Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 18 (1892)
Heft: 3 & 4

Artikel: Les accidents dans les mines
Autor: Sinner, Ch. de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-16935

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 12.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Débit q litres par seconde	$\sqrt{i_1} = \frac{Q}{\beta}$ en mètres	i_1 mm. par mètre	I_1 en mètres	$\sqrt{i_2} = \frac{Q}{\beta}$ en mètres	i_2 mm. par mètre	I_2 en mètres	Perte totale en mètre	T en chevaux
	1re conduite L = 175 m. $\beta = 0.18575$			2e conduite L = 280 m. $\beta = 0.09216$			2 conduites ensemble	
1	0.0054	0.0290	0.005	0.011	1.18	0.033	0.038	0.5
5	0.02690	0.7236	0.127	0.054	2.95	0.82	0.95	2.5
10	0.0538	2 894	0 508	0.109	11.88	3.34	3.85	4.8
11.5	0.0620	3.844	0.675	0.126	15.8	4.42	5.09	5.5
15	0.0870	6.512	1.145	0.163	26.6	7.15	8.29	6.7
17	0.0915	8.372	1.45	0.185	34.2	9.6	11.05	7.2
20	0.1076	11.576	2.03	0.218	47.5	13.3	15.3	7.8
23	0.1240	15.376	2.67	0.252	63.5	17.8	20.5	8.—
23.6	0.1269	16.1	2.82	0.257	66.—	18.51	21.3	8.06
30	0.1614	26.0	4.58	0.326	106.—	29.7	34.3	7.15
40	0.2152	46.3	8.13	0.436	190.—	53.—	61.1	0.96

$$q = 15 \times \frac{75}{0.6}\frac{1}{38} = 49.3 \text{ litres par seconde.}$$

Il reste à déterminer le diamètre des tuyaux pour ce débit de 49.3 litres et une perte de charge de 57 — 38 = 19 mètres.

$$I = 19 \qquad i = \frac{19}{395} = 0^{m}.0482$$

$$\sqrt{i} = 0.2195$$

$$\beta = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{0^{m3}.0493}{0.2195} = 0.225$$

Les tables de M. Vallot fournissent le diamètre correspondant de 182 mm.

Ainsi, dès que l'incrustation aura réduit le diamètre du tuyau de 200 à 182 mm. on ne pourra plus obtenir 15 chevaux.

182 mm. est le diamètre *minimum*.

3e exemple.

On dispose d'une chute de 39 mètres dans une rivière entre deux points distants de 500 m., le long d'un chemin où l'on peut placer une canalisation.

L'eau n'est pas incrustante. On demande le diamètre minimum de la conduite pour une force de 52 chevaux à obtenir avec une turbine de 60 % de rendement.

La rivière fournit au minimum 1700 litres à la seconde.

La conduite sera naturellement calculée comme usagée, c'est-à-dire dans l'état où elle sera après quelques années de fonctionnement, sans incrustation réduisant le diamètre.

Faisons d'abord un tableau comme ci-dessus. On aura :

Perte de charge sur 500 m.	Perte de charge mm. par m.	Chute disponible m.	Débit pour 52 chevaux minute	Débit pour 52 chevaux seconde	Diamètre du tuyau en mm.
0	0	39	10.000	167	∞
2	4	37	10.700	178	500
8	16	31	12.600	210	390
10	20	29	13.400	224	385
12	24	27	14.400	240	382
14	28	25	15.600	260	383
16	32	23	17.000	284	385

Nous trouvons un diamètre minimum de 382 mm. pour une pression dynamique de 27 m.

Le calcul direct donne

$$P \times \frac{2}{3} = 39 \times \frac{2}{3} = 26 \text{ m.} \qquad i = \frac{13}{500} = 26 \text{ mm.}$$

$$q = \frac{75 \times 52}{26 \times 0.6} = 250$$

$$\beta = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{0^{m3}.250}{\sqrt{0.026}} = \frac{0.250}{0.161} = 1.55$$

Le diamètre correspondant est 381.60 mm.

Dans le cas particulier il est plus instructif de faire un tableau de quelques valeurs ; mais la connaissance du maximum est précieuse pour empêcher des calculs inutiles.

Neuchâtel, février 1892.

LES ACCIDENTS DANS LES MINES

par Ch. de Sinner, ingénieur.

(*Seconde partie. Planche No 5.*)

II. MOYENS PROPRES A PRÉVENIR LES ACCIDENTS[1]

Après avoir étudié les données statistiques sur les accidents de mines aux divers points de vue de leurs causes, de leurs conséquences et de leur fréquence croissante ou décroissante entre deux périodes consécutives, nous allons rechercher les principales causes de ces tristes accidents et surtout les moyens les plus propres à prévenir leur retour, cenx qui ont le plus contribué à abaisser le risque des mineurs.

Pour les causes, nous devons nous borner à résumer ce que les travaux des savants et des ingénieurs les plus compétents nous apprennent à leur sujet, en dégageant autant que possible de ces nombreuses et volumineuses études les résultats pratiques et définitivement acquis à la science des mines. Dans l'é-

[1] La 1re partie a paru dans le *Bulletin* de 1891, page 265.

tude des moyens préventifs, qui repose naturellement sur la connaissance exacte des causes, mais aussi sur l'expérience directe, nous insisterons surtout sur les appareils et procédés qui marquent les progrès les plus récents et les plus décisifs, révélés par les expositions de Paris et de Berlin en 1889 et les enquêtes et publications des dernières années. Nous glisserons plus rapidement sur les méthodes et les dispositifs plus anciens consacrés par une longue expérience et dont la description se trouve dans tous les traités spéciaux.

Une première division s'impose d'emblée : Il faut distinguer entre les accidents dus au matériel d'exploitation et de transport et ceux qui résultent des dangers naturels que le mineur rencontre dans son travail. Ces derniers sont particuliers aux mines, tandis que les premiers sont communs à toutes les grandes industries à outillage mécanique. Cependant même ceux-ci se présentent dans les mines avec des caractères particuliers auxquels répondent des moyens préventifs spéciaux ou spécialement adaptés au travail souterrain.

A. Accidents dus au matériel et aux engins d'exploitation.

1. Explosifs.

Le mode d'abatage du minerai et de la roche le plus répandu, en même temps que le plus dangereux, est celui qui a recours à la puissance des explosifs. Il est aussi très fréquemment appliqué aux charbons durs. C'est évidemment le plus expéditif et par là en général le plus économique. Mais il présente de grands dangers dans les mines à grisou (auxquelles nous vouerons un chapitre spécial et très étendu). D'ailleurs, même en l'absence du grisou, l'emploi des explosifs occasionne des accidents fréquents. Dans les mines allemandes, d'après les données officielles les plus récentes [1], 12 ouvriers en moyenne sur 100 000 ont péri chaque année pour cette cause pendant la période qui va de 1871 à 1888, ce qui représente le 5 % de tous les accidents mortels. Le nombre des blessés est naturellement beaucoup plus considérable.

