être exprimée par trois paramètres: le poids, le nombre et la superficie des particules.

Le dosage gravimétrique, qui est la méthode la plus rapide, la plus sûre et la plus précise, peut être effectué par un personnel sans formation spécialisée.

La mesure du nombre et des dimensions des particules permet d'obtenir des informations supplémentaires, puisque le comptage donne des estimations de la masse et de la superficie de ces particules. Or le comptage est une méthode fastidieuse et qui prend beaucoup de temps. La précision des résultats qu'il donne varie selon la technique appliquée et l'habileté du travailleur chargé de l'opération.

La superficie réelle des particules en suspension dans l'air est extrêmement difficile à mesurer. Il est cependant possible de chiffrer rapidement certains phénomènes conditionnés par la superficie, à partir desquels celle-ci peut être calculée rapidement; aussi ce procédé de mesure a-t-il été adopté dans quelques centres miniers.

Appareils optiques

Dans le cas du tyndalloscope, on tient l'appareil dans le flux d'air de sorte que les poussières puissent pénétrer librement dans la chambre de sédimentation. Ensuite, on ferme la chambre, et le rayon lumineux de référence, dirigé sur les particules de poussières, éclaire la moitié du champ de vision observé dans l'oculaire. L'égalité de luminance avec l'autre moitié est obtenue par rotation du bouton gradué de l'analyseur. De 10 à 20 s après, on procède à une seconde lecture sans bouger l'appareil. L'abaque fourni avec chaque appareil ou des tables appropriées permettent de déterminer la concentration de poussières correspondant à l'angle de rotation de l'analyseur. La première lecture donne la concentration totale des poussières, la seconde la concentration des poussières d'une taille inférieure à 5 ou 10 microns. Les lectures doivent être répétées à intervalles de 1 ou de 2 mn.

Un appareil à cellule photo-électrique est employé pour l'examen des échantillons prélevés dans les mines de charbon avec un précipitateur thermique modifié. Cet appareil mesure la quantité de lumière masquée par les particules déposées sur une lamelle de verre. Le précipitateur thermique utilisé est muni d'un éluutriateur dans lequel se déposent les particules de taille supérieure à 10 microns. Dès qu'un résultat semble anormal ou sujet à caution, il faut le vérifier par comptage et granulométrie des mêmes échantillons effectués de la façon ordinaire. Cette méthode, rapide et simple, sur les résultats de laquelle l'échantillonneur n'a aucune influence, est utile pour mesurer l'empoussiérage relatif.

Echantillons prélevés au moyen d'appareils à impact

Midget impinger et midget scrubber.

Le midget impinger et le midget scrubber doivent être remplis avant usage d'un liquide collecteur (eau, pétrole ou alcool isopropylique) jusqu'au niveau prescrit. Lorsqu'il s'agit de recueillir des particules de charbon, on utilise de préférence, en raison de

leur bon pouvoir mouillant, les deux derniers de ces liquides. On fait aspirer à l'appareil la quantité d'air désirée en réglant la pompe de manière qu'elle fournisse le vide requis (environ 30 cm de colonne d'eau). Ce chiffre est déterminé par un calibrage préalable effectué au moyen d'un compteur à gaz. La durée de l'opération dépend de la teneur en poussières du volume d'air aspiré et de la quantité de poussières que l'on veut recueillir. En règle générale, elle varie d'une demi-heure à plusieurs heures. Le liquide contenu dans l'appareil doit être maintenu à un niveau constant. L'examen de l'échantillon peut s'effectuer par comptage ou par pesée des particules. Pour le comptage, le liquide de captage est versé de l'appareil dans un flacon laveur. L'appareil est soigneusement rincé avec le même liquide et le flacon laveur doit contenir après cette opération un certain volume de liquide (généralement de 25 à 50 cm³). Le liquide est transvasé en partie dans une cuvette Sedgewick-Rafter profonde de 1 mm où on le laisse reposer de 20 à 30 mn; on procède ensuite à la numération en recourant à l'éclairage ordinaire sur fond clair. Cinq numérations doivent être faites au fond de la cuvette partagée en sections de 0,05 mm². Il faut prévoir deux cuvettes pour chaque échantillon. On multiplie le nombre de particules par le rapport entre le volume du liquide examiné et le volume total contenu dans le récipient, et on divise le résultat par le volume d'air prélevé.

Pour la pesée des échantillons, les liquides chargés de poussières sont aspirés dans un creuset en porcelaine où on les laisse sécher, après quoi on pèse le reste avec une balance d'analyse au dixième de milligramme.

Pour déterminer le pourcentage de particules de charbon, on peut procéder ensuite à l'incinération des poussières.

Usage d'un pré-impinger.

Le récipient sphérique du pré-impinger est rempli jusqu'à mi-hauteur du même liquide collecteur utilisé dans le midget impinger ou dans le midget scrubber, en amont duquel il est généralement placé. Ce récipient doit rester parfaitement immobile pendant

l'opération, faute de quoi le liquide qu'il contient risque de passer, avec les poussières, dans le récipient suivant. Il importe tout particulièrement de régler avec précision le volume d'air aspiré, de façon qu'il soit toujours constant, car la vitesse d'aspiration conditionne en partie la limite de séparation des particules à précipiter. Le liquide laveur contenu dans le pré-impinger doit rester toujours au même niveau; aussi faut-il en rajouter souvent, surtout lorsqu'il est volatil.

Conimètres.

La plaque du conimètre est recouverte avant usage d'une substance adhésive: gelée de glycérine, huile utilisée en microscopie, baume du Canada ou vaseline. On se sert pour les mesures quantitatives d'un mélange composé de 1 g de vaseline et de 100 cm³ de tétrachlorure de carbone, qui donne des résultats satisfaisants. La substance adhésive peut être appliquée au pinceau fin ou, si elle est en solution, versée sur la plaque inclinée, l'excédent de liquide s'écoulant dans un récipient de forme spéciale. Il importe au plus haut point que la substance adhésive soit appliquée selon les prescriptions, car toute variation de l'épaisseur de la pellicule déposée risque de fausser les résultats. C'est là un inconvénient majeur de cet appareil; aussi convient-il d'adopter une méthode normalisée pour ce genre d'opération.

Les lamelles ainsi préparées sont ensuite mises en place dans l'appareil, qui est alors prêt à l'usage. Au moment de procéder au prélèvement, on enlève le chapeau métallique placé sur la buse d'aspiration et on règle le débit de la pompe sur le volume d'air désiré (1, 2,5 ou 5 cm³). L'appareil est placé perpendiculairement au courant d'air, l'orifice étant dirigé, si possible, vers le bas pour ne pas être masqué par l'appareil. Avant de procéder au prélèvement, il faut manœuvrer plusieurs fois le piston de la pompe pour débarrasser la buse de toute poussière étrangère qui pourrait s'y être déposée. En cas de forte concentration des poussières, il vaut mieux augmenter l'intervalle entre les taches de poussières déposées sur la lamelle, de manière à prévenir toute superposition

des particules. Avant le comptage des poussières, il faut enlever la pellicule de vaseline (voir sous « Examen des particules »). Les examens sont faits au microscope de laboratoire ou au microscope à projection.

Le *Bergbau-Konimeter* peut être tenu à la main ou suspendu. Avant la manœuvre de la pompe, la cellule de sédimentation doit être élevée avec précaution jusqu'à ce qu'elle soit au repos; un intervalle de 1 mn est nécessaire pour que les particules supérieures à 5 microns puissent se déposer en dehors de la zone d'aspiration de la buse.

L'examen au microscope se fait avec un objectif de 16 mm grossissant 150 fois et avec un éclairage sur fond sombre. Dans ces conditions, la limite de visibilité est proche de 0,2 micron. Le comptage s'effectue avec un oculaire de type spécial sur lequel sont gravés un réticule et deux secteurs de 18 degrés (fig. 121). Le nombre de particules relevé dans les deux petits secteurs correspond au dixième de la quantité totale de poussières présentes; en multipliant ce nombre par 10 et en divisant le résultat par le volume d'air aspiré par la pompe, on obtient le nombre de particules par centimètre cube. Il est préférable dans ce cas également, de tenir compte uniquement des particules dont la taille varie de 0,5 à 5 microns.

Certains auteurs, mettant en doute la validité des résultats obtenus avec cette méthode, ont recours à l'éclairage sur fond clair. Dans ce cas et avec un grossissement de 150, la limite inférieure de visibilité s'établit à environ 1 micron.

Les échantillons recueillis avec le conimètre ne donnent que la valeur instantanée de la concentration des aérosols. Pour déterminer la concentration moyenne, il faut prélever lesdits échantillons pendant un laps de temps prolongé et à des intervalles de 1 à 3 mn. En tout état de cause, il faut prévoir au minimum trois passes pour chaque échantillon.

Les particules de charbon que renferment les échantillons captés dans les charbonnages peuvent être éliminées, si besoin est, par incinération; un deuxième comptage permet alors de déterminer le pourcentage de particules de roche.

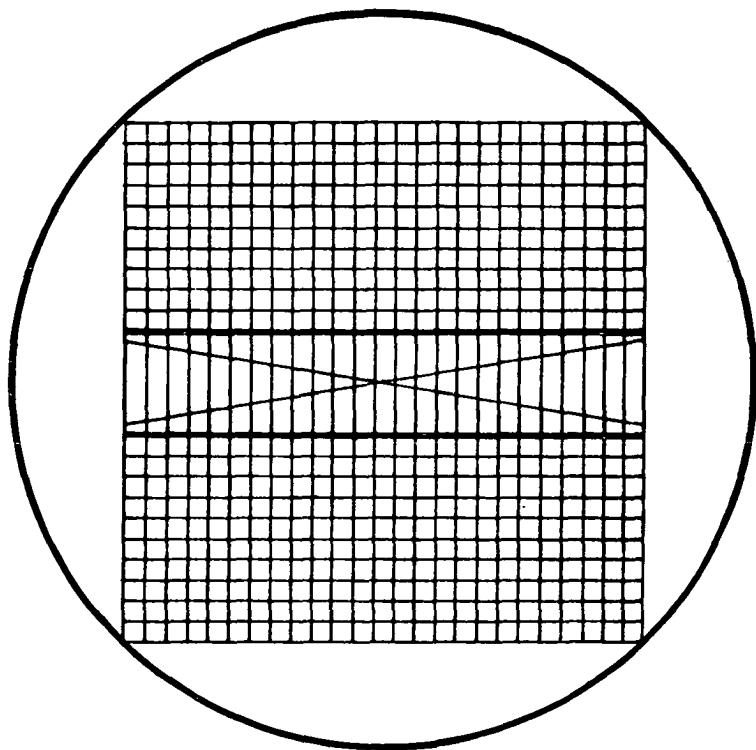


FIG. 121. — Réticule pour examen des échantillons prélevés au conimètre.

Echantillons prélevés au moyen d'appareils filtrants

La proportion des poussières contenues dans les échantillons prélevés par filtration peut être déterminée soit par pesée, soit par comptage. Le choix de la méthode sera conditionné par la nature de la matière filtrante, celle-ci pouvant être un papier-filtre ou

être constituée par une substance telle que le tétrachloronaphtalène ou l'ester cellulosique.

Pour ce comptage, le filtre est inséré dans un clip et examiné au microscope dans un éclairage sur fond sombre. Le nombre de particules est calculé à partir des chiffres obtenus par comptage, de la superficie filtrante libre et du volume d'air aspiré à travers le filtre. On utilise parfois un filtre vert qui permet de distinguer les particules de charbon des particules de roche et d'établir ainsi, sans recourir à l'incinération, le rapport charbon/roche.

Une autre méthode de comptage consiste à employer un filtre rendu transparent par immersion dans de l'huile utilisée en microscopie, et à dénombrer les particules au microscope sous la lumière incidente. Si le dépôt est suffisamment épais, il est possible de gratter avec précaution les poussières pour les faire tomber sur une lamelle qui est ensuite préparée de la façon ordinaire.

Aux fins de l'analyse pondérale, le prélèvement doit durer plusieurs heures de façon à fournir une quantité de poussières suffisante. Les filtres sont pesés avant et après le prélèvement; toutefois, lorsqu'on veut mesurer la quantité de poussières pneumoconio-gènes, il faut incinérer l'échantillon pour supprimer les matières organiques et les substances carboniques ou huileuses. Le creuset est pesé avant et après le chauffage et la différence de poids permet de calculer le poids recherché. (Le poids des cendres d'un papier-filtre à millipores est en effet négligeable.)

Lorsqu'on emploie les filtres solubles, on détermine le poids des poussières ou le nombre des particules après avoir fait dissoudre le filtre dans le benzène et en soumettant les restes de poussières à une centrifugation, comme c'est le cas avec le midget impinger. On peut recueillir, le cas échéant, assez de poussières pour pouvoir procéder à une analyse granulométrique par sédimentation ou tamisage (environ 2 g), mais il ne faut pas oublier que la séparation de la partie inhalable des poussières et l'examen granulométrique par sédimentation correspondent rarement à l'empoussiérage réel, car les poussières sont désagglomérées et perdent même leur cohésion naturelle, ce qui est notamment le cas pour les minéraux argileux.

Filtre Göthe.

Le filtre Göthe (planche X) est préparé — et le filtre en papier mis en place — avant d'être descendu dans la mine. La vitesse d'aspiration doit correspondre à la vitesse d'aéragé, ce qui est le cas tant que l'aiguille de l'appareil reste sur zéro. Il faut prendre soin de fermer les deux orifices lorsqu'on vérifie la position zéro de l'aiguille.

Pour enlever les poussières du filtre, il est préférable de procéder de la manière suivante: plonger entièrement la face externe de la gaine du filtre dans un liquide; du fait du vide qui règne dans le récipient d'aspiration, le liquide exerce une pression dirigée vers l'intérieur et entraîne avec lui les particules de poussières. Le liquide chargé de poussières s'accumule dans ce récipient et peut être soumis ensuite aux examens prévus. Le fait de tapoter le filtre pour le débarrasser des poussières, ou les écarts de poids du filtre chargé ou non de poussières risquent de fausser les résultats surtout lorsque les quantités de poussières sont faibles.

Filtre Füssel et pompe Dräger.

Le filtre Füssel et la pompe Dräger étant équipés l'un et l'autre d'un filtre à membrane, l'examen se fait selon la même méthode.

Le filtre à membrane du Füssel doit être mis en place sur le porte-filtre avant que l'appareil soit descendu au fond. On emploie un papier-filtre ou de la gaze comme support pour stabiliser le filtre, mais il faut mesurer au préalable le débit correspondant à un vide déterminé, cela pour chaque filtre, avec un compteur à gaz ou un rotamètre. L'opération doit se poursuivre pendant un laps de temps suffisant pour qu'il soit possible de déterminer le poids des poussières. Toutefois, lorsqu'on désire uniquement dénombrer les particules, ce laps de temps peut être ramené à 15 mn. On utilisera de préférence des filtres verts. On peut en changer rapidement après chaque opération.

Lorsqu'il s'agit de dénombrer les particules ou de déterminer la répartition granulométrique, il vaut mieux utiliser la pompe

Dräger, qui est plus maniable. Les filtres verts sont, avant usage, fixés dans le porte-filtre, qui est muni d'un dispositif tendeur. Les porte-filtre sont assujettis par vissage sur un réceptacle multiple, étanche aux poussières. Avant chaque opération, le filtre est monté sur la pompe. Pendant le prélèvement, la surface filtrante doit rester horizontale et parallèle au courant d'aéragé, toute modification du sens de l'aspiration ayant pour effet, surtout lorsque la vitesse de l'air est élevée, de modifier les résultats. La pompe aspire à chaque passe, d'une durée d'environ quatre secondes, 100 cm³ d'air; le nombre de courses du piston, variable en fonction de la concentration des poussières, se situe en règle générale entre 5 et 20.

Les particules peuvent être comptées directement dans le récipient à filtres; il n'est pas indispensable d'enlever ces derniers.

Pompe P.R.U.

Avec la pompe P.R.U., le mode de prélèvement est essentiellement le même qu'avec la pompe Dräger.

L'opacimètre servant aux mesures comprend deux sources de lumière dont les faisceaux frappent une cellule photo-électrique. Le porte-filtre est placé entre les deux sources et on mesure avec un galvanomètre la quantité de lumière absorbée du fait de l'opacité de la tache de poussières. Il faut étalonner au préalable l'appareil, sur toute la plage d'utilisation du galvanomètre. Le taux d'empoussiérement est déterminé à partir des valeurs obtenues pour l'absorption, du nombre de courses du piston et du facteur de corrélation de l'étalonnage, facteur qui dépend de la composition des poussières mesurées. Si l'on veut obtenir des résultats satisfaisants, il faut que la tache de poussières soit relativement épaisse.