Un ensemble de précautions simples, scrupuleusement observées, peut diminuer dans une forte mesure le nombre et la gravité des accidents et devrait même les faire disparaître si l'imprudence individuelle des ouvriers, disséminés dans une vaste exploitation, ne jouait pas ici son rôle prépondérant.

M. Haton de la Goupillière, qui a étudié avec un soin tout particulier et exposé d'une façon magistrale dans son beau cours d'exploitation des mines tout ce qui peut contribuer à la sécurité du mineur, a voué au tirage à la poudre un chapitre détaillé auquel nous emprunterons, en abrégeant beaucoup, l'exposé des précautions essentielles à observer pendant le chargement, le bourrage, l'amorçage et l'allumage des mines.

Chargement. — La charge doit être ni trop faible ni logée dans un trou dirigé trop perpendiculairement à la paroi dégagée, car dans ces deux cas on risque que le coup fasse canon et aille atteindre les ouvriers à de grandes distances. Même en l'absence du grisou, ce danger est sérieux dans les houillères poussiéreuses.

[1] Rapport sur l'exposition allemande des moyens propres à prévenir les accidents industriels, vol. II, 2e partie, p. 213, ouvrage paru après l'impression de notre étude statistique des accidents.

A Campagnac (Aveyron) deux ouvriers ont été brûlés ainsi à une distance de 40 m. du front de taille.

On ne doit jamais verser la poudre directement dans le trou, règle très simple, mais dont l'observation ne peut être obtenue sûrement qu'en fabriquant d'avance les cartouches avec soin et au calibre voulu et en les distribuant aux ouvriers. (Si la roche est humide, on substitue au papier gris la toile goudronnée ; pour le tirage sous l'eau des cylindres en ferblanc.)

On emploie beaucoup aujourd'hui la poudre comprimée de Davey. Ces cartouches sont formées d'un simple bloc de poudre sans aucune enveloppe étrangère. Elles sont cylindriques et percées suivant leur axe, pour qu'on y puisse passer l'étoupille. On constitue les charges en superposant des multiples de ce type fondamental. La poudre comprimée présente l'avantage de condenser la force explosive dans un plus petit espace et par conséquent plus près du fond. Elle diminue surtout la production du pulvérin qui laisse des traces dangereuses partout où passe l'explosif, quand il est à l'état pulvérulent. M. Ruggieri a introduit la poudre comprimée papetée. La cartouche est enveloppée, au moment de la compression, dans un papier fin et gommé qui fait ensuite corps avec elle, lui donne plus de solidité et empêche absolument la production du pulvérin par le frottement.

Bourrage. — L'épinglette, qu'on introduit d'abord dans le trou et pique dans la cartouche, doit être en cuivre, en laiton ou en bois, jamais en fer qui risquerait de faire feu contre la roche. Le bourroir peut être à la rigueur en fer, pourvu qu'il soit muni d'un bout de cuivre, de laiton ou de zinc. Pour éviter que l'autre bout en fer ne puisse être employé par négligence au bourrage, il faut avoir soin de le terminer par une pomme plus grosse que le tranchant du fleuret, afin qu'elle ne puisse pénétrer dans le trou. Les bourroirs en bois sont les plus sûrs, mais ils se détruisent rapidement. Les matières employées pour le bourrage doivent être rigoureusement exemptes de quartz et de minéraux d'une dureté analogue pour ne pas risquer de faire feu pendant l'opération.

Pour le tirage à la dynamite, on peut appliquer un bourrage au sable ou à l'eau, la compression au moyen du bourroir étant alors inutile. On peut même au besoin se passer de tout bourrage vu l'action instantanée de la nitroglycérine.

Pour le tirage à la poudre, la première bourre doit être pressée très doucement, afin d'éviter un effet semblable à celui du briquet à air et qui aurait pour conséquence l'inflammation de la charge pendant le bourrage.

Avec l'emploi de plus en plus répandu de l'étoupille, une cordelette renfermant suivant son axe une traînée de poudre qui brûle avec lenteur, l'épinglette devient inutile. Par suite le bourrage se simplifie en même temps qu'il est plus sûr. Encore faut-il avoir soin de ne pas couper ou éventrer la cordelette. Pour éviter ce genre de danger, M. Lagot a proposé l'emploi d'un tube ouvert aux deux bouts et à travers lequel on enfile l'étoupille. Ce tube se place dans l'échancrure du bourroir, comme on le fait pour l'épinglette, mais avec cette différence qu'il ne reste pas comme elle noyé dans la masse de la bourre. On le remonte, au contraire, au fur et à mesure, de manière à ce qu'il soit entièrement sorti à la fin du bourrage, après avoir, pendant la durée de cette opération, défendu l'étoupille comme une armure.

PLANS INCLINÉS

ARRÊTS ET BARRIÈRES

Fig. 1a

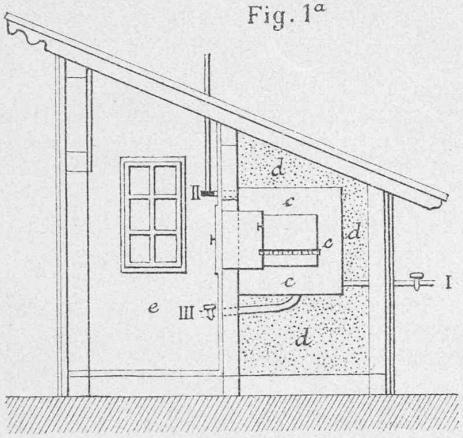


Fig. 2a

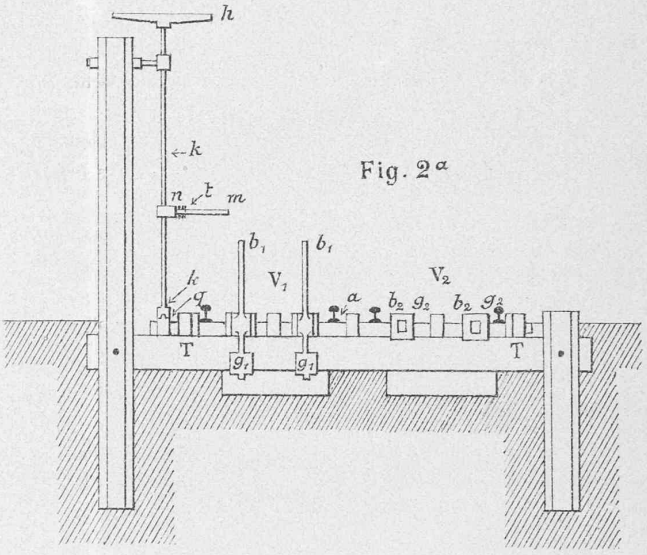


Fig. 1b

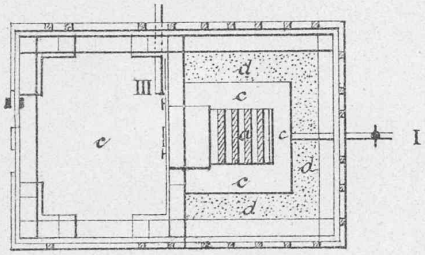


Fig. 2b

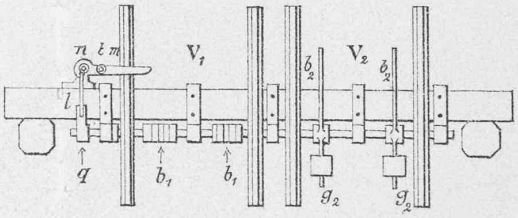


Fig. 3a

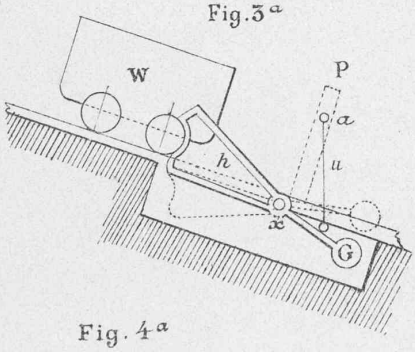


Fig. 3b

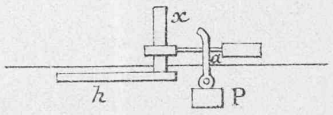


Fig. 5

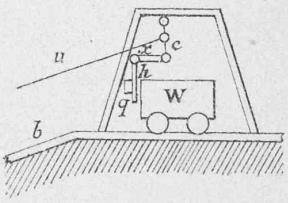


Fig. 4a

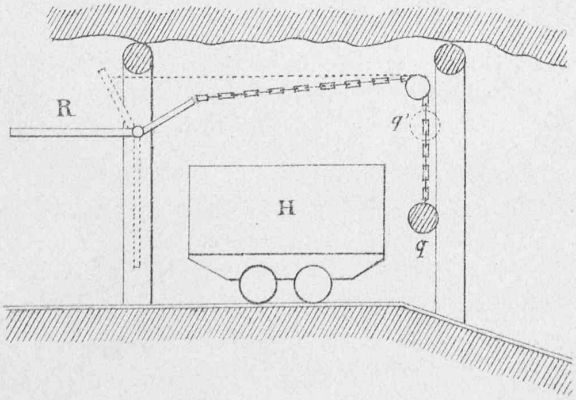


Fig. 4b

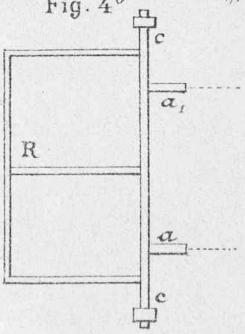


Fig. 6a

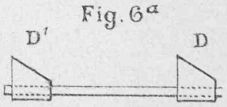
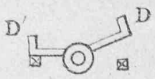


Fig. 6b



Seite / page

leer / vide / blank

La mise en rapport de l'étoupille avec la cartouche doit être faite avec un soin particulier, en vue d'éviter les ratés. On commence par effilocher quelques fils de l'extrémité et l'on introduit le corps de l'étoupille dans la cartouche, en la nouant à la gorge avec les fils en question. S'il s'agit de poudre comprimée, on enfile l'étoupille à travers les diverses cartouches que l'on associe en nombre voulu. On la dispose alors en forme de boucle qui ne lui permet pas de remonter, mais bien de descendre la charge suspendue à son extrémité.

Amorçage. — Pour porter le feu à travers le vide laissé par l'épinglette, on employait autrefois le fêtu de paille ou la canette. Afin d'assurer la retraite du « fire-man » chargé de l'inflammation, on se servait alors de la mèche soufrée. Mais ces moyens d'amorçage, proscrits des gîtes grisouteux à cause de la flamme qu'ils produisent, tendent à disparaître partout et à être définitivement remplacés par l'étoupille de Bickford, dite de sûreté. Celle-ci transmet le feu par l'intérieur avec une vitesse d'environ $1^{m}25$ par minute, que la compression du bourrage peut réduire jusqu'à $0^{m}50$. Elle donne plus de sécurité en supprimant la flamme et une régularité plus grande pour éviter les ratés.

Inflammation. — Doit-on tirer chaque coup séparément, dès qu'il est chargé ? Ou bien vaut-il mieux attendre la réunion de plusieurs pétards, en vue d'associer leurs efforts ? On a beaucoup discuté la question au point de vue du résultat obtenu. En général, le dernier mode doit être plus avantageux, surtout si l'inflammation est rigoureusement simultanée pour tous les coups, ce qui n'est pas toujours le cas. Aussi doit-on craindre, avec ce mode de tirage, le danger des longs feux, dans le cas d'une rentrée trop hâtive des ouvriers, tendance qu'aucun règlement n'est parvenu encore à vaincre complètement. Dans quelques exploitations, on attend pour le tirage la fin du poste de jour, ce qui évite toute surprise de ce genre. Mais cette mesure n'est pas pratiquement applicable dans toutes les mines. En général, on se contente de défendre le retour au chantier avant une demi-heure au minimum, règle que les ouvriers chercheront trop souvent à esquiver.

Heureusement, le *tirage électrique* est venu apporter un remède absolu. Il assure la simultanéité de toutes les mines, si avantageuse pour l'effet produit, et supprime en même temps la possibilité des longs feux : le coup qui n'est pas parti ne partira plus. C'est enfin le mode de tirage le plus sûr, le seul vraiment sûr dans les mines grisouteuses. Seulement, dans ces dernières, il doit être entouré de certaines précautions que nous examinerons plus loin. Mais, de toute manière, on peut dire que cette application de l'électricité constitue un progrès indiscutable au point de vue de la sécurité. Aussi tend-elle à se propager peu à peu dans les grandes exploitations.

Quant aux sources d'électricité utilisables, on n'a que l'embarras du choix : outre les piles, les appareils d'électricité statique tels que ceux d'Abegg, Bornhardt, Ebner, Elsner, et les machines d'induction de Bréguel, Halske, Ruhmkorff, Siemens, Weatstone, etc. La préférence à donner à l'un ou l'autre de ces types est une question de pratique et d'expérience, une question aussi d'économie, que nous ne pouvons aborder ici.

L'appareil Bornhardt, qui était exposé à Berlin en 1889, paraît jouir d'une assez grande faveur en Allemagne, grâce à sa simplicité et à son bon fonctionnement. L'électricité y est produite par un grand disque en caoutchouc durci qui frotte en tournant contre un morceau de fourrure suspendu à la partie supérieure de la caisse. Cette électricité est recueillie par un anneau muni de pointes fines qui la transmet à une bouteille de Leyde servant de condensateur. L'appareil est placé dans une caisse en tôle, fermée hermétiquement à sa partie supérieure au moyen d'un disque et de bandes de caoutchouc. Le tout est renfermé dans une autre caisse en bois, solidement construite. A la partie antérieure, dans un compartiment séparé, se trouvent les anneaux destinés à recevoir les fils conducteurs. L'anneau inférieur est en communication permanente avec l'ouverture extérieure de la bouteille de Leyde. L'anneau supérieur est isolé au moyen d'un disque en caoutchouc et n'est mis en communication avec l'ouverture intérieure de la bouteille qu'au moment du tirage. A cet effet, on pèse sur le bouton placé au-dessus de l'anneau inférieur. La sphère du détonateur maintenue contre l'anneau supérieur au moyen d'un ressort est ainsi poussée vers la tête du condensateur. En faisant faire 20 tours à la machine, on obtient une étincelle de 45 à 50 mm., qui permet de tirer 15 à 20 coups à une distance de 200 mètres et au delà.