Appareil Le Bouchet.

L'appareil Le Bouchet doit être employé conformément aux instructions données plus haut sur la manière recommandée en France pour procéder aux prélèvements.

Propriétés des filtres à membrane.

Les utilisateurs de filtres à membrane doivent être familiarisés avec les caractéristiques des divers types d'appareils. La plupart des membranes font preuve, malgré leur nature, d'une bonne résistance mécanique. Leur épaisseur varie, selon la perméabilité, de 100 à 300 microns. Nous donnons ci-dessous, à titre d'exemple, les caractéristiques d'une série type de filtres allemands.

| Désignation | Perméabilité à l'air: 1 mn/100 cm ² /500 mm de colonne d'eau | Diamètre moyen des pores en microns | Pouvoir approximatif d'arrêt des poussières en microns |
|-------------------|---|---|--|
| AF 600 | 700 - 500 | 5 - 10 | 1 |
| AF 400 | 500 - 300 | 3 - 5 | 0,5 |
| AF 250 | 300 - 200 | 1 - 3 | 0,5 |
| AF 150 | 200 - 100 | 0,7 - 1 | 0,3 |
| AF 100 | 100 - 50 | 0,6 - 0,8 | 0,3 |
| AF 50 | 50 - 30 | 0,5 - 0,7 | 0,3 |
| AF 30 | 30 - 15 | 0,3 - 0,5 | 0,1 |
| AF 15 | 15 - 10 | 0,2 - 0,3 | 0,1 |
| MF vert: moyen | 25 - 20 | 0,3 - 0,5 | 0,1 |

Précipitateur thermique

Les prélèvements effectués avec le précipitateur thermique doivent être soigneusement préparés. Les batteries et le dispositif d'aspiration par déplacement d'eau doivent être soigneusement nettoyés et vérifiés. Les lamelles couvre-objets sont nettoyées et examinées au microscope avant d'être placées dans l'appareil. Avant de procéder au prélèvement, il faut faire chauffer rapidement l'appareil pour le débarrasser de toutes les particules qui peuvent s'y trouver. Les lamelles sont ensuite mises en place, après quoi on règle le débit d'air aspiré, qui doit se situer entre 2 et 7 cm³/mn, à une intensité de courant de 1,5 A. Le volume total d'air aspiré est

fonction du taux d'empoussiérement prévu et doit se situer entre 100 et 400 cm^2 .

Lorsque le dépôt est trop épais, le comptage est difficile et les résultats risquent d'être erronés. Il faut s'efforcer d'obtenir la densité optimale de 75 particules formant une bande de 30 microns de largeur; avec une densité plus forte, les poussières risquent de se superposer, ce qui fausserait les résultats, notamment lorsqu'il s'agit de particules grossières. Avec une densité plus faible, il faut tenir compte d'éventuelles erreurs dues à la présence de corps étrangers. Les indications fournies par les modèles dérivés de l'appareil ordinaire, qui ne recueillent pas les grosses particules ou qui répartissent l'échantillon sur une superficie plus grande, risquent moins d'être faussées par la superposition des poussières.

Il ressort d'études récentes qu'il est possible, dans certains cas, de calculer le facteur de correction nécessaire pour supprimer les erreurs dues à la superposition, ainsi que d'évaluer les densités limites des particules afin qu'il ne puisse y avoir d'erreurs notables de ce fait. Il est cependant nécessaire de confirmer ces calculs par des essais pratiques. Lorsqu'on applique des méthodes courantes et que l'on connaît les caractéristiques des poussières, il n'est pas nécessaire, dans le cadre de l'échantillonnage de routine, de faire ces corrections.

Le comptage des particules de poussières recueillies avec cet appareil s'effectue en deux opérations distinctes: i) préparation et mise en place des lamelles sur lesquelles se trouvent les échantillons de poussières; ii) comptage proprement dit. Il est indispensable d'exécuter ces opérations dans un laboratoire bien équipé, dont l'atmosphère soit épurée et exempte de poussières. Il faut également vérifier la propreté de l'appareillage et de son voisinage. Comme c'est le cas pour le conimètre, on peut, en vue de dénombrer les particules siliceuses, incinérer l'échantillon et le traiter à l'acide.

Les échantillons que l'on veut conserver à titre d'archives doivent être préparés de la façon habituelle sur des lamelles, les autres, qui ne serviront plus une fois le comptage terminé, peuvent

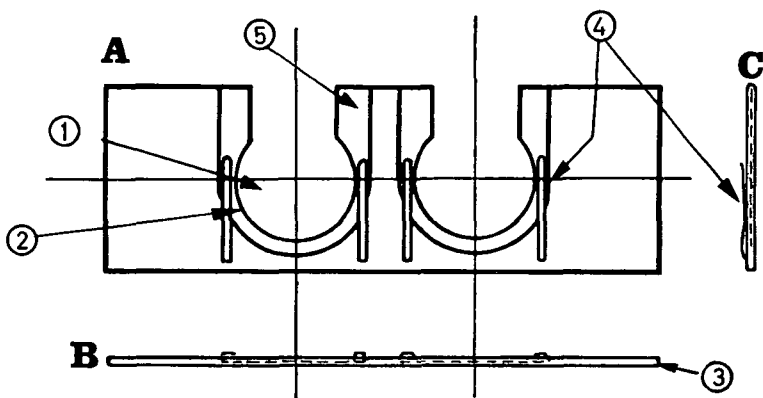


FIG. 122. — Plaque de métal pour le montage provisoire des lamelles de verre en vue du comptage des échantillons prélevés au précipitateur thermique.

A: Plan; B: coupe longitudinale; C: coupe transversale.

1: Echantreurs de 17 mm de diamètre; 2: rainure annulaire de 15 mm de profondeur; 3: épaisseur des lamelles (1 mm); 4: pinces de serrage en acier; 5: partie de la plaque dont l'épaisseur est ramenée à 0,15 mm.

être montés provisoirement. Il existe une méthode commode pour faire ce montage provisoire (fig. 122).

Le comptage exige un objectif sec, de haute qualité et à grande ouverture. Il existe des réticules qui permettent de déterminer plus facilement la granulométrie des particules; ils comportent des cercles de diamètre variable qui, une fois grossis, correspondent à une granulométrie de 0,5, 2,5 et 5 microns (fig. 123). Il est préférable d'utiliser un objectif à immersion pour la numération faite avec un fort grossissement (1 000). Le mode opératoire préconisé pour ce genre de travail au microscope est décrit à l'annexe 4.

Balance de Gast

La balance de Gast doit être manipulée et utilisée avec précaution, si l'on veut ne pas déranger son délicat dispositif de

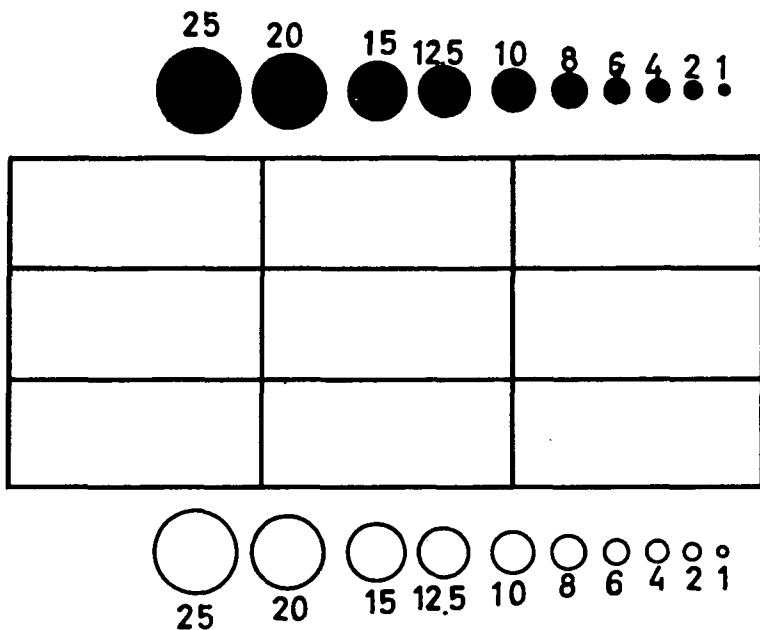


FIG. 123. — Réticule d'oculaire utilisé pour le comptage des échantillons prélevés au précipitateur thermique.

Dans ce modèle, prévu pour un grossissement d'environ 1 000 fois, la largeur des petits rectangles est comprise entre 0,0085 et 0,0087 mm; les chiffres indiqués, divisés par 5, donnent approximativement la dimension en microns des particules correspondantes. Ce réticule permet un classement des particules en fonction de la fréquence et de la dimension.

mesure. On introduit dans le support, avant l'usage, une bande de papier sur laquelle le résultat des mesures est automatiquement enregistré. Le volume d'air aspiré peut être de 1 ou de 5 l, le temps d'aspiration étant de 54 s dans le premier cas et de 270 s dans le deuxième. Le pesage, le nettoyage de la cuvette et la remise à zéro suivent automatiquement l'opération de précipitation. Les mesures peuvent s'étaler au total sur 24 heures. Les poussières

sont précipitées sans arrêt, dans une seconde chambre de mesure, sur un film qui se déroule lentement et qui peut être examiné ensuite au microscope.

Examen des particules

Les échantillons recueillis dans l'atmosphère des mines sur des lamelles de verre, comme c'est le cas pour le conimètre et le précipitateur thermique, se composent de poussières de roche et de carbone ainsi que de particules d'origine organique. De nombreux auteurs estiment que ce dernier groupe de particules, typiques de la pollution atmosphérique normale, n'aggravent pas la nocivité tant que les concentrations de poussières ne dépassent pas les valeurs ordinaires. D'ailleurs, comme elles risquent de fausser gravement les résultats du comptage, on estime préférable de les éliminer avant de procéder à celui-ci.

Le même argument est avancé en ce qui concerne les particules résultant de la pulvérisation d'eau, que l'on trouve dans les mines où l'eau utilisée lors de la foration et pour la suppression des poussières contient une forte proportion de sels solubles. Ces sels se déposent sur les lamelles et y restent après l'évaporation.

Dans les mines autres que les charbonnages, où ce traitement se justifie, on recommande de soumettre les lamelles à une incinération dans un moufle ou sur une plaque d'acier inoxydable, pendant une vingtaine de minutes et à 550° C environ. Pour éliminer les sels solubles, les lamelles devraient être plongées dans une solution à 50 pour cent d'acide chlorhydrique, chauffées à ébullition et rincées ensuite avec de l'eau distillée bouillante. La figure 124 montre une cuvette adaptée à cette opération.

Le niveau de pollution peut être déterminé approximativement par comptage des taches de poussières avant et après ce traitement.

Classification granulométrique des particules

Lors du comptage des particules, il est parfois nécessaire de déterminer leur répartition granulométrique. On peut évaluer

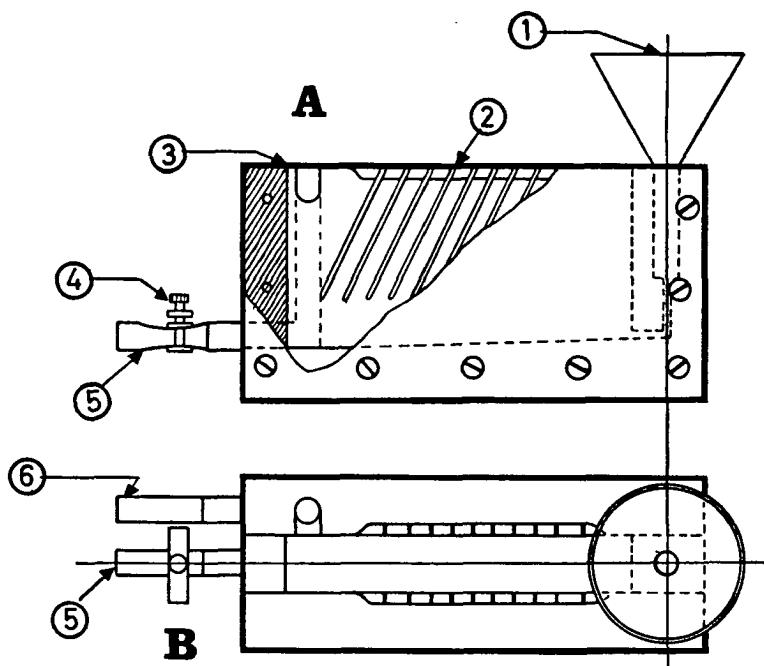


FIG. 124. — Cellule d'immersion pour le traitement des échantillons de poussières.

A: Vue latérale; B: plan.

1: Entonnoir; 2: rainures destinées à recevoir les lamelles; 3: rigole du trop-plein; 4: pince de serrage à vis; 5: tuyau de vidange; 6: trop-plein.

leurs dimensions linéaires, soit par comparaison avec une échelle graduée incorporée à l'oculaire du microscope, soit par projection ou par projection d'une microphotographie sur un écran. Deux exemples de réticules pouvant servir à la granu-

lométrie des particules ainsi qu'au comptage direct des échantillons prélevés au conimètre sont donnés aux figures 121 et 123.

DÉTERMINATION DU RISQUE CONIOTIQUE

Dans maints pays, une concentration maximale des poussières est fixée impérativement ou recommandée à titre de norme de sécurité, compte tenu de la nature des nuages de poussières rencontrés dans les mines. Il importe que les normes ainsi fixées tiennent compte de la composition minéralogique des poussières et de leur toxicité. On a vu plus haut quelles difficultés on rencontre lorsqu'on tente d'établir un lien entre le risque coniotique et un type donné de poussières, ou de définir la nature de tous les nuages de poussières en suspension dans l'air. Dans certains pays, on a cependant élaboré des techniques d'interprétation des résultats qui tiennent compte de ces facteurs. Les procédés appliqués dans la République fédérale d'Allemagne et en France peuvent servir d'exemples à cet égard.

République fédérale d'Allemagne.

Dans la République fédérale d'Allemagne, on se sert, pour apprécier le risque coniotique, d'un système fondé sur un coefficient d'empoussiérement, système légèrement modifié par l'Association des houillères en vue de son application dans les mines de charbon.

Cette méthode se fonde sur le dénombrement au tyndalloscope des particules fines de moins de 5 microns, le résultat étant exprimé en mg/m^3 , ou au moyen d'échantillons prélevés au conimètre, ou parfois avec un midget scrubber associé à un pré-impinger. On détermine ensuite, par analyse minéralogique, la composition des particules inhalables contenues dans les échantillons. La teneur en minéraux est exprimée pour chacun de ces derniers par un « facteur minéral », dont des exemples sont donnés ci-dessous :

Quartz: 1.

Feldspath, mica et silicates:

0,7 lorsque la teneur en quartz est supérieure à 25 pour cent;

0,5 lorsque la teneur en quartz varie de 6 à 25 pour cent;

0,3 lorsque la teneur en quartz se situe entre 1 et 5 pour cent;

0,2 lorsqu'il n'y a pas de quartz.

Substances argileuses: 0,2.

Carbonates et sulfates (sauf leurs composés calciques) et minerais en général: 0,1.

Oxyde de fer, hydroxyde de fer et charbon: 0,01.

Calcaire et gypse: 0.

On détermine le coefficient minéral d'un élément constitutif donné en multipliant par son facteur la proportion de ce minéral que contiennent les poussières. Ce coefficient est ensuite multiplié par la quantité de poussières trouvée en mg/m^3 ; en divisant le résultat par 10, on obtient l'indice de risque coniotique. Ces indices sont classés en quatre catégories qui renseignent sur la nocivité des poussières:

De 0 à 25 . . . Inoffensives.

De 25 à 50 . . . Peu nocives.

De 50 à 100 . . . De plus en plus nocives à mesure que la durée d'exposition augmente; des mesures de protection devraient être prises.

Plus de 100 . . . Nocives; des mesures de protection sont nécessaires.