La *machine employée dans les houillères royales de Saarbruck* repose sur le même principe. Seulement le grand disque de la machine Bornhardt est remplacé par trois petits disques juxtaposés, ce qui facilite le transport de l'appareil. On peut ainsi confier à un seul agent expérimenté le tirage électrique de tout un quartier de mine, ce qui augmente la sécurité due à ce nouveau procédé (dans les mines à grisou surtout, on tend de plus en plus à spécialiser ce service de boute-feu chargé d'allumer les mines).

En l'absence du tirage électrique, on peut recourir à certains *procédés spéciaux qui empêchent les mines de faire canon ou long feu.* Tels sont les procédés Plon et d'Audrimont employés par la compagnie des mines de Gneisenau et exposés par elle à Berlin. Le procédé consiste à creuser au moyen d'un excavateur une chambre au fond du trou et d'y introduire la charge, puis de fermer le trou au moyen de l'étoupille entourée d'une enveloppe en bois et du bourrage ordinaire à la partie extérieure.

Le procédé Below consiste à pratiquer la charge au moyen d'un cylindre en papier fort qui dépasse le trou de 11 à 20 cm. Après y avoir introduit la cartouche et la mèche et exécuté le premier bourrage léger, on pousse de côté l'enveloppe en papier au moyen du bourroir et l'on achève le bourrage, qui ne risque plus de mettre le feu à la charge prématurément, même en éventrant accidentellement l'étoupille. Enfin la charge détone d'un seul coup, tous les inconvénients et dangers des longs feux paraissent écartés.

Il est essentiel, avec l'ancien système de tirage, de proscrire dans les règlements tout débourrage des ratés ainsi que toute tentative de rallumage. Comme il est d'autre part dangereux de laisser subsister le chargement, on doit pratiquer un second fourneau très près du premier, et l'explosion, en détruisant la paroi intermédiaire, fait sauter l'ancienne charge.

Protection contre les projections de pierres à grande distance. — Citons d'abord les *boucliers* exposés à Berlin par la corporation des carrières, bien qu'ils s'appliquent plus souvent aux exploitations à ciel ouvert qu'aux travaux souterrains. Façonnés en fort treillis de fil de fer ou de véritables chaînes, tôles de

chaudières, etc., ces boucliers, d'environ 1 m². de surface, sont placés avant le tirage sur les ouvertures des trous de mines afin d'empêcher les projections de pierres à distance.

D'ailleurs les ouvriers doivent se porter à une distance suffisante pour échapper soit aux projections directes, soit aux ricochets. Dans les travaux souterrains, ils s'engageront de préférence dans la première galerie latérale. Si toutefois ils s'en trouvent trop éloignés, ils devront parcourir une distance d'autant plus grande en ligne droite. Ils feraient bien de se coucher à plat ventre, dans la direction du centre d'explosion. En général, ils se contentent d'une distance à peine suffisante et les plus prudents s'accroupissent. M. Keller, ingénieur en chef des mines, leur conseille de se mettre plutôt à genoux en se penchant fortement en avant. Daus un mémoire tout récent « sur la possibilité d'être atteint par un projectile[1], » (qui intéresse aussi les militaires), le savant ingénieur démontre en effet que l'angle sous lequel on risque le plus d'être atteint par les projectiles directs ou par les ricochets descend au-dessous de 45°. Il recommande d'ailleurs de faire observer aux ouvriers avant tout la loi du carré de la distance qu'ils ont ignorée jusqu'à ce jour.

Tirage à la dynamite. — Quant au choix de l'explosif, il dépend en général de la dureté de la roche ou du minerai et d'autre part du prix de l'explosif. Ainsi la dynamite est beaucoup plus répandue dans les mines allemandes qu'en France, où le prix est bien plus élevé. Cependant ce prix a été abaissé récemment. Au point de vue de la sécurité, nous verrons plus loin que les explosifs brisants sont préférables à la poudre noire dans les mines grisouteuses, mais qu'on peut faire mieux encore en employant les nouveaux explosifs de sûreté.

Dans les mines exemptes de ce danger spécial, les exploitants craindront souvent de recourir à la dynamite, à cause des accidents graves que peuvent occasionner son transport, son emmagasinement et son emploi imprudent au chantier même. Les deux premiers dangers sont en général prévus par des lois ou des règlements officiels dont l'observation stricte incombe à la direction de la mine et doit suffire à écarter ce genre d'accidents. On connaît ces prescriptions, semblables sinon identiques dans la plupart des pays civilisés. Quant à l'emploi de la dynamite dans les travaux d'abatage, il simplifie d'abord certaines manœuvres. Ainsi le bourrage pourra être très léger avec cet explosif puissant. Mais, plus encore qu'avec la poudre noire, on doit interdire d'une façon absolue le débourrage d'un coup de mine chargé à la dynamite. En cas de raté, on le fera partir en pratiquant de nouveaux pétards dans le voisinage, mais en laissant au moins 0m20 de distance, ou même davantage si l'on peut craindre que la nitroglycérine se soit extravasée à travers les fissures du rocher.

La dynamite N° 3 est la plus employée en France. Elle forme une masse pâteuse de couleur rougeâtre qui gèle à + 8° centigrades et peut dans cet état produire des accidents terribles, si on la touche avec des instruments de fer ou qu'on l'approche d'un feu sec, comme les ouvriers le font trop souvent, dans le but de la « dégeler. » Pour en prévenir le durcissement, on leur conseille de porter les cartouches dans la poche de leur pantalon. Quand on les a laissées geler, c'est au bain-marie qu'il faut les réchauffer. Quelques compagnies allemandes, désireuses d'éviter à leurs ouvriers toute tentation d'agir imprudemment, se chargent elles-mêmes de cette opération délicate et emploient des appareils spéciaux pour le traitement des cartouches gelées.

Ainsi la première société bavaroise des basaltes à Baireuth a exposé à Berlin l'appareil représenté sur notre planche 5, fig. 1 *a* et 1 *b*. Les cartouches gelées sont placées dans le réservoir intérieur *a* en tôle, boisé intérieurement et muni à sa partie supérieure d'une grille *b* en bois. Ce réservoir *a* est placé dans une seconde caisse *c* en tôle qui sert d'étuve et qui s'ouvre sur la chambre *e* où se fait la distribution des cartouches. Tout l'espace *d*, entre l'étuve à vapeur et les murs extérieurs (en planches) de la maisonnette, est rempli d'une matière mauvaise conductrice de la chaleur. Il suffit de faire entrer chaque jour, pendant 3 à 4 minutes, la vapeur par le tuyau I et de la laisser circuler à travers l'étuve *c*, le tuyau de sortie II restant ouvert. On ferme ensuite d'abord ce dernier et quelques instants plus tard celui d'entrée, après qu'une légère tension s'est produite en *c*. La vapeur agissant ainsi 3 à 4 minutes sur les cartouches, cela suffit à prévenir leur durcissement pendant la durée du poste de 10 heures. L'eau de condensation peut être évacuée par le tuyau III.

La compagnie des schistes du Mansfeld avait exposé le modèle d'un appareil destiné au même but, fondé également sur l'action de la vapeur, qui traverse un serpentin.

M. Below, de Berlin, obtient le même résultat au moyen de l'eau chaude. Son appareil est à double paroi en fer-blanc et renferme un certain nombre de tuyaux en tôle ayant le même diamètre que les cartouches à dégeler. On introduit celles-ci au moyen d'une cuiller dans les tubes qui sont entourés de toute part d'eau chauffée à 20 ou 30° C. Un corps mauvais conducteur remplit l'intervalle des deux parois et maintient l'eau à la température voulue.

Dynamite-gomme. — On sait que la puissance de la dynamite ordinaire est dépassée aujourd'hui par celle de la dynamite-gomme, composée de 80 parties de nitroglycérine, 10 de coton-poudre et 4 de camphre. Cette dernière substance, dont la proportion est d'ailleurs variable, est introduite dans le mélange explosif en vue d'amortir sa sensibilité au choc et aux vibrations. La dynamite-gomme, ainsi nommée à cause de sa consistance gommeuse, a donné, comme on se souvient, d'excellents résultats pendant la dernière période du percement du Gothard. Outre sa puissance supérieure, elle a le grand avantage de ne pas geler aux mêmes températures que la dynamite proprement dite, et de ne donner aucune exsudation, même sous une forte pression.

2. Outils.

Le nombre d'accidents dus à l'emploi des outils est minime, d'après les rares statistiques qui en relèvent le chiffre. Les outils des mineurs n'étant pas dangereux par eux-mêmes[1], ils ne peuvent le devenir que par suite d'une maladresse manifeste de la part des camarades de la victime, ou par la com-

[1] *Annales des mines*, 3me livraison de 1891, p. 622.

[1] Dans les mines métalliques on est quelquefois obligé de protéger les yeux des ouvriers au moyen de lunettes ou de masques en fil de fer recouvert de zinc. De nouveaux modèles très pratiques étaient exposés à Berlin. Il faut 2 cm. de distance entre l'œil et le masque

plication d'un choc ou d'une chute malheureuse. La rareté de ces cas et le peu de gravité qu'ils présentent en général, nous dispensent d'en parler plus longuement ici. (Nous nous occuperons plus loin du danger des étincelles produites par les outils dans les chantiers grisouteux.)

3. Machines.

On peut en dire presque autant des machines opératrices trop rares, à notre avis, qui ont été employées jusqu'à ce jour à attaquer le rocher, le minerai ou le charbon, avec ou sans le secours des explosifs. Loin de constituer un danger, ces appareils augmentent le plus souvent la sécurité. Ils éloignent le mineur, pendant l'abatage de la houille surtout, des points les plus dangereux et le préservent de la respiration pernicieuse de poussières toxiques ou irritantes. Lorsque ces machines sont mues par l'air comprimé ou l'eau sous pression, elles procurent au travailleur un supplément d'aérage et un rafraîchissement qui peut devenir un véritable bienfait dans les chantiers en cul-de-sac. Enfin les machines ménagent les forces physiques de l'ouvrier en utilisant mieux son intelligence que les procédés ordinaires d'abatage. Mais, si les machines opératrices sont en général inoffensives et même bienfaisantes, les moteurs hydrauliques ou à vapeur et les transmissions présenteront naturellement les dangers inhérents à chacun d'eux. Il en est de même, à plus forte raison, des générateurs :

Chaudière intérieure. — La construction soignée et la surveillance des chaudières ont la même importance dans les mines qu'au jour, peut-être même une plus grande, par le fait que le mécanicien est plus abandonné à lui-même et qu'on peut être tenté d'utiliser ses services pour donner « un coup de main » ailleurs. De plus, l'installation d'une chaudière souterraine exige des précautions spéciales dont la négligence a causé déjà de grands malheurs.

La présence d'un générateur à vapeur dans une mine grisouteuse devrait être proscrite absolument. Pour le moins doit-on exiger un conduit spécial, bien isolé, amenant l'air frais du dehors sous les foyers, au lieu de les alimenter aux dépens du courant qui a traversé les tailles.

Dans toutes les houillères, on devra installer les chaudières en plein rocher en évitant le contact de tout boisage. Dans les mines à charbon très inflammable, il faudra souvent un double muraillement, avec une gaine d'air circulant entre les deux massifs, pour empêcher tout échauffement. Il est nécessaire enfin d'établir une sortie directe pour la fumée et l'échappement de la vapeur. Il y a avantage de placer cette sortie dans le puits d'aérage, afin que l'échappement déterminé par la colonne de tuyaux vienne en aide au tirage. Quelquefois aussi on utilise dans ce but un vieux puits hors de service.

Chaudière à la surface avec moteur au fond. — On évitera ces mesures souvent gênantes et tous les dangers, en établissant la chaudière à la surface, aux abords du puits, et en la reliant au moteur souterrain au moyen d'une conduite de vapeur. Si la machine n'est pas à condensation, il faudra encore, par mesure d'hygiène, et en vue de la conservation des boisages, établir une sortie spéciale pour la vapeur. Cette solution, qui supprime le principal danger, est en général peu économique lorsque le trajet est long, à cause des déperditions de chaleur qu'on ne peut éviter que partiellement par le feutrage des conduites.

Moteur et générateur à la surface. — Aussi préfère-t-on en général établir le moteur, en même temps que son générateur, à la surface et transmettre le travail au fond au moyen de barres de renvoi, d'un câble, d'eau sous pression, d'air comprimé ou de l'électricité.

La barre de renvoi, sous la forme de maîtresse-tige, n'est employée que pour la transmission verticale et exclusivement pour le service de l'épuisement. Le câble est l'agent le plus employé au service de l'extraction verticale, du traînage mécanique, horizontal et en vallée et des plans inclinés automoteurs. (Nous consacrerons un chapitre spécial aux dangers dus au matériel d'extraction et de transport, que nous séparons à dessein du matériel d'exploitation proprement dit.)

Les trois autres modes de transmission, eau, air, électricité sont appliqués à l'exploitation même, soit à l'abatage du minerai ou du charbon, aussi bien qu'à l'extraction, à l'épuisement et, partiellement, à l'aérage. Le choix entre ces trois agents dépend, dans chaque cas particulier, des conditions locales et de la méthode adoptée pour l'exploitation. Au point de vue de la sécurité du personnel, qui seul nous intéresse dans cette étude, les trois modes de transmission sont admissibles, sauf quelques restrictions et précautions particulières à chacun d'eux. Avec la transmission hydraulique, il faudra des tuyaux capables de résister aux fortes pressions intérieures auxquelles ils peuvent être soumis, et des mesures doivent être prises pour évacuer régulièrement l'eau, employée. L'effondrement de la mine de sel de Varangeville (où l'eau servait d'ailleurs directement à l'abatage) a été dû probablement à la négligence de cette dernière précaution, soit à l'action prolongée de l'eau sur les piliers argileux.