Dans les mines de la République fédérale, on emploie le tyndalloscope pour mesurer l'empoussiérage et le conimètre pour déterminer le rapport charbon/roche. Les valeurs angulaires indiquées par le tyndalloscope sont relevées après 20 s de sédimentation. Le rapport particulaire charbon/roche des échantillons prélevés au conimètre est calculé uniquement pour les par-

ticules de 1 à 5 microns. A partir des valeurs obtenues avec le tyndalloscope et du pourcentage de roche contenu dans l'échantillon, on déduit le niveau d'empoussièrement à l'aide d'un tableau. Ces niveaux sont les suivants:

| Empoussièrement | | Mesures techniques et matériel de lutte contre les poussières |
|-----------------|---|---|
| Niveau | Signification | |
| I | Faible | } Suffisants |
| II | Modéré (trop élevé pour un empous- siéage général | |
| III | Elevé | A améliorer et à compléter |
| IV | Très élevé | A améliorer et à compléter Revoir en outre l'organisation de l'entreprise |

En règle générale, ces niveaux sont déterminés, à chaque point de mesurage, sur la base de 10 à 30 mesures. Le comptage des échantillons prélevés au conimètre est effectué au microscope à projection grossissant 360 fois ou selon le procédé de comptage photographique, dans lequel la tache de poussières est grossie 180 fois, projetée sur un papier photographique technique et photographiée. On compare ensuite le négatif à des photographies préalablement étalonnées, après quoi on lui attribue une valeur en se reportant à ces dernières.

France.

En France, on a défini, pour chaque chantier, un indice valable pour l'appareil Le Bouchet, qui est le suivant:

$$I = 3,32 \log Ct - k$$

dans lequel C est la moyenne des comptages rapportés au centimètre cube d'air, t le pourcentage de la teneur en silice libre et k

un nombre fixé pour chacun des deux modes opératoires, soit 10,6 pour le premier et 8,9 pour le second. Ce dernier nombre pourra être légèrement modifié en fonction des conclusions auxquelles aboutiront les études comparatives ultérieures.

Les rapprochements, méthodiquement effectués depuis plusieurs années, des indices établis comme ci-dessus et des constatations médicales faites pour de nombreux chantiers de divers types permettent maintenant de considérer que les chantiers d'indice égal ou supérieur à 6 sont susceptibles d'amélioration et que les prélèvements doivent y être effectués à intervalles plus rapprochés que dans les chantiers d'indice égal ou inférieur à 5, où les conditions sont satisfaisantes. En ce qui concerne les chantiers dont l'indice se situe entre 5 et 6, l'intervalle entre deux prélèvements sera conditionné par la qualité de la prévention technique ainsi que par les autres facteurs dont dépend l'empoussiérage et par les améliorations qui pourront y être apportées éventuellement.

ANALYSE

Après avoir déterminé le nombre de particules et la répartition granulométrique, il faut définir la composition minéralogique des poussières, si l'on veut pouvoir exploiter les résultats des prélèvements aux fins de l'hygiène du travail. De grands efforts ont été faits en vue de mettre au point des méthodes analytiques simples pouvant être mises en œuvre par des personnes sans grande expérience en matière de minéralogie. La plupart de ces procédés analytiques exigeant, toutefois, un important appareillage, mieux vaut confier, si possible, les analyses minéralogiques à un laboratoire central.

Il n'est guère difficile de recueillir des échantillons des roches et des minerais extraits et de les analyser, sauf dans le cas de la silice libre. Les résultats obtenus fournissent des indications précieuses sur la concentration des poussières dans l'air. On s'est aperçu, toutefois, que les poussières en suspension présentent parfois, dans les dimensions inférieures à 5 ou 10 microns, des différences de

composition sensibles avec les roches dont elles proviennent. D'où la nécessité de prélever, aux fins d'analyse, des échantillons des poussières en suspension que les travailleurs inhalent dans la mine ou au voisinage de celle-ci. La quantité de poussières — de 25 à 100 mg — nécessaire à cet effet est nettement supérieure à celle que captent les appareils utilisés pour les prélèvements courants d'échantillons destinés à être examinés au microscope.

Les procédés d'analyse des poussières peuvent être classés en diverses catégories:

a) les procédés chimiques, parmi lesquels on range diverses méthodes de dosage du quartz et les procédés de dosage, par incinération ou à l'acide phosphorique, du charbon contenu dans les poussières;

b) les examens au microscope: la coloration par immersion (sur fond sombre ou en contraste de phase) est couramment utilisée;

c) les analyses aux rayons X, fondées sur la diffraction des rayons X par les substances cristallines;

d) l'analyse thermique différentielle, fondée sur les écarts entre les températures auxquelles différents éléments constitutifs des poussières subissent certaines modifications.

Procédés chimiques

Les procédés chimiques adoptés pour le dosage du quartz ou de la silice libre contenus dans les poussières se classent en deux grandes catégories:

a) emploi de réactifs qui dissolvent les silicates et autres éléments constitutifs minéraux, mais pas le quartz;

b) emploi de réactifs qui décomposent les silicates et libèrent la silice combinée sous forme d'acide silicique ou de silice amorphe, l'acide silicique étant ensuite dissous dans une solution alcaline.

Pour obtenir des résultats satisfaisants, il faut que les silicates soient dissous ou décomposés aussi complètement que possible, la dissolution du quartz devant, au contraire, être réduite au

minimum. On ne connaît aucun réactif qui décompose vraiment les silicates sans dissoudre, dans une certaine mesure, le quartz ou la silice libre.

Au nombre des réactifs de la catégorie *a*), on a proposé d'employer l'acide hydrofluosilicique ou l'acide hydrofluoborique, par exemple. On laisse le réactif agir sur l'échantillon de 24 à 48 h, pour ensuite le filtrer. Si ce procédé donne satisfaction tant qu'il s'agit d'échantillons à grosses particules, auxquels il est possible d'appliquer un facteur de correction tenant compte de la faible quantité de quartz dissoute, il s'est en revanche révélé inutilisable dans le cas des poussières à particules fines, la quantité de quartz dissoute étant trop grande.

Les procédés les plus sûrs de la catégorie *b*) font appel au pyrosulfate de potassium pour décomposer les minéraux. Des procédés ont été mis au point, qui permettent d'analyser, avec des résultats satisfaisants, de petites quantités de poussières. Les études faites pour vérifier la précision des résultats obtenus avec les différents procédés servant à doser le quartz ou la silice libre montrent que ces résultats ne sont pas toujours uniformes. La validité des résultats dépend du procédé de dosage employé.

Dosage du charbon.

Pour déterminer le pourcentage de charbon contenu dans les poussières, la méthode la plus commode est l'incinération à une température comprise entre 450 et 600° C; l'échantillon sera préalablement chauffé pendant 1 h à 105° C en étuve sèche. Les creusets de porcelaine utilisés pour l'incinération seront refroidis dans un dessiccateur.

Un procédé simple d'analyse pondérale permet de doser les carbonates et le charbon contenus dans un échantillon recueilli à l'aide d'un midget impinger, d'un pré-impinger ou d'un midget scrubber; il consiste à aspirer directement l'échantillon dans un creuset en porcelaine où on le dessèche à 105° C, après quoi on procède à la pesée. On verse ensuite de l'acide chlorhydrique dilué dans le creuset pour dissoudre les carbonates que renferment les

poussières. Après plusieurs dessiccations à 105° C, on peut déterminer par pesée la teneur en carbonates. Les poussières contenues dans le creuset sont ensuite incinérées et la différence de poids avant et après l'incinération permet de calculer la teneur en charbon.

On peut analyser de la même façon les échantillons de poussières recueillis sur des filtres au tétrachloronaphtalène dissous dans le benzène ou sur des filtres à membrane dissous dans l'acétone.

Examens au microscope

Le microscope peut servir de différentes façons — lumière polarisée, indice de réfraction, température de fusion, etc. — à doser le quartz et d'autres minéraux. On a utilisé à cette fin des microscopes ordinaires, à contraste de phase ou de pétrographie, mais aucune des méthodes appliquées ne donne de résultats satisfaisants lorsque les particules sont inférieures à 2 microns environ. Elles ne se prêtent donc pas, en général, à l'analyse des poussières susceptibles d'être retenues dans les voies respiratoires. Il n'en reste pas moins que les méthodes de coloration par immersion permettent de doser de façon satisfaisante le quartz, le mica et la kaolinite contenus dans les poussières de charbon dont la granulométrie se situe entre 1 et 5 microns. Ces méthodes sont fondées sur la coloration de la lumière blanche, produite par des minéraux transparents en contraste de phase ou placés sur un fond sombre, lorsque l'indice de réfraction de ces minéraux est inférieur à celui du milieu qui les entoure, milieu dont le pouvoir de dispersion doit être aussi élevé que possible. Elles se prêtent bien au dosage du quartz, du mica et de la kaolinite qui sont souvent associés au charbon.

Procédés diffractométriques aux rayons X

Il semble que le dosage aux rayons X à l'aide du spectrophotomètre à compteur Geiger réponde particulièrement bien aux besoins de l'industrie minière, étant donné que la répartition granulométrique des poussières en suspension dans l'air se situe dans la plage pour laquelle cet appareil donne les meilleurs résultats.

Le principe de la méthode est très simple. On dirige un faisceau étroit de rayons X monochromatiques sur l'échantillon à l'état pulvérulent; les substances cristallines que contient celui-ci diffractent les raies de telle sorte que des maximums d'intensité de faisceaux sont produits sous divers angles. L'intensité de ces maximums et les angles sous lesquels ils sont produits dépendent de la structure cristalline de la substance et ne sont pas les mêmes pour deux substances différentes. L'ampleur des maximums est conditionnée en outre par la proportion de telle ou telle substance contenue dans les poussières. Il est possible, de ce fait, d'identifier avec certitude toutes les substances cristallines et d'en déterminer quantitativement la proportion.

On s'est aperçu qu'en réalité la structure cristalline subit une certaine modification à la surface de la particule ou à proximité de cette surface et que, dans de très petites particules, il arrive même que l'édifice cristallin soit bouleversé en profondeur, jusqu'au centre de la particule. De ce fait, la marge d'erreur peut atteindre de 10 à 15 pour cent dans la plage granulométrique de 1 à 20 microns; il est possible toutefois d'y remédier en attaquant les particules avec de l'acide fluorhydrique ou en les soumettant à un autre traitement du même genre avant de procéder au dosage.

Analyse thermique différentielle

L'analyse thermique différentielle donne de bons résultats avec les argiles et semble devoir rendre de grands services pour le dosage de la silice libre que renferment les roches et les poussières des mines. On fait chauffer, à un taux de réchauffement constant, une petite quantité de substance pulvérisée jusqu'à une température d'environ 1 000° C et on enregistre les réactions endothermiques et exothermiques dont la substance est le siège. La température à laquelle se produisent les réactions thermiques et l'ampleur de ces réactions varient selon les différents minéraux, ce qui permet d'identifier ces derniers et, certaines conditions étant remplies, de les doser quantitativement.

Les différentes formes cristallines de la silice sont le siège de réactions thermiques caractéristiques à certaines températures. Le quartz montre une température d'inversion très nette à 573° C; cette température d'inversion étant aussi nettement délimitée, et le phénomène étant susceptible de reproduction, on a pensé que le quartz pourrait servir à étalonner les appareils employés pour l'analyse thermique. Ce procédé d'analyse présente en conséquence un grand intérêt lorsqu'il s'agit de doser le quartz.

Il est possible d'améliorer considérablement la sensibilité en apportant certaines modifications à l'appareil et au procédé employés. Il sera cependant nécessaire d'étudier plus à fond le problème pour pouvoir arriver à un dosage quantitatif précis, car on s'est aperçu que l'ampleur des réactions thermiques caractéristiques d'un minéral varie selon la taille des particules et la perfection de leur structure cristalline.

ARCHIVES

Si l'on prélève, mesure et analyse des échantillons de poussières, c'est pour obtenir des indications d'ordre pratique, et notamment des renseignements en vue de la prévention des pneumoconioses. Il est donc indispensable que les indications recueillies soient adaptées à cette fin et enregistrées sur une formule qui permette de les exploiter au mieux. Ainsi, on peut avoir besoin de renseignements pour savoir comment les conditions qui règnent au front de taille peuvent se comparer aux normes admissibles, pour savoir quelles dispositions ont été prises et quels progrès réalisés, ou pour établir une corrélation entre l'empoussièrement et la fréquence des affections.

Dans certains pays, les catégories de données enregistrées au moyen des prélèvements de poussières sont très nombreuses et les indications recueillies sont reportées sur des formules normalisées. Dans chaque cas déterminé, la formule doit contenir des précisions sur les conditions dans lesquelles l'échantillon a été prélevé, sur la concentration des poussières et sur les procédés de

dosage. Quant aux autres détails à enregistrer, le meilleur moyen serait de se servir de formules identiques à celles qui sont déjà utilisées dans différents pays (voir ci-après, annexe 5).

Outre les formules employées pour les échantillonnages quotidiens, il sera nécessaire de prévoir un registre sur lequel on pourra suivre l'évolution de l'empoussiérage en longue période et, si l'on veut être en mesure d'établir une corrélation entre l'empoussiérage et l'évolution des affections provoquées par les poussières, des registres permettant de procéder à des comparaisons intéressant de très longues périodes. Les formules reproduites à l'annexe 5 sont destinées, les unes à l'enregistrement des résultats des prélèvements courants et quotidiens, les autres à la récapitulation mensuelle des données enregistrées.

Il importe de veiller, lorsqu'on établit des rapports relatifs aux prélèvements courants, à ce que les conditions qui y sont signalées fassent l'objet, de la part de la direction et des cadres compétents de l'entreprise minière, d'une étude et de décisions appropriées. Pour cela, le meilleur moyen est de faire circuler tous les rapports et de prévoir un emplacement où le personnel responsable pourra consigner ses observations ou ses instructions au sujet des conditions qui règnent sur les lieux de travail ou les mesures qu'il conviendrait de prendre pour y remédier au besoin.

CHAPITRE XVII

ÉDUCATION ET FORMATION

S'il est vrai, comme on s'est plu à le dire et à le répéter, que la sécurité dépend de la technique, de l'éducation et de l'application pratique, c'est là une loi également applicable à la lutte contre les poussières et à l'hygiène dans les mines. Là comme dans d'autres secteurs du vaste domaine de la sécurité et de l'hygiène du travail, il est apparu que le succès des mesures de prévention dépendait à un degré non négligeable de la mesure dans laquelle l'ensemble du personnel, du directeur général aux travailleurs occasionnels, se montre informé, intéressé, discipliné. Cet état d'esprit, il s'est révélé aussi qu'il devait être entretenu avec soin, ce qui exige un effort d'éducation, de formation et de propagande. Par « éducation », on entend ici le genre d'instruction qui est dispensé dans les établissements d'enseignement, les écoles des mines notamment. La formation plus pratique est avant tout assurée en cours d'emploi, ou aussi, pour les élèves des écoles des mines, sur des tailles exploitées à cette fin ou encore dans des cours spéciaux. Quant à la propagande, elle englobe toutes sortes de moyens d'information et de persuasion : films, brochures, revues, affiches, conférences, concours, récompenses.

C'est à la direction des entreprises minières qu'il incombe de veiller à ce que des mesures appropriées de prévention et de suppression des poussières soient appliquées. Pour que ces mesures soient couronnées de succès, toutefois, il est indispensable que tout le personnel — tous les cadres comme tous les travailleurs de la mine — collabore pleinement à la lutte contre les poussières. Il faut arriver en fin de compte non seulement à ce que tous les intéressés connaissent les risques auxquels ils sont exposés, mais

encore à ce qu'ils jouent leur rôle dans la lutte menée contre ces risques et à ce qu'ils le fassent de bon gré et de leur mieux.

La nature de la formation qui doit être donnée au personnel diffère, il va sans dire, selon les pays et selon les types d'exploitations minières. En général, toutefois, la formation devra être dispensée à trois niveaux: en premier lieu, au personnel de direction et aux ingénieurs, qui auront passé habituellement, soit par une université, soit par une école des mines reconnue; en second lieu, aux cadres intermédiaires et aux agents de maîtrise, lesquels auront reçu leur formation, pour une grande partie, dans l'industrie minière même; enfin, sous forme d'instruction pratique et de propagande, à tous les ouvriers, semi-qualifiés et autres, qui travaillent dans les mines et dans les activités connexes. En outre, il est nécessaire d'assurer la formation d'agents spécialisés en nombre suffisant pour le travail qu'impose une campagne continue de lutte contre les poussières.

FORMATION DESTINÉE AUX CADRES

Les écoles et les établissements qui forment les cadres supérieurs devraient faire figurer dans leurs programmes d'études la question de la lutte contre les poussières et celle de l'aérage, comme d'ailleurs ils sont nombreux à le faire de nos jours. Il y aurait intérêt cependant, dans certains cas, à envisager la possibilité d'insister davantage sur ces deux questions et de les traiter de façon plus détaillée. Dans certains pays, des cours de perfectionnement de brève durée sont organisés à l'intention des cadres supérieurs. Dans l'un d'eux, les cours en question durent cinq jours et comprennent des conférences, des démonstrations et des visites à un hôpital, à un laboratoire et à une mine. Le programme d'études porte sur les sujets suivants:

a) historique et aspects médicaux des affections dues aux poussières;

b) méthodes de lutte contre les poussières et organisation de la lutte contre les poussières;

- c) mesure de l'empoussiérement;
- d) effets des poussières sur la santé;
- e) conditions d'empoussiérement dans les mines.

Les cadres intermédiaires et les agents de maîtrise — chefs de quartier, porions et agents des catégories analogues, chefs des équipes de traçage ou de fonçage ou des équipes occupées à des travaux de même genre — devraient recevoir une formation moins poussée, mais plus pratique que celle qui est destinée aux cadres supérieurs. Des causeries devraient être organisées à leur intention sur la nature des pneumoconioses ainsi que sur les causes d'empoussiérement et les grands dangers que présentent les poussières. Les méthodes de lutte contre les poussières employées dans la mine devraient faire l'objet de démonstrations pratiques, de façon que les intéressés connaissent tous les appareils qu'ils peuvent rencontrer dans la mine et sachent les utiliser correctement. On constate souvent fort peu d'empressement à utiliser les moyens de protection ou à suivre les consignes de sécurité — surtout s'il semble que la production en souffrirait — quand pareille négligence n'a pas, en apparence tout au moins, de conséquences fâcheuses dans l'immédiat. La formation dispensée aux cadres intermédiaires et aux agents de maîtrise devrait viser, non seulement à les convaincre eux-mêmes d'observer les précautions nécessaires, mais encore à les mettre en mesure de persuader les autres de la nécessité d'une observation rigoureuse.

FORMATION DESTINÉE AUX TRAVAILLEURS

Dans plusieurs pays, tout un ensemble de dispositions ont été prises pour assurer la formation du personnel des mines: création d'établissements centraux de formation dans chaque bassin minier; création d'écoles rattachées à certaines mines; aménagement de quartiers ou de tailles exploités pour des démonstrations pratiques; organisation de cours de brève durée destinés au personnel de diverses catégories. Dans tous ces cas, la question de la prévention

et de la suppression des poussières peut être inscrite aux programmes. Souvent, toutefois, la possibilité de fréquenter un établissement d'enseignement ou de suivre un cours de formation n'est pas donnée à l'ensemble des travailleurs du fond. En pareil cas, il incombe aux cadres intermédiaires et aux agents de maîtrise de veiller à ce que les travailleurs sachent tous quels sont les dangers auxquels ils sont exposés et quels sont les moyens de réduire ou de supprimer ces dangers.

L'éducation dans le domaine de la sécurité devrait tendre à fournir aux travailleurs des informations précises sur l'étendue du risque que présentent les poussières, d'une part, sur la manière dont ce risque peut être réduit au minimum grâce aux mesures de prévention existantes, d'autre part. Les intéressés devraient recevoir toutes les explications voulues, de façon à bien saisir la nature du risque et à pouvoir juger de l'efficacité des appareils et des mesures de lutte contre les poussières. Il ne suffit pas de déclarer simplement que certaines précautions doivent être prises, sans donner toutes les explications nécessaires. Dans un autre ordre d'idée, il importe d'insister sur la responsabilité que tout travailleur assume à l'égard d'autrui au cas où il se forme par sa faute une quantité excessive de poussières.

La méthode de formation ou de démonstration doit être expressément adaptée aux groupes qui doivent être atteints. La distribution de brochures ou de tracts illustrés donne parfois d'excellents résultats. Les dangers que présente l'inhalation de poussières microscopiques, ou encore la foration à sec, la manière d'employer l'eau dans la lutte contre les poussières, les principes fondamentaux d'aéragé: autant d'exemples de sujets que l'on peut exposer dans une brochure ou un tract.

Les causeries et les conférences, adaptées au niveau de l'auditoire, présentent aussi un très grand intérêt. Elles devraient porter sur les mêmes sujets que les brochures et les tracts de sécurité et s'accompagner si possible de la projection de diapositives ou de courts métrages techniques. L'auditoire devrait avoir la possibilité de poser des questions et de prendre part à une discussion. Les causeries et les conférences ne devraient pas être trop longues.

Les agents d'encadrement, les porions, etc., devraient y assister de façon que des contacts personnels s'établissent entre tous les intéressés.

Dans le cas du personnel semi-qualifié temporaire ou occasionnel employé dans les mines, plusieurs facteurs viennent compliquer le problème. Outre que le personnel en question n'est pas stable, il n'a souvent pas la formation particulière qu'exige le travail des mines et est fréquemment formé de travailleurs de différentes nationalités, d'où des difficultés linguistiques. La distribution de brochures rédigées en plusieurs langues pourra permettre de diffuser certaines consignes de lutte contre les poussières parmi ces travailleurs. Les causeries devraient s'adresser de préférence à de petits groupes. Au demeurant, on devrait s'attacher à atteindre les travailleurs en question personnellement — le soin en reviendra aux agents d'encadrement — de façon à les intéresser à la lutte contre les poussières et à entretenir leur intérêt.

FORMATION DESTINÉE AUX AGENTS DU SERVICE DE LUTTE CONTRE LES POUSSIÈRES

Dans toutes les mines où les opérations souterraines ont une certaine importance, un personnel spécialisé devrait être chargé de l'aérage et de la lutte contre les poussières. Composé d'abord d'ingénieurs et d'éléments scientifiques, mais aussi d'un grand nombre d'agents d'exécution, ce personnel a un rôle essentiel à jouer dans toute campagne de lutte contre les poussières. Les tâches dont il devra s'acquitter sont les suivantes:

a) faire adopter des mesures de lutte contre les poussières dans la mine; familiariser les travailleurs avec le mode général d'emploi de tout le matériel de lutte contre les poussières, de même qu'avec la surveillance et l'entretien en parfait ordre de marche de ce matériel;

b) prélever des échantillons des concentrations de poussières en suspension dans l'air sur tous les chantiers; analyser ces prélèvements en laboratoire et enregistrer les résultats de façon appropriée;

c) soumettre à la direction de la mine des rapports réguliers sur les conditions d'empoussiérement de la mine et sur l'efficacité des méthodes de lutte contre les poussières.

Les agents appelés à s'acquitter de leur tâche dans la mine même devraient avoir une certaine expérience des conditions qui règnent au fond. La formation nécessaire devrait leur être donnée dans la mine même, par les soins des agents qui accomplissent déjà le travail dont ils seront chargés eux-mêmes. Cette formation devrait être élargie par des conférences ou des cours supplémentaires organisés, soit dans l'industrie minière même, soit avec la collaboration d'établissements d'enseignement technique. Dans certains pays, des examens sont organisés, qui donnent lieu à l'octroi de diplômes de formation élémentaire et de formation avancée.

Des programmes de formation détaillés devraient être élaborés. Ils devraient comprendre les sujets suivants :

a) aperçu sur les pneumoconioses; historique, pathogénèse, dépistage;

b) sources d'empoussiérement, nature et comportement des poussières, danger qu'elles présentent;

c) méthodes de lutte contre les poussières, questions connexes d'un intérêt particulier (alimentation en eau et utilisation de l'eau, notamment);

d) aérage et lutte contre les poussières en taille, plus particulièrement dans les travaux préparatoires, aux points de chargement et au cours du roulage;

e) prélèvements de poussières (formation poussée sur les méthodes utilisées dans la mine considérée);

f) détermination de l'empoussiérement, comptage au microscope et autres méthodes utilisées dans la mine considérée, présentation de rapports, enregistrement des résultats;

g) aérage des différentes sortes de chantiers; méthodes de mesure de l'aérage, utilisation de tous les appareils employés à cet effet et exécution des calculs élémentaires d'aérage;

h) construction et utilisation des dispositifs et des appareils de précipitation des poussières par voie humide (marteaux piqueurs à pulvérisation, marteaux perforateurs et perforatrices à injection d'eau, haveuses à pulvérisation, pulvérisateurs, dispositifs d'injection au massif).

L'enseignement pratique pourra porter, selon le cas, sur tel ou tel aspect du travail confié au service. Parfois, en effet, ce ne sont pas les mêmes agents qui s'occupent de la lutte contre les poussières et qui effectuent les prélèvements. De même, dans certaines mines, les travaux de laboratoire sont confiés à un service central spécialisé, alors que, dans les mines de faible importance, l'agent qui effectue les prélèvements peut fort bien se charger lui-même des travaux de laboratoire et déterminer l'empoussiérement. Dans les mines grisouteuses, le personnel chargé de l'aérage peut se voir confier l'étude des dégagements de méthane et la prévention des coups de grisou, et être entièrement déchargé de la lutte contre les poussières. Dans chaque cas, les conditions locales détermineront la nature du personnel nécessaire et la répartition du travail.

Les techniques d'exploitation des mines, comme les techniques de creusement des galeries, ont fait, ces dernières années, des progrès remarquables. Toutes les phases du travail ont été marquées par l'adoption de méthodes nouvelles et par la mécanisation des opérations. Cette évolution s'est traduite par une concentration des opérations, par un accroissement de la vitesse d'exploitation et de la vitesse de progression dans les avancements et dans les galeries, autant de facteurs qui appellent des mesures efficaces de lutte contre les poussières. Il est nécessaire, dans ces conditions, d'assurer au personnel des mines une formation toujours plus poussée, qui porte sur tous les aspects du travail. Cela étant, il ne devrait pas être difficile de faire figurer la prévention et la suppression des poussières dans les programmes de formation et de rendre tous les travailleurs conscients du fait que la question les concerne directement.

ANNEXE I

**MÉTHODE DE COMPTAGE AU MICROSCOPE
DES PARTICULES CONTENUES
DANS LES EAUX DE MINE**

La méthode de comptage au microscope décrite ici ¹ consiste à verser dans une cellule de comptage une fraction caractéristique de l'échantillon d'eau, après y avoir ajouté de l'acide, et à compter les particules avec un éclairage à fond sombre. La teneur de l'échantillon lui-même en particules est déterminée alors à l'aide d'une formule appropriée.

Il est recommandé d'utiliser un grossissement d'environ 150 fois. Bien que le comptage enregistre les particules non siliceuses insolubles dans l'acide (les particules de carbone, notamment), il donne une indication pratique sur la propreté des eaux de mine.

Caractéristiques de la cellule

Il est recommandé d'utiliser la cellule de Sedgewick-Rafter. Toutefois, n'importe quel type de cellule de comptage peut être utilisé, pour peu qu'il ait une profondeur connue et qu'il résiste aux solutions acides. Pour les dimensions intérieures de la cellule, les valeurs les plus indiquées sont les suivantes:

| | |
|----------------------|-------|
| Longueur | 50 mm |
| Largeur | 20 mm |
| Profondeur | 1 mm |

Préparation de l'échantillon

Il est nécessaire d'additionner l'échantillon de 5 pour cent d'acide chlorhydrique pour dissoudre une partie des particules non siliceuses

¹ « A Deep Cell Method of Counting Particles in Mine Waters as Practised on the Mines of the Witwatersrand », *Quality of Mine Air—Dust Content and Cooling Power* (Johannesburg, Transvaal Chamber of Mines, 1947).

et éviter ainsi de les compter par la suite. A ce propos, il faut relever que les eaux de mine contiennent parfois, en solution, de fortes quantités de fer ou d'alumine; si on laisse reposer l'échantillon, ces substances risquent de se déposer sous forme d'hydroxydes qui ne sont pas entièrement dissous par l'acide. En pareil cas, il y a intérêt à procéder au comptage le plus vite possible après que les échantillons ont été prélevés.

Les échantillons d'eau prélevés dans les mines contiennent une quantité plus ou moins grande de particules. Lorsque la concentration des particules est forte, ils doivent être dilués jusqu'à un certain point avant le comptage.

a) *Echantillons à ne pas diluer.*

Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon. Verser dans une éprouvette de 100 cm³, 95 cm³ de l'échantillon, ajouter 5 cm³ d'acide chlorhydrique et mélanger en agitant.

Laisser reposer le contenu de l'éprouvette pendant 15 mn, puis l'agiter de nouveau et le verser immédiatement dans la cellule de comptage jusqu'à ce que celle-ci déborde. Placer sur la cellule une plaque de verre et appuyer avec précaution pour chasser l'excédent de liquide de la cellule. Nettoyer l'extérieur de la cellule afin d'ôter de même le liquide qui s'y trouverait.

b) *Echantillons à diluer.*

Le degré de dilution idéal est celui qui donne environ 10 à 20 particules par section de comptage.

Agiter vigoureusement le flacon contenant l'échantillon. Verser dans une éprouvette de 100 cm³ une fraction de l'échantillon déterminée en fonction de la dilution désirée (laquelle pourra varier de 0 à $\frac{1}{20}$, selon la concentration des particules dans l'échantillon). Ajouter d'abord 5 cm³ d'acide chlorhydrique, puis diluer en ajoutant la quantité nécessaire d'eau distillée pure pour arriver à 100 cm³.

Exemple. — Si une dilution au $\frac{1}{5}$ semble indiquée, on versera dans l'éprouvette 20 cm³ de l'échantillon. On ajoutera alors 5 cm³ d'acide chlorhydrique, puis on finira de remplir l'éprouvette — de façon à arriver à 100 cm³ — avec de l'eau distillée pure. On obtiendra ainsi une dilution au $\frac{1}{5}$ ($\frac{20}{100}$) qui contiendra 5 pour cent d'acide chlorhydrique.

Pour les dilutions à plus de $\frac{1}{5}$, on pourra utiliser une éprouvette de 200 ou de 500 cm³ au lieu de 100.

Après dilution, agiter le contenu de l'éprouvette puis le laisser reposer pendant 15 mn. L'agiter alors de nouveau et remplir aussitôt après la cellule de comptage, de la manière indiquée sous *a*).

Précautions à prendre avant le comptage

Avant de procéder au comptage, on essuiera avec un chiffon la face supérieure de la plaque qui recouvre la cellule, de même que la face inférieure de la cellule, afin d'enlever toute pellicule et de prévenir toute buée due à l'évaporation d'un excédent de liquide, faute de quoi le comptage avec l'éclairage à fond sombre risque d'être rendu très difficile.

En outre, on contrôlera régulièrement la teneur en particules de l'acide chlorhydrique et, le cas échéant, de l'eau distillée ajoutés à l'échantillon, pour éviter les erreurs qui pourraient être introduites de cette façon.

Caractéristiques du microscope

Le comptage s'effectue, comme on l'a déjà indiqué, avec l'éclairage sur fond sombre. La technique d'observation est semblable à celle qui est utilisée pour l'examen des échantillons de poussières prélevées au conimètre.

- Oculaire compensateur d'un grossissement de 15 fois;
- Objectif apochromatique de 16 mm et d'une ouverture au moins égale à 0,25;
- Condensateur Abbe, ouverture numérique: 1,2;
- Disque-écran de 9 mm de diamètre (ou du diamètre le plus approprié) monté de façon à pouvoir être engagé sous le condenseur pour l'éclairage sur fond sombre;
- Réticule quadrillé;
- Platine à chariot normale.

Le réticule utilisé pour l'examen des échantillons prélevés au conimètre convient parfaitement, à ceci près que c'est la partie quadrillée qui en est utilisée dans la méthode décrite ici. La dimension apparente des carrés du réticule doit être étalonnée, ce qui nécessite un micromètre objectif. Les carrés ont généralement 40 microns de côté.

Position du condenseur

Placer la cellule sur la platine du microscope et mettre au point le microscope sur le fond de la cellule. Régler alors le condenseur jusqu'à

ce que les particules qui reposent sur le fond de la cellule se détachent avec la plus grande luminosité.

Comptage

Les particules sont comptées dans cinq sections différentes de la cellule. On prend généralement comme section de comptage un groupe de quatre carrés contigus. La figure 125 indique la position des sections de comptage.