Quant à la transmission électrique, elle doit être proscrite, pour des raisons que nous donnerons plus loin, des mines grisouteuses, ce qui restreint singulièrement sa sphère d'application dans les houillères. Mais dans les autres mines, les grands services qu'elle paraît susceptible de rendre pourront être utilisés sans crainte, à condition d'éviter les hautes tensions dépassant 300 volts. Leur danger bien connu deviendrait plus redoutable dans les mines qu'ailleurs, à cause du fréquent déplacement et prolongement des fils conducteurs, imposés par les besoins du travail souterrain. Si d'ailleurs la nécessité de ces hautes tensions était démontrée dans un cas tout particulier, on parviendrait, sans doute, au moyen de précautions spécialement adaptées à ce cas, à vivre avec les hautes tensions comme avec d'autres dangers inévitables. Il y aura enfin à prendre des mesures en vue d'empêcher l'échauffement des conducteurs et les incendies qu'ils pourraient ainsi occasionner dans les galeries boisées et surtout dans les puits.

L'air comprimé offre certainement le mode de transmission le plus inoffensif pour les mines et en même temps le plus bienfaisant par le rafraîchissement qu'il procure aux ouvriers, aux points où son action est utilisée. C'est l'agent souterrain par excellence et nous aurons l'occasion de revenir sur les services considérables qu'il rend dans l'exploitation houillère et qui sont encore trop peu utilisés.

En attendant, notons le progrès obtenu par l'installation de

plus en plus générale du moteur et de son générateur à la surface, car ce mode d'emploi des machines prévient la principale objection qu'on pouvait formuler autrefois, au nom de la sécurité, contre leur introduction dans les mines.

Ainsi, sur 1425 machines employées dans l'industrie houillère française en 1880, 18 seulement étaient installées au fond[1]. Depuis lors ce dernier nombre doit avoir quelque peu augmenté, par suite de la tendance de plus en plus marquée de placer les machines d'épuisement avec leurs moteurs au fond et de supprimer ainsi les répétitions ou relais de puissance que nécessite pour les mines profondes l'installation à la surface. En effet, la machine intérieure ne peut se concilier qu'avec le type de pompes dans lequel l'eau est retirée sans discontinuité d'un seul jet depuis le fond jusqu'au jour. Aux mines de Blanzy une machine de ce genre fonctionne depuis bien des années, au puits Marie, à une profondeur de 334 m., d'où elle élève 3200 m³ en 20 heures à la surface. Les soins tout particuliers dont on a entouré cette installation préviennent les principaux dangers et inconvénients qu'entraîne en général l'emploi d'un moteur intérieur. La conduite de vapeur descend par un puits spécial et la vapeur qui s'échappe des cylindres est rejetée par un autre puits semblable. Des soupapes de sûreté placées aux extrémités des cylindres sont chargées de manière à se soulever pour une pression supérieure d'un kilogramme au timbre du générateur. On évite ainsi que les grandes condensations intérieures n'accumulent des quantités d'eau capables de faire sauter les fonds.

La compagnie d'Anzin est entrée dans la même voie. La nouvelle machine élégante qui est installée à la profondeur de 407 m. et élève de là l'eau à la surface, d'un seul jet, figurait à l'Exposition sur le tableau comparatif 1789-1889, en face de la vénérable machine à balancier du Cornwall.

Ces machines intérieures à pompe unique ont cependant toujours l'inconvénient de développer des pressions énormes mesurées par autant d'atmosphères que la hauteur de la mine comprend de décamètres[1]. De plus on risque de voir une avarie de l'appareil ou une crue exceptionnelle maîtriser l'épuisement ou noyer la machine. Il faut donc tout au moins reculer cette éventualité en créant, ordinairement à l'aide de vieux travaux, des réservoirs considérables, capables de renfermer l'entretien d'eau pendant un temps notable[2].

Malgré ces inconvénients, ce mode d'installation jouit d'une grande faveur en Angleterre et en Allemagne, dans le district de la Wurm, où l'on préfère d'ailleurs installer plusieurs petites machines au fond au lieu d'une seule grande. Aujourd'hui on paraît aussi se rallier en France aux machines d'épuisement intérieures.

Mais pour toutes les machines employées à l'exploitation proprement dite, à la ventilation et à l'extraction, l'installation du moteur et du générateur à la surface reste, sur le continent du moins, la règle dont on ne s'écarte que dans des cas exceptionnels.

Tous les moteurs, intérieurs et extérieurs, appliqués aux travaux des mines, doivent être soumis, quant à leur accès, leur maniement, le graissage, etc., aux mesures de précaution usitées dans toutes les industries à outillage mécanique. L'administration prussienne des mines de Dortmund a édicté un règlement très complet sur cette matière, dont nous citerons les articles les plus importants.

Les salles des machines, des chaudières doivent être munies d'affiches en défendant l'entrée. Les pièces de machines mobiles doivent être protégées. Les personnes travaillant autour de ces pièces mobiles porteront des vêtements collants. Le nettoyage et le graissage des pièces en mouvement sont interdits. (Cependant l'administration a fait une exception en faveur des pièces mobiles des machines d'épuisement et d'aérage qui ne doivent pas être arrêtées pendant qu'on travaille au fond. Le graissage automatique permet d'ailleurs de protéger le mécanicien, sans exposer tout le personnel par l'arrêt de la machine.)

Enfin, les compartiments de machines (au fond surtout) doivent être parfaitement éclairés pendant la marche.

Avec les précautions indiquées ci-dessus, l'emploi des machines ne peut être qu'un progrès dans l'exploitation des mines, au point de vue de la sécurité du personnel autant que sous le rapport économique.

Les statistiques citées dans la première partie de cette étude montrent d'ailleurs que les accidents, surtout les accidents mortels, dus aux machines sont relativement très rares dans les mines. D'après des données plus complètes parues depuis lors[1] sur les mines allemandes, 6,8 ouvriers en moyenne sur 100 000 ont péri par les machines de 1871 à 1880. Et ce chiffre s'est abaissé pour la période suivante de 1881 à 1888 à 4,6 pour 100 000. Pendant la première de ces périodes, cette cause a occasionné 27 pour mille du total des accidents mortels, pendant la dernière seulement 18 pour mille. Il n'y a pas de grande industrie où les machines font aussi peu de victimes. Il convient néanmoins de les entourer de toutes les précautions compatibles avec leur emploi. Mais il importe surtout de multiplier leurs applications dans les cas si nombreux où elles ne peuvent qu'augmenter la sécurité des travailleurs souterrains. Cette conclusion s'imposera avec plus de force après l'étude des mines à grisou qui terminera notre travail.