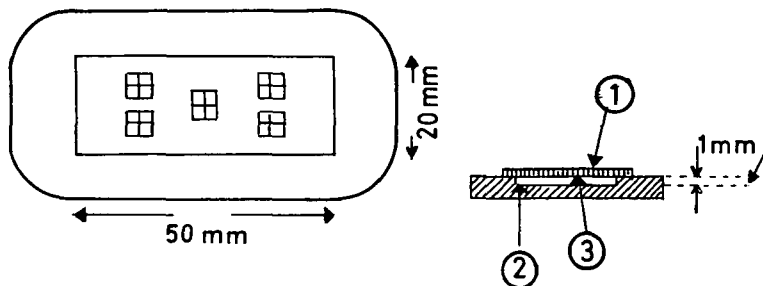


FIG. 125. — Disposition des lamelles pour le comptage en cellule profonde.

1: Dessus du couvre-objet; 2: fond de la cellule; 3: dessous du couvre-objet.

Compter tout d'abord toutes les particules visibles dans une section sur le fond de la cellule. Compter ensuite les particules en suspension dans la même section en remontant lentement le tube du microscope jusqu'à ce que la mise au point s'effectue sur la face inférieure de la plaque qui recouvre la cellule (on veillera à ne pas compter comme particules les défauts de la plaque de verre). Le nombre total des particules pour la section considérée est égal à la somme des particules visibles sur le fond de la cellule et des particules en suspension. Compter de même les particules dans les quatre autres sections.

Calcul de la concentration des particules

a) *Calcul de la concentration des particules dans la préparation.*

A supposer que la section de comptage soit un carré de 80 microns de côté (mesure prise au micromètre objectif) et que la cellule ait une profondeur de 1 mm; étant donné que:

$$1 \text{ micron} = \frac{1}{1\,000} \text{ mm},$$

le volume de liquide contenu dans une section de comptage est égal à:

$$\frac{80}{1\,000} \times \frac{80}{1\,000} \times 1 = \frac{6\,400}{1\,000\,000} \text{ mm}^3,$$

et le volume de liquide contenu dans cinq sections de comptage, à:

$$\frac{6\,400}{1\,000\,000} \times 5 = \frac{4}{125} \text{ mm}^3.$$

Etant donné que:

$$1 \text{ cm}^3 = 1\,000 \text{ mm}^3,$$

le coefficient de multiplication est de:

$$1\,000 : \frac{4}{125} = 31\,250.$$

En d'autres termes, on obtient le nombre de particules par cm^3 , pour la préparation contenue dans la cellule, en multipliant le nombre total des particules comptées dans les cinq sections par 31 250.

Toutefois, la précision de cette méthode de comptage étant limitée, la concentration des particules est généralement exprimée en millions de particules par cm^3 , avec une décimale. Dans le cas considéré, on obtiendra commodément la concentration, pour la préparation contenue dans la cellule, en divisant le nombre total des particules comptées dans les cinq sections par:

$$1\,000\,000 : 31\,250 = 32.$$

Le nombre 32, qui donne le résultat en millions de particules par cm^3 , ne peut être utilisé que dans le cas considéré ici, c'est-à-dire avec un réticule dont le quadrillage délimite des sections de comptage de

80 microns de côté (c'est-à-dire des carrés de 40 microns de côté) et une cellule de 1 mm de profondeur. Le nombre qui doit être utilisé dans chaque cas doit être déterminé une fois mesurée la dimension apparente des carrés du réticule.

b) *Calcul de la concentration des particules dans l'échantillon (corrections nécessitées par la dilution).*

i) Addition d'acide chlorhydrique uniquement:

Pour tenir compte de l'addition de 5 pour cent d'acide chlorhydrique et déterminer le nombre de particules par cm^3 dans l'échantillon, on multiplie le résultat obtenu plus haut par $\frac{100}{95}$. A supposer que l'on ait dénombré 112 particules dans les cinq sections de comptage, on arrive à:

$$\frac{112}{32} \times \frac{100}{95} = 3,7 \text{ millions de particules par cm}^3,$$

cela, pour l'échantillon lui-même.

ii) Addition d'acide chlorhydrique et d'eau:

On ne tient pas compte séparément de l'addition d'acide chlorhydrique. La correction est opérée en une fois pour l'addition d'acide et d'eau. On obtient le nombre de particules par cm^3 dans l'échantillon en multipliant le nombre de particules par cm^3 dans la préparation par le nombre de fois que l'échantillon a été dilué. Ainsi, à supposer encore que l'on ait dénombré 112 particules dans les cinq sections de comptage et que la préparation ait été obtenue par une dilution au $\frac{1}{10}$, on arrive à:

$$\frac{112}{32} \times 10 = 35 \text{ millions de particules par cm}^3$$

dans l'échantillon.

Détermination de la granulométrie des particules

La détermination de la granulométrie des particules au microscope avec l'éclairage à fond sombre ne donne pas des résultats satisfaisants. Elle n'est pas recommandée.

Nettoyage des cellules

Après usage, les cellules de comptage doivent être rincées sous l'eau d'un robinet et essuyées avec un chiffon fin. L'intérieur doit être nettoyé avec soin au moyen d'un chiffon sec de toile d'excellente qualité. Les petits déchets de tissu et les poussières pourront être enlevés, dans les coins de la cellule notamment, avec un pinceau de poil de chameau. Les cellules seront conservées dans un récipient de verre couvert jusqu'à ce que l'on en ait de nouveau besoin.

ANNEXE 2

ESSAI DES MARTEAUX PERFORATEURS ET DES PERFORATRICES

En 1955, une réunion d'experts de l'O.I.T. recommandait que des dispositifs efficaces de prévention et de suppression des poussières fussent incorporés, dès la construction, sur les machines et les engins dont le fonctionnement produit ou disperse des poussières. Elle ajoutait que les dispositifs en question devraient être soumis, par les soins d'organismes compétents, à des essais qui permettent d'en contrôler l'état et l'efficacité. Il est indispensable, en effet, d'éprouver le matériel générateur de poussières. Dans plusieurs pays, même, seul le matériel qui a subi de tels essais est utilisé. La présente annexe contient la description de trois installations aménagées aux Etats-Unis, au Royaume-Uni et dans la République sud-africaine, pour les essais de marteaux perforateurs, de perforatrices et de matériel de foration.

ETATS-UNIS

Le Bureau des mines des Etats-Unis, qui accomplit, en matière d'essais, un vaste travail, a arrêté certaines dispositions sur les épreuves d'homologation des machines de foration et du matériel auxiliaire, en particulier des dispositifs de captage des poussières de foration¹. La description qui suit a trait aux essais normalisés auxquels sont soumis les dispositifs de cette dernière catégorie.

Les essais des dispositifs de captage conçus pour les marteaux perforateurs sont effectués: pour la foration ascendante, avec un *stoper* dont le piston a un diamètre de 73 mm; pour la foration descendante,

¹ C. W. OWINGS, F. G. ANDERSON, J. P. HARMON, L. JOHNSON et L. B. BERGER: *Drill-Dust Collectors Approved by the Bureau of Mines as of January 31, 1956*, Information Circular 7741 (Washington, United States Department of the Interior, Bureau of Mines, mars 1956).

avec un marteau perforateur lourd (*sinker*) dont le piston a un diamètre de 64 mm; pour la foration horizontale, avec le marteau perforateur utilisé pour la foration descendante mais monté sur un support. On utilise des taillants en croix armés de plaquettes de métal dur d'un diamètre de 32 mm pour la foration ascendante et de 45 mm pour la foration horizontale ou descendante. Quant aux fleurets, ce sont des fleurets creux hexagonaux de 22 mm. Les marteaux perforateurs sont alimentés en air comprimé sous une pression d'environ 6 à 6,7 atmosphères. Au besoin, l'air comprimé peut être envoyé à travers le canal du fleuret pour nettoyer le trou.

Les essais des dispositifs de captage conçus pour les perforatrices sont effectués: pour la foration ascendante, avec une perforatrice électrique montée sur chariot et pourvue d'un dispositif d'avancement hydraulique; pour la foration horizontale, avec une perforatrice électrique montée sur colonne. La perforatrice utilisée dans le premier cas a une vitesse maximale d'avancement d'un peu plus de 5 m/mn, un couple d'environ 14 m/kg à 900 tours/mn et une poussée voisine de 3 200 kg; elle est mue par un moteur électrique de 10 CV. La perforatrice utilisée pour la foration horizontale a une vitesse de pénétration nominale de 0,75 m/mn; elle est mue par un moteur électrique de 2,25 CV. Pour la foration ascendante, on utilise des taillants armés de plaquettes de métal dur d'un diamètre extérieur de 35 mm et des fleurets hélicoïdaux de 32 mm; pour la foration horizontale, on emploie des taillants à deux ailes armés de plaquettes de métal dur d'un diamètre extérieur de 51 mm et des fleurets hélicoïdaux de 44 mm.

Déroulement des essais

Les essais sont effectués à la mine de charbon expérimentale du Bureau des mines à Bruceton (Pennsylvanie), ou aux autres endroits fixés par le Bureau des mines. Avant le début des essais, les dispositifs et les filtres de captage des poussières sont nettoyés et mis en ordre de marche. La chambre d'essai est isolée au moyen d'une cloison de toile du reste de la mine. Les surfaces intérieures de la chambre sont arrosées, avant le commencement des essais également. Exception faite des déplacements d'air provoqués par les mouvements des préposés aux essais et par le fonctionnement du matériel de foration, il n'y a pas de circulation d'air dans la chambre d'essai. Dix trous sont forés dans chaque position et avec chaque type de machine de foration. Toutefois, lorsque la foration est effectuée à travers des gabarits d'acier, cinq trous sont

forés verticalement au toit et cinq trous sont forés obliquement; de même, lorsque la foration est descendante, cinq trous sont forés verticalement dans le sol et cinq trous sont forés obliquement. Comme gabarits, on utilise des fers en U de 10 cm de largeur, des traverses de voies ou d'autres éléments choisis de façon que les essais s'effectuent dans des conditions semblables à celles qui se rencontrent en pratique dans les mines de charbon. Tous les trous sont forés jusqu'à une profondeur de $1,20 \text{ m} \pm 8 \text{ cm}$. Ils sont espacés de façon à éviter les interférences et obturés généralement, une fois forés, pour empêcher que les essais suivants ne soient faussés par les poussières qui proviendraient d'anciens trous. Les trous « verticaux » doivent former avec la verticale un angle compris entre 0 et 10 degrés, et les trous « obliques », un angle compris entre 30 et 45 degrés; quant aux trous horizontaux, ils doivent former avec l'horizontale un angle compris entre 0 et 15 degrés (les trous étant forés dans une bande schisteuse à une hauteur de 1,80 m environ par rapport au mur).

Détermination des résultats

La concentration des poussières en suspension dans l'air est déterminée à l'aide d'échantillons prélevés au moyen d'un midget impinger, pendant la foration des trous, dans la zone respiratoire du foreur. Le prélèvement des échantillons se poursuit du début à la fin de la foration du trou et ne s'interrompt que lors des changements de fleuret. Le comptage des poussières recueillies est effectué par la méthode normalisée du Bureau des mines (comptage au microscope avec l'éclairage à fond clair). Un échantillon de référence est prélevé juste avant le début de la foration. Le nombre de particules donné par cet échantillon est déduit du nombre donné par chacun des échantillons prélevés par la suite. La concentration moyenne nette des particules, telle qu'elle est déterminée d'après les échantillons prélevés pendant les essais, est calculée sur la base des résultats donnés par 80 pour cent au moins des échantillons prélevés au cours de chacune des épreuves (foration de dix trous dans des conditions déterminées).

Le dispositif de captage qui fait l'objet des essais n'est homologué que si la concentration nette des poussières qui n'ont pas été retenues par l'unité de captage et qui ont passé en suspension dans l'air ne dépasse pas environ 350 particules de 10 microns au plus par centimètre cube.

Homologation

Les résultats des essais sont étudiés avec soin. L'exactitude des caractéristiques et des dessins fournis par le constructeur est vérifiée par comparaison avec le matériel. Si le dispositif de captage ne répond pas à telle ou telle condition d'homologation, le fabricant qui a déposé la demande d'homologation en est avisé par une communication qui contient tous renseignements utiles à ce sujet, afin d'avoir la possibilité de remédier éventuellement aux défauts de l'appareil. Si le dispositif de captage répond à toutes les conditions d'homologation, le résultat est communiqué au fabricant avec la photographie d'un modèle de plaque d'homologation. La plaque d'homologation indique le type de machine de foration avec lequel le dispositif de captage peut être utilisé, la direction de foration pour laquelle il est homologué et le mode de montage des éléments de l'unité de captage. Les utilisateurs des appareils homologués sont invités à lire ces plaques avec soin et à prendre connaissance des conditions d'utilisation pour lesquelles l'appareil est homologué.

Entretien des appareils de captage

On lit, sur la plaque d'homologation, que l'appareil de captage empêche que l'air ne se charge d'une quantité dangereuse de poussières, mais à condition d'être utilisé correctement et d'être maintenu dans l'état où il a été essayé. Le Bureau des mines met le plus grand soin à déterminer l'efficacité de tous les appareils qu'il essaie. Si toutefois ces appareils sont modifiés de quelque façon que ce soit, s'ils sont utilisés d'une manière qui n'est pas autorisée ou dans des conditions qui ne sont pas mentionnées sur la plaque d'homologation, ou encore s'ils ne sont pas entretenus conformément aux instructions données par le fabricant pour chaque appareil, ils risquent de perdre leur efficacité, et les travailleurs, d'être exposés à des concentrations dangereuses de poussières.

ROYAUME-UNI

Au Royaume-Uni¹, les essais sont effectués dans des conditions rigoureusement définies à la mine de Greenside (Westmorland),

¹ J. T. BURDEKIN et J. BROOMHEAD : *The Testing of Pneumatic Percussive Drilling Machines for Dust Production*, Research Report No. 25 (Sheffield, Safety in Mines Research Establishment, 1951).

dans la galerie expérimentale du ministère de l'Énergie. Les terrains où la galerie est située sont constitués par du porphyre feldspathique dur dont la texture est très uniforme. Les essais de perforatrices sont effectués dans une roche plus tendre (comme le grès).

La galerie a une largeur et une hauteur d'environ 2 m. Elle est creusée dans de la roche compacte perpendiculairement à la fendue principale de la mine, à environ 1,6 km à l'intérieur de celle-ci. A environ 6 m du front, la galerie est fermée par une cloison de bois recouverte de toile et fixée dans le toit, les parements et le sol de façon à former une chambre d'essai d'un peu moins de 35 m³. L'aérage secondaire est assuré par un turboventilateur qui aspire l'air dans la fendue et le refoule dans la chambre d'essai par une canalisation de métal et de toile de 30 cm de diamètre. Le débit d'air est réglable; il est en principe d'environ 0,1 m³/s par mètre carré de la section du front. Une porte est ménagée dans la cloison qui ferme la galerie (cette porte est normalement fermée), ainsi qu'une ouverture d'un peu moins de 0,1 m², par où l'air s'échappe. C'est habituellement à cette ouverture que sont prélevés les échantillons d'air.

La galerie est également équipée de canalisations électriques ainsi que de canalisations d'air comprimé filtré et d'eau filtrée. La canalisation d'air comprimé qui alimente les machines de foration est pourvue d'un filtre et de collecteurs destinés à débarrasser l'air des poussières et de l'humidité qu'il contient. La pression normale de l'air est de 6,7 atmosphères; elle est réduite, à la machine de foration, à 5,3 atmosphères. Après avoir été filtrée une première fois, l'eau arrive dans un grand réservoir maintenu sous pression grâce à un raccordement à la canalisation d'air comprimé et muni lui aussi d'un filtre sur la canalisation de sortie. La pression de l'eau est généralement réglée à environ 3,2 kg/cm², mais peut être portée jusqu'à 6,7 kg/cm².

Des manomètres, des débitmètres, des robinets et des vannes de commande sont montés sur les canalisations d'air et d'eau dans une petite chambre creusée dans la roche sur un côté de la galerie, en arrière de la chambre d'essai.

Préparation des essais

La quantité de poussières contenue dans l'air comprimé et dans l'eau qui arrivent dans la chambre d'essai est déterminée à partir d'échantillons (pour l'air, les échantillons de poussières sont prélevés au moyen d'un précipitateur thermique ou d'un conimètre; les échan-

tillons d'eau sont examinés au microscope). Ce contrôle doit permettre de s'assurer que les dispositifs de filtration fonctionnent bien.

La machine de foration qui doit être essayée est montée sur son support et raccordée aux canalisations d'air comprimé et d'eau (le support se compose d'un bâti à colonnes et d'une barre transversale; la machine de foration est montée sur une glissière à vis avec commande manuelle qui est fixée elle-même sur la barre transversale). Après avoir ouvert l'admission d'eau, on fore dans le front de la galerie, aux endroits indiqués par le préposé aux essais, une série de trous d'amorçage d'une profondeur d'environ 10 cm.

L'amorçage des trous, c'est-à-dire la foration des premiers centimètres, produit une quantité de poussières plus grande, pour un avancement égal, que la suite de la foration. En outre, la quantité de poussières produite peut être influencée par des facteurs qui échappent à tout contrôle, tels que la configuration de la surface de la roche, la facilité ou la peine qu'a le foreur à amorcer proprement le trou, le temps que demande l'amorçage jusqu'à ce que le trou ait une profondeur suffisante pour que l'eau injectée ne se disperse plus et qu'elle se mélange intimement avec les poussières formées par le taillant. C'est pourquoi les trous sont amorcés avant les essais proprement dits, afin que l'effet des facteurs de ce genre soit atténué. Dans les conditions normales de foration, on devrait, en plus de l'injection, pulvériser de l'eau sur le front pendant l'amorçage des trous.

Pour épurer l'atmosphère et humidifier les poussières produites au cours de l'amorçage des trous, on lave à grande eau le toit, les parois et le sol de la galerie à proximité du front, tout en faisant fonctionner l'installation d'aérage jusqu'à ce que l'atmosphère de la chambre d'essai soit pure.

La porte de la cloison placée dans la galerie est fermée, et les fuites décelées entre la cloison et la roche, sur le pourtour de la galerie, sont colmatées. L'aérage secondaire est réglé de façon à donner le débit prescrit (environ 0,1 m³/s par mètre carré de la section du front).

Un précipitateur thermique est installé près de l'ouverture ménagée dans la cloison. C'est à l'aide de cet appareil que seront prélevés les échantillons des poussières produites par la machine de foration et mises en suspension dans l'air (planche XII).

Déroulement des essais

La machine de foration est mise en place de façon à forer un des trous précédemment amorcés. L'alimentation en air comprimé et

en eau est réglée à une pression de $5,25 \pm 0,35$ atmosphères pour l'air et à $3,15 \pm 0,35$ kg/cm² pour l'eau. Dès que l'eau s'écoule librement de l'ouverture du trou, la foration commence — c'est un foreur qualifié, un représentant de la fabrique intéressée souvent, qui l'effectue — et se poursuit jusqu'à ce qu'un échantillon d'une densité satisfaisante ait pu être prélevé à l'aide du précipitateur thermique. Pour les essais officiels, huit trous d'une profondeur de 1,2 m doivent être forés. Le prélèvement des échantillons se poursuit pendant toute la période de foration.

Détermination des résultats

Au terme des essais, les lames de verre sur lesquelles les échantillons ont été recueillis sont envoyées au laboratoire de lutte contre les poussières du ministère de l'Energie à Sheffield. On les porte tout d'abord pendant 15 mn à une température de 500° C environ afin d'éliminer toute souillure fortuite — traces d'huile ou d'eau, particules contenant du carbone. Une fois refroidis, les échantillons sont montés sur des lames de microscope de $7,5 \times 2,5$ cm. Le dépouillement, qui porte sur les poussières de 0,5 à 5 microns de diamètre équivalent, est alors effectué au microscope à l'aide d'un instrument dont les caractéristiques sont les suivantes: objectif à immersion: distance focale 2 mm; oculaire: grossissement 10 fois; condenseur: ouverture numérique: 1,0; éclairage à fond clair.

Norme imposée

Les essais sont considérés comme satisfaisants si le nombre de particules produites par la foration est inférieur à 450 par centimètre cube d'air échantillonné.

Comme les autres normes d'empoussiérement, ce chiffre est arbitraire dans la mesure où l'on ne dispose pas de données médicales précises quant à la concentration maximale admissible de poussières. Il a été déterminé en fonction des résultats qui peuvent être obtenus — à en juger par l'expérience acquise jusqu'ici, notamment en Afrique du Sud — lorsque l'exploitation est bien conduite.

RÉPUBLIQUE SUD-AFRICAINE

Aux fins des essais effectués dans la République sud-africaine¹, la chambre d'essai est située dans un ancien traçage de 3×3 m

¹ D. G. BEADLE: « Research on Dust Problems by the Pneumoconiosis Research Unit », *Journal of the Mine Ventilation Society of South Africa* (Johannesburg), août 1957, pp. 155-166.

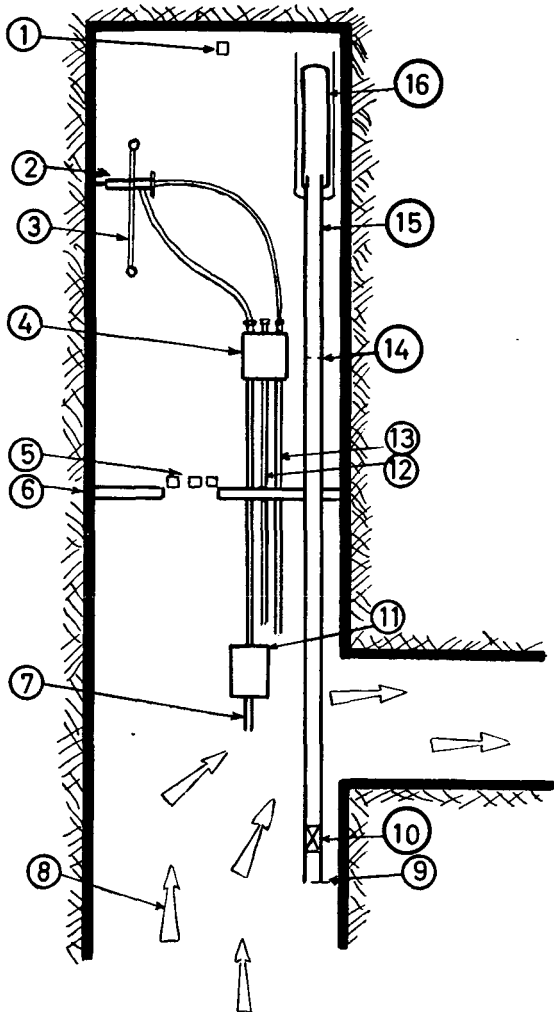


FIG. 126. — Galerie expérimentale de foration dans la République sud-africaine.

1: Précipitateur thermique placé à l'arrivée d'air; 2: foreuse; 3: support tubulaire; 4: soupapes de pression et manomètres; 5: position de trois précipitateurs thermiques; 6: cloison; 7: conduite d'air comprimé; 8: circulation d'air frais; 9: chicane; 10: ventilateur électrique; 11: compresseur d'appoint; 12: conduite d'eau non épurée; 13: conduite d'eau épurée; 14: plaque à orifice; 15: canar d'aéragé; 16: filtre à sacs de flanelle.

de section, dans une roche (la roche encaissante) d'une composition pratiquement uniforme sur toute la longueur de la chambre. Elle peut être atteinte facilement à partir d'un puits voisin.

L'aménagement de la galerie est indiqué schématiquement à la figure 126. Une cloison de bois étanche ferme la galerie à 18 m en arrière du front; on pénètre dans la chambre d'essai par une porte ménagée dans la cloison. L'aéragé est assuré par un ventilateur électrique. L'air frais est aspiré sur le parcours du courant d'aéragé qui provient du puits principal d'entrée d'air et refoulé dans la chambre d'essai par une canalisation de 56 cm de diamètre. Il est filtré à la sortie de la canalisation à l'aide d'un manchon de flanelle. La canalisation se termine à 1 m environ du front de la galerie. L'air balaie ensuite la chambre d'essai, qu'il quitte à travers une ouverture d'environ 0,4 m² ménagée dans la cloison de la galerie. La quantité d'air frais qui est refoulée dans la chambre d'essai peut être réglée à l'aide d'une vanne montée à l'entrée de la canalisation (c'est-à-dire à l'endroit où l'air est aspiré). Le débit d'air est donné par un manomètre à tube incliné à huile de pétrole qui mesure la différence de pression en amont et en aval d'un diaphragme placé dans la canalisation (le manomètre est étalonné de façon à donner directement le débit). Le volume total d'air envoyé dans la chambre au cours d'un essai est égal à la somme du volume d'air refoulé par l'installation d'aéragé secondaire et du volume (après détente) de l'air comprimé qui actionne la machine de foration.

La machine de foration qui doit être essayée est montée sur un support tubulaire. La poussée qui doit lui être appliquée au cours de la foration est fournie par un moteur à air comprimé. Les trous sont forés dans les parois latérales de la chambre d'essai.

Les canalisations d'air comprimé et d'eau qui alimentent la machine de foration sont munies de soupapes réglables qui maintiennent la pression à la valeur désirée (à 0,07 atmosphère près). La pression effective est donnée par des manomètres. Le débit de l'air comprimé qui alimente la machine de foration est mesuré à l'aide d'un débitmètre. La canalisation d'air comprimé est pourvue d'un compresseur d'appoint qui permet d'obtenir des pressions élevées s'il y a lieu. L'air comprimé qui actionne la machine de foration est préalablement filtré; les contrôles montrent que la teneur en poussières en est négligeable.

Deux sortes d'eau peuvent être utilisées, selon les besoins: de l'eau « propre », c'est-à-dire l'eau qui est distribuée par le réseau de la mine, et de l'eau « sale », c'est-à-dire de l'eau qui a déjà été utilisée dans la mine et qui est refoulée à la surface. La concentration des particules

en suspension dans l'eau varie, de même que la teneur de l'eau en sels dissous. Pendant les essais, un échantillon de l'eau utilisée est prélevé goutte à goutte de façon continue à l'aide d'un dispositif spécial monté sur la canalisation. La quantité de particules en suspension et de substances en solution dans l'eau peut être mesurée de plusieurs manières.

La quantité d'eau pulvérisée par la machine de foration au cours des essais est déterminée d'après l'humidité absolue de l'air qui quitte la chambre d'essai sitôt avant le début de la foration, puis au cours de la foration. En multipliant l'accroissement de l'humidité (masse d'eau par unité de volume d'air) par le débit d'air qui traverse la chambre, on obtient la quantité effective d'eau évaporée (masse d'eau par unité de temps).

Un précipitateur thermique est disposé au front de la galerie. Les échantillons prélevés à l'aide de cet appareil doivent permettre de déterminer la teneur en poussières de l'air refoulé par l'installation d'aérage secondaire (elle est toujours faible, de l'ordre de 20 particules par centimètre cube).

Trois précipitateurs thermiques sont disposés sur une tablette devant l'ouverture ménagée dans la cloison qui ferme la galerie, de telle manière que l'air qui quitte la chambre d'essai passe par-dessus. Les trois résultats obtenus à partir des échantillons prélevés de la sorte concordent étroitement d'ordinaire. On prend comme chiffre, pour la concentration des poussières dans l'air qui quitte la chambre d'essai, la moyenne de ces trois résultats. De ce chiffre (généralement compris entre 200 et 3 000 particules par centimètre cube avant traitement des échantillons à l'acide), on déduit celui de la concentration des poussières dans l'air refoulé dans la chambre d'essai, puis on corrige le résultat de façon à obtenir la concentration des particules pour un débit d'air de référence égal à 1 000 pieds cubes/mn (environ 0,5 m³/s). En fait, le débit optimal s'est révélé être d'environ 3 000 pieds cubes/mn (1,4 m³/s). On a établi par des expériences que l'on pouvait corriger le résultat, de façon à passer de 3 000 à 1 000 pieds cubes/mn, par une simple réduction proportionnelle.

Déroulement des essais

Les poussières formées au cours de la foration ont deux origines principales: les unes sont produites par la désintégration de la roche sous l'action du taillant au fond du trou et par suite du frottement du

fleuret contre les parois du trou, les autres, par la pulvérisation et l'évaporation de l'eau d'injection chassée à une vitesse élevée à travers les orifices d'échappement ménagés dans la partie avant de la machine de foration.

Ces deux sortes de poussières seront désignées ici du nom de « poussières de foration » et de « poussières de pulvérisation », respectivement. Lorsque la quantité de poussières des deux sortes est mesurée globalement, on obtient la « production totale de poussières » de la machine.

Pour pouvoir mesurer séparément la quantité de poussières de foration et la quantité de poussières de pulvérisation, on procède comme suit. On place d'abord sur le trou un capuchon d'aspiration à travers lequel passe le fleuret; à l'aide d'un éjecteur d'air, on aspire les poussières de foration pour les rejeter hors de la chambre d'essai sans chercher à en mesurer la concentration. La production de poussières est déterminée alors à partir des échantillons prélevés à l'endroit habituel, c'est-à-dire à l'ouverture ménagée dans la cloison de la galerie. Le résultat donne la quantité de poussières produite par la pulvérisation.

On enlève ensuite le capuchon d'aspiration qui coiffe le trou, on encoffre la machine de foration dans un carter étanche et on évacue hors de la chambre d'essai les poussières de pulvérisation. La production de poussières est déterminée comme précédemment, mais le résultat indique cette fois la quantité de poussières de foration. Dans les deux cas, il va sans dire, la quantité de poussières contenues dans l'air qui est refoulé dans la chambre d'essai est déduite des résultats obtenus.

Les essais sont suivis par deux observateurs, que secondent quatre ou cinq assistants. La formation de poussières causée par les déplacements du personnel au cours du travail est négligeable — elle est habituellement inférieure à 30 particules par centimètre cube — comme l'ont montré des contrôles effectués expressément à cet effet. Lorsque tout est prêt, la machine essayée commence à forer un trou qui a été amorcé au préalable. Le précipitateur thermique placé au front de la galerie sur le chemin de l'air refoulé dans la chambre d'essai est mis en marche, puis, 2 mn après, les trois précipitateurs thermiques disposés devant l'ouverture par où l'air quitte la chambre d'essai.

Un observateur surveille la foration, contrôle et relève la pression de l'eau et de l'air comprimé et mesure le temps nécessaire — de 5 à 15 mn — pour que le fleuret avance de 120 cm dans la roche. Avant l'essai, cette distance est marquée sur le fleuret par deux traits de peinture,

de façon à simplifier la mesure. Pour éliminer l'effet que l'usure du taillant pourrait avoir sur la production de poussières, on utilise pour chaque trou un nouveau fleuret avec taillant en carbure de tungstène.

Le second observateur s'occupe du prélèvement des échantillons de poussières, relève la température (qui sert à déterminer, à l'aide de tables, l'humidité absolue), surveille le prélèvement des échantillons d'eau, mesure le débit d'air qui parcourt la chambre d'essai et enregistre toutes les données utiles.

Les essais portent sur la foration d'un seul trou. Le prélèvement des échantillons est interrompu au moment où la foration du trou est terminée.

Après la foration d'un trou, on laisse de l'air frais circuler dans la chambre d'essai pendant 10 mn au moins. Aussi bien les calculs que les contrôles pratiques qui ont été effectués à ce sujet montrent en effet que cet intervalle est suffisant pour que soient évacuées toutes les poussières produites au cours d'un essai.

S'il se produit un contretemps grave au cours d'un essai (si la machine de foration ne fonctionne pas convenablement, par exemple), il n'est pas tenu compte de l'essai, qui est recommencé. Au cours d'une journée normale de travail, on parvient habituellement à faire douze essais environ, encore qu'on puisse arriver jusqu'à dix-huit.

Détermination des résultats

Les lames sur lesquelles ont été prélevés les échantillons de poussières sont ramenées au jour. Les échantillons sont traités, et les particules comptées dans un laboratoire de recherche sur les poussières. Deux comptages au microscope sont effectués: le premier, après que les échantillons ont été portés à une température de 550° C environ, pour éliminer les particules de carbone, d'huile et de matières organiques qui se déposent, lorsque l'air en contient, avec les poussières; le second, après que les échantillons ont été portés à haute température, traités dans un bain chaud d'acide chlorhydrique à 50 pour cent, afin d'éliminer les sels inorganiques solubles produits par l'évaporation de l'eau, et portés enfin une nouvelle fois à haute température.