B. Accidents dus à l'emploi du matériel d'extraction et à la circulation du personnel.

Ces deux causes de sinistres, qui paraissent distinctes à première vue, ne sauraient être séparées, car, à l'intérieur, la plupart des accidents que produit l'emploi du matériel de roulage sont dus en réalité à la circulation des ouvriers, qui se rendent à leur chantier ou en reviennent par les mêmes voies qui servent au transport du minerai ou du charbon abattu. Ceux qui ont pour cause ce transport lui-même et n'atteignent que les rouleurs ou conducteurs sont en plus petit nombre. Dans les puits, les accidents les plus fréquents et les plus graves sont occasionnés par l'emploi du matériel d'extraction à la descente ou remontée du personnel.

Nous examinerons successivement, dans ce chapitre, les précautions à prendre : 1° dans les galeries horizontales ou montantes (traction en palier ou en vallée) ; 2° sur les plans auto-

[1] Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation des mines*, tome I, p. 777.

[2] Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation des mines*, tome II, p. 292.

[1] *Rapport de l'Exposition allemande de 1889*, tome II, 2e partie, p. 213.

moteurs, où les wagons pleins remontent les wagons vides, et 3° dans le service des puits verticaux d'extraction.

1. Transport en palier ou en vallée

C'est naturellement le moins dangereux des trois cas de transport considérés. Cependant, en Prusse, la moyenne des accidents mortels dus au transport par les galeries a été de 6,8 pour 100 000 pendant la période de 1871 à 1880 et de 7,7 pendant celle qui va de 1881 à 1888, ce qui représente 2,7 et 3 % des hommes tués. Nous avons déjà vu qu'il y a plutôt tendance à l'augmentation de ce genre d'accidents dans tous les pays de mines, l'activité du roulage devant avoir crû dans la même proportion.

La plus grande partie du roulage se fait aujourd'hui par chevaux. Il en résulte le danger inhérent à la traction animale, danger qui doit être plutôt diminué qu'augmenté dans les mines. La construction des wagonnets ne joue ici qu'un rôle secondaire. On a exposé à Berlin des berlines dont une des roues est folle sur l'essieu, avec un jeu de 15 à 20 mm., devant empêcher le déraillement dans les courbes. D'ailleurs, sur les voies principales, on évite en général les coudes trop accentués, dans l'intérêt de l'économie du matériel autant que par prudence. Et la fabrication courante d'un bon matériel roulant ne présente plus de difficultés sérieuses. Le choix des chevaux de mine et surtout de leurs conducteurs est peut-être chose plus délicate, mais c'est là une question de tact et de pratique qui ne doit pas embarrasser outre mesure un maître mineur expérimenté.

Le plus important, au point de vue de la sécurité des ouvriers, sera une bonne organisation et réglementation de la circulation des trains d'une part et du personnel de l'autre. Voici, d'après M. Reumaux, ingénieur en chef des houillères de Lens [1], les principes que les exploitants sont d'accord pour appliquer à ce double service :

Les ouvriers qui se rendent à leur travail par les galeries souterraines circulent soit à pied, soit dans les berlines traînées par un cheval. Chaque brigade doit suivre le chemin qui lui est indiqué par un ordre de service. Un tableau apparent, placé à l'entrée des galeries principales, porte le nom de la veine et le numéro de la voie.

De plus on doit, dit M. Reumaux :

a) Munir le cheval d'un collier à grelots et éclairer la dernière berline du train. (Quelques règlements allemands exigent que le conducteur se tienne à la tête de son cheval avec une lampe allumée.)

b) Etablir à certaines bifurcations des signaux par lanternes munies de verres de couleur et manœuvrées à distance ; ces signaux annoncent l'arrivée et la direction du train.

c) Créer des refuges, tous les 100 mètres au moins, lorsque la galerie est à simple voie.

d) Enrayer les berlines lorsque la pente dépasse 3 degrés. Cette opération ne doit jamais se faire lorsque le train est en marche.

e) Réglementer le transport des hommes par berline et interdire aux ouvriers de circuler par les trains en dehors des heures réglementaires.

[1] Rapport présenté par M. l'ingénieur en chef Reumaux au congrès international des mines, de Paris (1889).

f) Recommander aux ouvriers de se renfermer dans les berlines, de n'en sortir ni les mains, ni les bras.

g) Ordonner qu'en cas de déraillement le conducteur et son aide ne remettent la berline qu'après avoir dételé le cheval.

Ces règles, sévèrement observées et imposées par une surveillance vigilante, doivent suffire à éviter les accidents avec la traction par chevaux.

La *traction mécanique*, qui tend aujourd'hui à se substituer à la traction animale dans les grandes exploitations houillères, semble devoir augmenter les chances d'accidents, en même temps que la vitesse des véhicules. Mais comme on a adopté la règle générale que la circulation du personnel doit être interdite pendant l'extraction dans les galeries à transport mécanique et qu'un service de signaux mécaniques ou électriques y est établi avec beaucoup de soin, c'est le contraire qu'on a observé. M. Hasslacher, conseiller prussien des mines, nous dit, dans son rapport sur l'exposition minière de 1889 à Berlin que la propagation de la traction mécanique a puissamment contribué à la diminution des accidents dans les houillères prussiennes.

Il nous paraît inutile de décrire les différents systèmes de traction mécanique souterraine. Au point de vue de la sécurité, la chaîne flottante, appliquée entre autres à Blanzy et à Mariemont (Belgique), paraît préférable puisqu'elle ne marche qu'à la vitesse de 1 à 6 km. à l'heure, tandis que le câble-queue (en faveur en Angleterre et dans le nord de la France) et la corde sans fin (préférée en Prusse), comportent des vitesses de 10 à 20 kilomètres à l'heure. Dans tous ces systèmes, la machine est fixe et installée ordinairement à la surface. Les locomotives sont une exception dans les mines. La fumée et les gaz qu'elles produisent rendent un bon aérage difficile et dans les mines grisouteuses elles peuvent même constituer un danger sérieux. Les locomotives à air comprimé, du système Mékarsky, qui n'ont pas cet inconvénient, ne se sont pas propagées davantage. En France, il n'y a que celles de Graissessac ; en Angleterre, celle de Pensher (Durham). Il en est de même des chemins de fer électriques dont les mines de Zamkesode (Allemagne) offrent l'exemple le plus intéressant. Vu la grande vitesse, qui est le principal avantage de la traction par locomotives, celle-ci exige les mêmes précautions que les autres systèmes de traction mécanique.

Mesures spéciales de précaution appliquées au transport par galeries. — Le système de traction mécanique adopté aux mines de sel de Leopoldshall (Duché d'Anhalt), et exposé à Berlin, se distingue par l'*automaticité complète* de la marche des berlines [1], qui dispense de toute intervention directe du conducteur. De plus, la circulation du personnel a lieu par une *voie large, établie spécialement* dans ce but et séparée par de fortes barrières de la voie ferrée. Là où cette dernière doit être franchie par le piéton, on a construit de petits ponts. *L'éclairage électrique* et un service bien combiné de *signaux électriques* complètent cette belle installation de Leopoldshall.