Le microscope optique utilisé pour le comptage a un grossissement de 1 500 fois et permet de distinguer les particules jusqu'à un diamètre d'environ 0,13 micron. Toutes les particules visibles au microscope sont comptées.

Les échantillons d'eau prélevés au cours des essais sont également ramenés au jour et analysés.

Toutes les données recueillies sont consignées sur des formules de rapport spéciales, et tous les calculs sont vérifiés par une personne étrangère aux essais. Les données sont alors transmises à un statisticien pour être analysées.

ANNEXE 3

INSTALLATION DE FILTRATION DES FUMÉES ET DES POUSSIÈRES DE TIR

La disposition d'une installation de filtration des fumées et des poussières de tir dépend, dans ses grandes lignes comme dans les détails de la construction, des exigences auxquelles doit répondre cette installation, et de l'endroit où elle doit être montée. L'aménagement peut ainsi changer selon les cas; cependant le schéma de la figure 127 peut être considéré comme celui d'une installation type ¹. Plusieurs installations ont été montées, sur ce modèle, dans différentes mines, où leur fonctionnement a donné toute satisfaction.

Si l'on se reporte à la figure, on voit que l'installation comprend quatre grandes parties:

- a) un avant-filtre (filtration des grosses particules);
- b) un bac de grains de vermiculite imprégnés d'une solution absorbante (élimination des fumées de tir);
- c) un ventilateur;
- d) un filtre à manchons de flanelle (élimination des poussières fines).

Parmi les principales caractéristiques de construction et de fonctionnement de l'installation, on mentionnera celles qui suivent:

1. L'installation doit avoir un débit suffisant pour que toutes les fumées produites lors du tir soient entraînées.

2. La surface du bac de grains de vermiculite devrait être calculée à raison d'environ 1 m² pour 15 m³/mn d'air.

3. Le bac de vermiculite devrait avoir une hauteur de 75 à 100 cm.

¹ S. R. RABSON: « Investigation into the Elimination of Nitrous Fumes », *Mine Ventilation Society of South Africa Monthly Bulletin* (Johannesburg), août 1955, pp. 155-161.

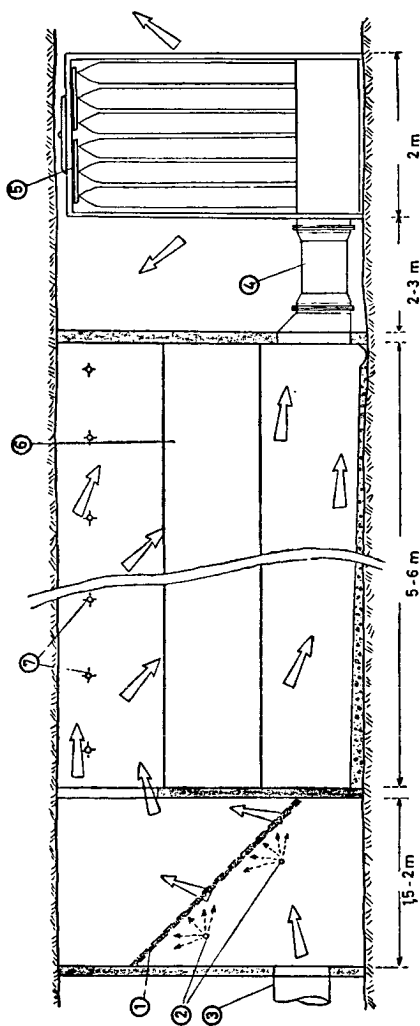


FIG. 127. — Plan d'une installation pour l'élimination simultanée des fumées et des poussières de tir.
 1: Filtre d'entrée (nattes de fibres de coco sur un tamis à mailles de 2,5 cm); 2: pulvérisateurs à eau; 3: entrée de l'air dans l'installation; 4: ventilateur; 5: filtre à poussières vertical à tubes multiples; 6: couche absorbante de vermiculite posée sur un tamis; 7: pulvérisateurs de solution absorbante.

4. Le calibre des granules de vermiculite devrait être compris entre 3 et 13 mm.

5. Pour le poids du bac de vermiculite, on peut compter 120 kg par mètre cube.

6. Pour la résistance du filtre de vermiculite, on peut compter 75 mm de colonne d'eau pour une vitesse de l'air de 0,25 m/s.

7. L'air devrait traverser la couche de vermiculite de haut en bas. De cette façon, l'agent chimique s'altérera en commençant par le haut et pourra être régénéré par simple pulvérisation de solution fraîche sur la face supérieure du filtre. De plus, avec un courant d'air descendant, le risque est moins grand de voir des canaux se former dans les granules du filtre que dans le cas contraire.

8. Des fenêtres hermétiques devraient permettre de contrôler l'état du filtre et de pulvériser la solution absorbante. La pulvérisation devrait se faire à l'aide d'une lance et d'une pompe; les pulvérisateurs fixes, en effet, ne donnent pas de bons résultats.

9. La solution filtrante devrait être pulvérisée à raison d'environ 20 litres par mètre carré de la surface du bac de vermiculite. L'imprégnation initiale du filtre devrait être obtenue par trois pulvérisations successives effectuées à un jour d'intervalle.

10. Comme agent absorbant on devrait utiliser une solution à 5 pour cent de cristaux de soude du commerce (Na_2CO_3) et à 5 pour cent de permanganate de potassium (KMnO_4). Pour que la dissolution soit satisfaisante, les cristaux de soude et le permanganate de potassium devraient être ajoutés au volume d'eau prescrit 24 h au moins avant la pulvérisation, et un brassage devrait être assuré en permanence jusqu'au moment de la pulvérisation par barbotage d'air comprimé dans la solution.

11. La pulvérisation sera répétée, dans des conditions normales, une fois par semaine environ.

12. L'installation devrait être doublée par un circuit de dérivation que l'air puisse emprunter (sans traverser l'installation) pendant les intervalles qui séparent les tirs.

13. Pour des raisons de sécurité, le bac de vermiculite et son enceinte devraient être mis en dépression de façon que, si les parois n'en sont pas absolument étanches, il ne se produise pas de fuite vers l'extérieur. En revanche, il peut y avoir intérêt à mettre le filtre à poussières en surpression, c'est-à-dire à intercaler le ventilateur entre le bac de vermiculite et le filtre à manchons de flanelle.

14. Comme avant-filtre, on peut utiliser avec de bons résultats une natte de fibre de coco placée sous le jet de pulvérisateurs. On évitera de cette façon que le filtre de vermiculite ne se colmate en retenant les grosses poussières.

15. Tous les dispositifs de commande de l'installation devraient s'actionner d'un endroit où l'atmosphère soit pure.

16. L'air épuré devrait être dilué dans une proportion de 1 à 5 avec de l'air frais.

Note. — Dans la construction de l'installation, on ne devrait pas utiliser de bois pour les éléments qui risquent d'être en contact avec la solution de permanganate: l'action de la solution de permanganate sur le bois provoquerait en effet un dégagement d'oxyde de carbone.

ANNEXE 4

MÉTHODE PROPOSÉE POUR LE COMPTAGE AU MICROSCOPE DES ÉCHANTILLONS DE POUSSIÈRES PRÉLEVÉS A L'AIDE DU PRÉCIPITATEUR THERMIQUE

Le comptage des particules fines s'effectue sous un fort grossissement avec l'éclairage à fond clair. Les caractéristiques du microscope utilisé, qui a donné toute satisfaction, sont les suivantes:

- a) revolver conçu pour trois objectifs;
- b) platine à chariot exempte de jeu;
- c) sous-platine à crémaillère avec condenseur centrable achromatique (ouverture numérique: 1,0);
- d) diaphragme à iris et disque-écran coulissant (diamètre: 6 mm) pouvant être engagé sous le condenseur pour l'éclairage à fond sombre;
- e) lampe à filament droit de 6 volts et de 6 à 8 watts avec rhéostat de réglage;
- f) filtre de verre dépoli et filtre vert;
- g) objectif achromatique de 16 mm (ouverture numérique: 0,30);
- h) objectif apochromatique à immersion de 2 mm (ouverture numérique: 1,30);
- i) oculaire compensateur (grossissement: 11 fois) muni d'un réticule spécial;
- j) diaphragme oculaire à ouverture en trou d'épingle.

Le tube du microscope est réglé sur la longueur normale de 160 mm. Le grossissement, avec l'oculaire 11 fois, est: lorsque le microscope est utilisé avec l'objectif de 2 mm, de 1 000 diamètres environ, et lorsque le microscope est utilisé avec l'objectif de 16 mm, de 120 diamètres environ.

Pour le comptage, les échantillons peuvent être examinés, soit sur des préparations permanentes, soit sur des préparations temporaires. L'observateur devra faire preuve de beaucoup d'adresse et de beaucoup de jugement. Avant d'essayer d'apprendre la technique décrite ici, il devra avoir reçu une certaine formation préliminaire qui l'ait familiarisé avec les travaux généraux de microscopie.

Méthode de comptage

1. Essuyer tous les éléments du système optique du microscope; essuyer avec un soin particulier la surface supérieure du condenseur.
2. Régler le microscope et la lampe de façon à obtenir le maximum de luminosité.
3. Placer la préparation sur la platine et repérer la bande de poussières qui constitue le prélèvement à l'aide de l'objectif faible.
4. Mettre le microscope parfaitement au point sur les particules à l'aide de la vis micrométrique; régler le condenseur de façon que les particules ressortent avec le plus de clarté.
5. Régler la position de la préparation sur la platine de façon que la bande de poussières soit parallèle à la direction du déplacement longitudinal de la platine; tourner l'oculaire jusqu'à ce que les lignes « horizontales » du réticule soient parallèles à la direction du déplacement transversal de la platine.
6. Choisir, sur la bande de poussières, une zone sur laquelle le microscope puisse être commodément mis au point et l'amener au centre du champ.
7. Passer de l'objectif faible à l'objectif fort (par immersion dans l'huile) et mettre au point le microscope sur la bande de poussières, après avoir mis en place le filtre de verre dépoli et le filtre vert.
8. Centrer et régler le condenseur.
9. Régler le rhéostat de façon à obtenir un éclairage clair et uniforme.
10. En déplaçant la platine, amener dans le champ l'un des bords de la bande de poussières, puis déplacer la bande sous l'objectif de

façon qu'elle traverse lentement le champ tout en réglant constamment la mise au point sur les particules. Compter les particules qui passent dans l'une des trois bandes du réticule (soit sur un tiers de la hauteur du réticule) et estimer leurs dimensions par comparaison avec les disques et les cercles numérotés indiqués sur le réticule.

11. Après comptage, nettoyer les plaques de verre sur lesquelles les échantillons sont recueillis et les placer dans une boîte de Petri ou un dessiccateur.

12. A la fin de la journée de travail, nettoyer l'objectif avec du xylol ou avec tout autre solvant approprié de façon à enlever l'huile.

L'observateur annonce la grandeur des particules à un assistant qui enregistre chaque particule, en fonction de ses dimensions, à l'aide d'une série de compteurs. L'observateur peut se passer de l'aide d'un assistant et enregistrer lui-même les résultats de la main gauche. En pareil cas, toutefois, il faut, soit munir le microscope d'un dispositif automatique qui commande le déplacement de la platine, soit parcourir la bande de poussières en plusieurs fois et enregistrer les particules qui apparaissent dans l'une des trois bandes du réticule entre chaque déplacement, tandis que la platine est fixe.

En théorie, le résultat est d'autant plus précis que le comptage a porté sur un nombre plus grand de particules. En pratique, toutefois, il y a une limite au nombre de particules qui peuvent être comptées sur une bande. Si l'échantillon est trop épais, le comptage est difficile et fatigant, et les résultats imprécis, en raison de la densité des particules. Si, au contraire, l'échantillon est trop clairsemé, les variations aléatoires ou les souillures risquent de fausser gravement les résultats. C'est avec une densité de 100 particules environ par bande parcourue au microscope (et de 300 particules au maximum) que l'on obtient, en pratique, les résultats les meilleurs. Dans la mesure du possible, les échantillons devraient être prélevés compte tenu de cette exigence. A la densité optimale de 100 particules par bande parcourue au microscope, chaque prélèvement devrait être compté deux fois, ce qui donne pour résultat du comptage environ 400 particules au total (un échantillon se composant de deux prélèvements). Si la densité des particules est de beaucoup inférieure à la densité optimale, le nombre des comptages devrait être augmenté.

Calcul de la concentration des poussières en suspension dans l'air

1. Déterminer la largeur de la bande de comptage délimitée par le réticule (c'est-à-dire de la bande correspondant à un tiers de la hauteur du réticule) à l'aide d'un micromètre objectif (dans le cas considéré ici, elle est généralement de 0,0085 à 0,0087 mm).

2. Déterminer la longueur des échantillons. La longueur des échantillons recueillis à l'aide d'un précipitateur thermique déterminé est constante et peut être mesurée, avec l'objectif faible, au moyen des verniers de la platine (toujours dans le cas considéré, elle est de 9,5 mm).

3. Calculer le nombre des particules en suspension dans l'air par centimètre cube à l'aide de la formule suivante:

Soit: N : nombre de particules par cm^3 ;

C : nombre total des particules comptées sur les deux prélèvements obtenus à l'aide du précipitateur thermique;

n : nombre de comptages par prélèvement (comptages effectués sur une bande correspondant à un tiers de la hauteur du réticule);

V : volume d'air échantillonné en cm^3 ;

0,0085: largeur de comptage (largeur de la bande correspondant à un tiers de la hauteur du réticule), en millimètres;

9,5: longueur des prélèvements, en millimètres;

On a:

$$N = \frac{C \times 9,5}{V \times n \times 0,0085} = 1\,120 \frac{C}{V \times n}$$

Exemple:

Volume d'air échantillonné : 200 cm^3 ;

Particules dénombrées :

prélèvement *A*: 105, 95, 100;

prélèvement *B*: 110, 120, 115.

Dans ces conditions:

$C = 645$;

$n = 3$;

$V = 200$.

Ce qui donne:

$$N = 1\,120 \frac{645}{3 \times 200} = 1\,200 \text{ particules par } \text{cm}^3.$$

ANNEXE 5

TYPES DE FORMULES EMPLOYÉES POUR L'ENREGISTREMENT DES RÉSULTATS DES PRÉLÈVEMENTS DE POUSSIÈRES DANS LES MINES DE CHARBON ET LES MINES MÉTALLIQUES

- 1. Formule employée dans les mines métalliques au Canada.**
- 2-5. Formules employées dans les mines de l'Office national du charbon au Royaume-Uni.**

1. FORMULE EMPLOYÉE DANS LES MINES MÉTALLIQUES AU CANADA

Mine Emplacement Date

Etat: Du front Des parements Des anciens travaux Des matériaux abattus

Mouillé

Humide

Sec

Pulvérisateur mixte à eau et à air utilisé Etat Observations

Pulvérisateurs à eau utilisés..... Dans quelle mesure

Temps écoulé depuis le tir Heure du tir CO

Atmosphère: Claire Brumeuse Gaz Fumées Poussières

Aérage:

Débit vitesse distance à partir du canar ou de l'aérage traversant section (m²)

Perforatrices: N° Type Modèle

Taillants: Cruciforme Ciseau Fabricant Nombre d'ouvertures latérales

Robinets à main Amorçage surveillé Humide Sec

Engins de chargement: Type Nombre d'ouvriers

Echantillons prélevés au comimètre:

| N° | Heure | Travaux en cours | Depuis | p/cm ³ * | Moyen | Observations |
|-------|-------|------------------|--------|---------------------|-------|--------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Echantillons de produits de filiation du radon:

| Heure | Durée | l/mn | Temps enregistré | écoulé | Désintégrations pCi/l par mn | Observations |
|-------|-------|-------|------------------|--------|------------------------------|--------------|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

* p/cm³ = particules par cm³.

2. FORMULE D.S.I. — DONNÉES RELATIVES A UNE TAILLE

440

| | | |
|--|--|------------------|
| Office national du charbon — Division du Sud-Ouest | | Formule D.S.I |
| Contrôle d'empoussiérage | | Région N° |
| Mine | Veine | Date |
| District | Classe du charbon | |
| Taille | Section de la veine { | |
| Longueur | Yards | |
| Quantité extraite | tonnes/jour | |
| Méthode de travail { Main ou machine | Nombre d'abatteurs | |
| { Chambres ou convoyeurs (biffer ce qui est inutile) | Autres sources de poussières | |
| Convoyeur de taille de galerie (type et n°) | Marteaux-piqueurs pneumatiques humides | |
| Distance de chargement | Marteaux-piqueurs pneumatiques secs | |
| Avancement journalier | Perforatrices percussion humide sèche | |
| Courant d'air au front therm. sec | rotation humide sèche | |
| Température du front: humidité relative | sèche | |
| Courant d'air frais | ou provenant de | (autres tailles) |

3. FORMULE D.S.2. — RÉSUMÉ DE TOUTES LES FORMULES D.S.1 POUR UNE MINE

Office national du charbon — Division du Sud-Ouest Formule D.S.2

Mine..... Région N°..... Sous-région..... Date..... à

Tableau synoptique de la concentration des poussières en suspension à chaque front établi par :

| District | Description de la taille | Mesures de suppression appliquées | Nombre d'échantillons prélevés | Nombre en dessous de 850 p/cm ³ | Nombre au-dessus de 850 p/cm ³ | Pourcentage relatif | Conditions en taille | Comparaison avec les résultats du mois précédent |
|-----------|--------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|---|---------------------|----------------------|--|
| | | | | | | | | |
| ~~~~~ | | | | | | | | |
| Remarques | | | | | | | | |

Signé
Ingénieur de sécurité régional

INDEX

A

Abatage:

- havage humide 183-185
- infusion d'eau pulsée 162-166, 213
- machines 189-196
- production de poussières 176-178

Aéragé:

- aspirant 60, 61-63, 83-87, 256-260, 283-288, 301
- avancements 60-67, 72, 299, 300-303
- cheminées principales 239
- concentration de poussières 53
- débit d'air 48, 55-56, 77
- murs d'aéragé 51, 69-70
- naturel 48
- normes 45-46
- par aspiration et refoulement alternatifs 67
- par aspiration et refoulement simultanés 61
- plans et registres 80
- des puits en cours de fonçage 72
- rebrassage de l'air 46
- répartition 50
- résistance 50, 52-53, 262
- secondaire 56-58
- en série 69
- soufflant 60, 63-65
- tailles 67-72
- vitesse 52, 72-79, 256-260

Agents mouillants 32-34

Voir aussi Eau

Air: *Voir* Aéragé

Air comprimé:

- pulvérisateurs à air et à eau 168-174

respirateurs 315

venturi 268

Voir aussi Airdox

Airdox 210-212

Ajutages:

- caractéristiques 39, 40
- commande automatique 42-43
- commande manuelle 41-42
- débit d'eau 39-40
- modèles 37
- pulvérisateurs à air et à eau 168-173

Altitude 308-309

Analyse des poussières:

- chimique 393-394
 - microscopique 395
 - spectrographique 395-396
 - thermique 396-397
- Voir aussi* Echantillonnage

Appareils de prélèvement: *Voir* Echantillonnage des poussières

Appareils filtrants: *Voir* Filtration, filtres

Archives (pour l'échantillonnage) 397

Asbestose 10

Aspirateurs:

- installations du jour 271
- moteurs électriques 287-289
- dans les voies (nettoyage) 245-246

Aspiration: *Voir* Aéragé

Avancements 60

Voir aussi Tunnels

Bandes de triage 274, 282
 Bennes racleuses: *Voir* Scrapers
 Boulonnage du toit 128-129
 Bourrage (cartouche d'eau) 166

B

Brouillard 155, 425
Voir aussi Machines
 Broyeurs: *Voir* Concasseurs

Canalisations:
 installations du jour 260-264
 poussières 67
 raccords 60
 ventilation 58-60, 303
 Cannes d'injection 200-201
 Capteurs de poussières: *Voir* Filtres
 Cardox 208-210
 Carrières:
 brouillard d'eau 293
 chargement 294
 concassage 291
 emboîtures 291
 sciage 293
 transport des produits 294
 Cellule photo-électrique 375
 CERCHAR 346
 Chambres et piliers (exploitation par):
 foudroyage 178-179
 infusion d'eau 204
 ventilation 71-72
 Chargement:
 manuel 216-217
 percement des tunnels 220, 303-304
 skips 240
 Chemocol 212
 Cheminées 216, 222, 239
 Circulation (voies du fond) 243-244
 Comptage (des particules):
 échantillons de poussières 433-436
 eaux de mine 409-415
 mesures 374-389

C

Concasseurs:
 au fond 128, 311-313
 laboratoires de contrôle 283
 préparation des minerais 277-280
 préparation du charbon 274
 roche 291
 Concentration maximale admissible:
Voir Normes d'empoussiérement
 Condensation:
 filtres 96
 précipitation des poussières 43
 Conduit échantillonneur à fente 336,
 352
Voir aussi Canalisations
 Conicycle 351
 Conimètres 333, 341-344, 372, 377-
 379
 Consolidation des poussières (dans les
 galeries) 246-252
 Continus (appareils de prélèvement):
 conduit échantillonneur à fente 352
 conicycle 351
 précipitateur thermique continu 352
 SIMGARD 352
 Convoyeurs:
 chargement et transbordement 229-
 231, 275-277
 dépoussiérage 225-229
 installations pour la préparation des
 minerais 276
 installations pour la préparation du
 charbon 275
 pertes 234

remblayage 111
sources d'empoussiérage 223-224
Coulours oscillants 110, 219
Cribles 272-274, 280-281
Culbutage:

lutte contre les poussières 83-85,
237-238
remblayage 108-109
tunnels 304
Cyclone: *Voir* Filtres

D

Débitage de la roche (carrières) 290-
294
Détergents
Voir Agents mouillants

Différentielle (analyse thermique) 393,
396
Diffractométrie (analyse) 395
Dräger (pompe) 348, 381

E

Eau:
acidité 24-25
alimentation 22-32, 188-189, 192-
194, 203-204, 298-299
applications 19-21
boulonnage du toit 128-129
chantiers éloignés 30
condensation 44
consommation 27, 39-40, 168, 310
distribution 28
havage 183-189
haveuses 188
méthode de comptage des particules
dans l'eau 26, 409-415
pompes 30
pression 27-28, 196-197, 205
qualité 23-24
recoupage des épontes 129
traitement 24-26
transport 216-220, 231-232, 304

Echantillonnage des poussières :
appareils:
classification 335
comparaison 332-333
récapitulation (tableau) 360
appareils continus 350-353

appareils optiques 337-338, 375
comparaison des instruments 332-
333
composition des poussières 329-331
concentration des poussières 329
détermination du risque coniotique
392
facteurs influant sur l'échantillonnage
332-334
par filtration 344-350
formation du personnel 403-405
par impact 338-344, 375-378
incinération 380, 394-395, 427
lieux de prélèvement 365-366
précipitateurs électrostatiques 353
précipitateurs thermiques 354-359,
383-385
prélèvements courants 364
règles et méthodes 364, 368-374
répartition granulométrique 329-
331, 387-389
sédimentation 331, 335
Voir aussi Analyse, eau
Electrostatiques (précipitateurs):
balance de Gast 354
échantillonneur 354

Ensachement (des matières pulvérulentes) 282-283, 294

Epontes (recoupage) 129

Erreurs de comptage (résultant de la superposition des particules) 384

Essais:

appareils filtrants 105-106, 316

dispositifs de captage 416-419
perforatrices 416-428

Explosif (procédés remplaçant le tir à l'): *Voir* Airdox, Cardox, Chemecol, Hydrox, véris hydrauliques

Extraction 239-242

F

Filtration:

appareils de prélèvement filtrants:

Dräger 348, 381-382

Füssel 347, 381-382

Göthe 347, 381

Hexhlet 350

P.R.U. 348, 382

Soxhlet 349

Zurlo 347-348

filtration de l'air:

cribles 83

grilles 83

installation d'aspiration 83-86

utilisation au fond 87

Voir aussi Filtres

Filtres:

à cadre 98

capteurs à venturi humides 267-269

cyclones 88-89, 266

électrostatiques 266

entretien 96, 106

épurateurs 267

essais 105

flanelle 91

installation 96

installations du jour 265-269

manchons 91

mécaniques 88

nettoyage 91

pour respirateurs 319-320

à sacs 98

à sciure 100

en tissus 99

utilisation dans les canars 71

Flanelle:

manchons 91

traitement 97

Fleurets 140

Fonderies 282

Foration:

captage des poussières 146-150

dans le percement des tunnels 297-299

contrôle 154

évacuation des poussières 150-154

injection centrale 132-138

injection latérale 138

normes de fonctionnement 146

pour l'infusion d'eau 200

à sec 145-154

terrains difficiles 143-144

Formation:

conducteurs des engins de chargement 217-218

cadres 400-401

personnel spécialisé 403-405

personnel temporaire 403

Voir aussi Personnel

Foudroyage:

élimination des poussières 124-128

production des poussières 123-124, 179

Fumées: *Voir* Tir

Füssel: *Voir* 347, 381-382

G

- Galeries:
 circulation 243-244
 consolidation des poussières 246-253
 nettoyage 236-237, 245-246
- Gast:
 appareil 350
 balance 354
- Gel 309
- Göthe 347, 381
- Goulottes 83-87, 215, 221-222, 236
- Grilles: *Voir* Filtration
- Gullick: *Voir* Vérins hydrauliques
- Gunitage 305

H

- Havage humide 183
- Haveuses 183
 choix des machines 191-192
 haveuses-chargeuses 194-196
 haveuse à trépan 195
 sources d'empoussiérage 185
- Hexhlet (appareil) 350
- Hottes 257-264
- Humidité (excessive dans les mines) 309
- Hydrox 212

I

- Impact (appareils de prélèvement fonctionnant par):
 conimètres 333, 341-344, 372, 377-379
 midget impinger 338-340
 midget scrubber 340
 pré-impinger 340-341
- Infusion d'eau:
 cannes d'injection 200-201
 possibilités d'emploi 196-199, 217
 pression 196
- trous d'injection 199
 Voir aussi Piliers, surveillance
- Installations du jour:
 ateliers 284-290
 broyeurs à barres (réparations) 290
 culbuteurs 271
 disposition des bâtiments 255
 ventilation 256
 Voir aussi Convoyeurs, cribles, hottes, laboratoires, lampisteries, trémies, vestiaires

J

Jet d'air comprimé 93

L

- Laboratoires de contrôle 283-284
- Lampisteries 290
- Le Bouchet (appareil) 369, 382, 391-392
- Locomotives 237

M

Machines:

- d'abatage 178-196
- de foration:
 - anciens modèles 130-132
 - à cannelures hermétiques 135-136
 - contrôle et entretien 154-156
 - essais 416-428
 - foration à sec 145
 - injection centrale 132-138
 - injection d'eau 143-144, 154-155
 - injection latérale 139-140, 155
 - orifices d'échappement avant 134, 297
 - perçement des tunnels 296
 - tubes d'injection 135
- mineurs continus 194
- remblayeuses 117-121

Marteaux perforateurs:

- à injection d'eau 132-144

Voir aussi Machines de foration

- Marteaux piqueurs 179-183, 185-186
- Masques à tuyau flexible 321-322
- Membranes (d'appareils de prélèvement filtrant) 383
- Microphotographie 388
- Microprojection 388
- Microscope:
 - examen 395
 - méthode 434-435
 - résolution 333
 - réticule 379, 386
- Midget impinger 338-340, 375-378
- Midget scrubber 340, 375-378
- Mineurs continus 194
- Moteurs électriques 287-289

N

- Normes d'empoussièrement admissibles 14-19

O

- Optiques (appareils de prélèvement) 337, 375
- Orifices d'échappement (des marteaux perforateurs) 134, 297

P

Particules:

- agglomérats 330-331, 333, 365
- calibre 329-330
- nature 7, 329-330, 335
- pénétration dans les poumons 330-331
- sédimentation 331

Perforatrices: *Voir* Foration

Personnel 207, 217, 399-405

Voir aussi Formation

Pertes (de produits transportés):

- berlines 236
- convoyeurs 234
- galeries 236, 243, 246
- installations du jour 269, 272
- puits 241
- tunnels 305-306

Piliers: *Voir* Chambres

Plans (aéage) 80

Pneumoconioses:

- réaction immunologique 9
- statistiques 11-13

- théorie 8-9
- Poumons:
 action des poussières 7-9
 capacité de rétention 329-331
Voir aussi Pneumoconioses
- Précipitateur thermique 334, 352, 354-359, 370-372, 383-385, 420, 425
Voir aussi Comptage
- Pré-impinger 340-341, 376-377
- Pression atmosphérique 308-309
- P.R.U. (Pompe) 348, 382
- Quartz 332, 395
- Radioactivité 313, 346
- Recoupage des épontes 129
- Régulateurs automatiques de pulvérisation 42-43
- Remblayage:
 centrifuge 112
 complet à la main 109-110
 hydraulique 113
 matériaux 114-116
 par conduite 111-112
 par fausses voies 112-113
 pneumatique 113-114
 protection des alentours 122-123
 transport 117
Voir aussi Remblayeuses
- Remblayeuses 117-121
- Sacs: *Voir* Filtres
- Sas 51
- Schistification 252, 307-308
- Scrapers (bennes racleuses) 218-219, 220, 228
- Sédimentation (appareils de prélèvement par) 336
- Puits:
 aérage 72-79
 chargement 240
 points de déversement 237-238
 poussière lors de l'extraction 83-87, 239-242
- Pulvérisation:
 berlines 235
 concassage 292
 stations de chargement 229-232
Voir aussi Ajutages, tir
- Q**
- R**
- Résistance:
 du courant d'aérage 48-50
 des filtres 96, 98-99, 107
- Respirateurs:
 armoires 324
 conditions à remplir 315
 construction générale 316-317
 entretien 322-326
 essais et homologation 316
 filtres 319-320
 masque à tuyau flexible 321
 nettoyage 324-325
 schistification 307-308
 surveillance 327
- Retours d'air 50, 245, 312
- Risque coniotique 13
 détermination 389-391
- S**
- Sels hygroscopiques 246-253
- Silice 9-11, 15, 16, 17
- Silicose 89, 332
Voir aussi Pneumoconiose
- SIMGARD 352
- Skips 239-242, 276

Soudage 286-287
 Soutènement du toit: *Voir* Boulonnage, foudroyage, remblayage
 Soxhlet 349
 Stations:
 de chargement et de transbordement 229-233
 de pompage (aéragé) 77
 Statistiques: *Voir* Pneumoconioses

Surveillance:
 aéragé 47, 80, 314, 403-405
 extraction par skips 241-242
 formation des cadres 400-401, 403-405
 infusion d'eau 207
 installations du jour 294
 percement des tunnels 297, 306
 respirateurs 327
 tir 159, 175

T

Taillants 141-143, 285
 Tailles:
 aéragé 71-72
 alimentation en eau 188-189
 Température (excessive dans les mines) 309-310
 Tir:
 au charbon 161-162
 avec infusion d'eau pulsée 162-166, 213-214
 avec rideau de brouillard 172
 cartouches d'eau 166-168
 dégagement de poussières 160
 filtration 173-175, 310-311, 429-432
 fumées 63, 158, 160, 173
 précautions générales 157-159
 procédés remplaçant le tir 207-208
 trous de mines 300
 tunnels 301-302, 310-311
 Tissus (filtrants) 91, 99
 Toiles d'aéragé 69, 122
 Toit: *Voir* Boulonnage, foudroyage, remblayage
 Traçages (aéragé) 54-55, 60-62

Transport:
 carrières 294
 installations du jour 274-275, 277
 matériel au fond 242
 produits 215
 remblais 117
 travailleurs 244-245
 tunnels 235, 303-304
 Trémies 272, 275-276, 280
 Trépan (haveuse à) 195
 Tubes d'injection 133-138
 Tunnels:
 alimentation en eau 298
 canalisations 58-60, 303
 chargement 220, 303-304
 concentrations de poussières 298, 299, 305-306
 foration 297-299
 progression rapide 63, 301-302
 propreté 305
 ventilateurs 56-58, 302
Voir aussi: Aéragé, avancements, foration, tir, transport, trous, surveillance
 Turbidimètre 26
 Tyndalloscope 337

V

Vapeur d'eau 43
 Veine (production de poussières) 177

Ventilateurs:
 filtrage 96

fonçage 79
principaux 48
tunnels 56-58, 302
Voir aussi Aérage

Venturi (capteur humide à) 268-269
Vérins hydrauliques Gollick 213
Vestiaires 290
Voies (d'aérage) 47

W

Wagons-citernes 30-32

Z

Zurlo (Appareil) 347-348