L'administration royale de Saarbruck a exposé à Berlin le système de *signaux électriques* qui fonctionne dans ses houillères pourvues de traction mécanique par chaîne ou corde sans fin. Un câble bien isolé, protégé par une enveloppe de plomb contre l'action corrosive des eaux de mine, est posé tout

[1] Cette automaticité complète se retrouve dans l'installation grandiose de la houillère royale de van der Heydt (bassin de la Sarre.)

le long des galeries où a lieu le transport mécanique. Des appareils de contact recouverts de zinc, avec anneau et contrepoids, sont intercalés dans le circuit en un grand nombre de points bien choisis. En faisant communiquer entre eux les anneaux de tous ces appareils, on peut donner un signal à partir de n'importe quel point des galeries de transport, même depuis le train en marche, en attirant l'anneau le plus rapproché. Tout signal met en mouvement une sonnerie énergique placée dans la salle de la machine. On utilise pour ce service des éléments Leclanché à grande surface.

Arrêt du chariot en vallée. — Divers moyens ont été imaginés pour arrêter, en cas de rupture du câble, les berlines qui viendraient à redescendre la rampe que la traction mécanique leur a fait franchir. Dans ces circonstances, l'arrêt est beaucoup plus facile à obtenir que sur les plans automoteurs, puisqu'au moment de la rupture du câble, les berlines chargées n'ont pas encore de vitesse acquise dans le sens de la descente.

A la mine de lignite Marie Louise, près de Neindorf, on a placé dans ce but, tout le long des rampes, des *crémaillères de sûreté*, soit des troncs d'arbre dentés. La caisse de chaque wagon porte des bras qui, en temps ordinaire, passent facilement par-dessus la crémaillère, mais qui, aussitôt le câble rompu, s'y enfoncent et arrêtent le wagon.

Nos figures 2 *a* et 2 *b*, 3 *a* et 3 *b*, représentent deux dispositifs ingénieux, destinés à opérer promptement et sûrement cet arrêt. La première (figure 2 *a* et 2 *b*) a été exposée à Berlin par la *houillère Gerhard*[1], près de Saarbruck, où elle est en usage depuis quelque temps déjà. Fig. 2 *a* donne une projection sur un plan perpendiculaire à la direction des rails, 2 *b* une projection sur un plan parallèle à cette direction. La voie V_1, est celle des chariots pleins qui montent, et la voie V_2 celle des vides qui descendent. L'axe horizontal *a* porte entre les rails de la voie V_1 deux leviers b_1 b_1 qui tournent librement autour de cet axe et que les contrepoids g_1 g_1 maintiennent normalement relevés. Ils peuvent s'abaisser vers l'amont du plan incliné, mais ils ne peuvent s'abaisser vers l'aval, parce que les contrepoids g_1 g_1 viennent buter contre la traverse T de la voie. Il en résulte qu'ils s'effacent sans difficulté sous la pression des chariots montants, et qu'ils s'opposent à la descente des wagonnets sur la voie V_1. Les leviers b_2 b_2 qui se trouvent entre les rails de la voie V_2, sont, au contraire, calés sur l'arbre *a*, et sont normalement couchés sur le plan même de la voie. Ils sont maintenus dans cette position par le levier *l* qui presse sur le levier *q* calé sur l'arbre *a*. Le levier *l* est fixé à l'extrémité inférieure d'un axe vertical *k* qui porte en *t* un levier articulé formé de deux parties *m* et *n*; la partie *n* est calée sur l'arbre *k* et porte à son extrémité un boulon vertical, qui sert d'axe de rotation à la partie *m*, et un butoir qui empêche la partie *m* de tourner vers l'aval du plan, tout en la laissant exécuter sa rotation du côté de l'amont. Les chariots montant sur la voie V_1 effacent donc la partie *m*, contre laquelle ils viennent buter, sans que la partie *n* soit déplacée, tandis que la descente sur la voie V_1 d'un wagonnet, abandonné à lui-même après rupture de câble, repoussera vers l'aval du plan la partie *m*, qui, rencontrant le butoir de la partie *n*, entraînera celle-ci, et par suite fera tourner l'axe *k*; le levier *l* ainsi déplacé ne pressera plus le levier *q* et les poids g_2 g_2 pourront redresser les leviers b_2 b_2 et fermer la voie V_2. Les arrêts de chariot sont placés de 40 en 40 mètres. Le levier *h*, auquel on attache un fil de fer de jonction, permet d'établir entre eux la solidarité qui est nécessaire pour obtenir leur fermeture simultanée en cas de rupture de câble.

Les fig. 3 *a* et 3 *b* représentent, en projection perpendiculaire et parallèle à la direction des rails, un dispositif plus simple, appliqué dans le même but aux *mines de Mariemont*, qui ont tenu une place si honorable aux expositions de Paris et de Berlin.

L'appareil se compose d'un levier mobile autour d'un axe *x*. Le bras gauche *h* de ce levier a été élargi de manière à constituer un énergique appui, capable d'arrêter et de retenir le wagon W qui viendrait à redescendre la rampe à la suite d'une rupture du câble. Cet appui est maintenu lui-même dans la position voulue par le contrepoids G. Afin que, d'autre part, le wagon ne rencontre pas d'obstacle à sa marche ascendante normale, un bras *a* mobile est fixé à un pieu P, enfoncé tout près de la voie. Ce bras *a*, qui dépasse lui-même un des rails, et communique avec le bras droit G du levier par le moyen d'une corde *u*, est saisi par le wagon montant et repoussé de telle façon que le contrepoids G se relève. Il en résulte un abaissement de l'appui *h*, qui prend la position indiquée en pointillé sur la figure 3 *a*. Le wagon peut donc passer librement, après quoi le poids G ramène l'appui *h* dans sa première position, empêchant la benne de redescendre si le câble venait à se rompre[1].

2. Plans inclinés automoteurs

Ces plans, qui suivent ordinairement la ligne de plus grande pente du gîte, sont très répandus dans les houillères. Comme on y cherche, autant que possible, à diriger le roulage du charbon abattu en descendant vers le fond du puits d'extraction, plutôt qu'en montant, les plans inclinés automoteurs sont tout indiqués pour relier et desservir les travaux exécutés simultanément à divers niveaux compris entre deux galeries principales. Les chariots pleins faisant remonter en général les chariots vides sur le même plan, il n'y a pas besoin de moteur : un câble et une poulie (ou au besoin deux tambours) constituent tout le mécanisme de ces plans dont le mode de fonctionnement est bien connu.

Disons tout de suite que les chariots des plans inclinés ne doivent jamais servir au transport du personnel, et que ce dernier ne doit circuler à pied sur le plan que lorsque l'extraction du charbon est arrêtée. La première de ces règles est généralement observée partout. Quant à la seconde, elle est partout admise en principe, mais son observation réelle laisse trop souvent à désirer.

Or les plans inclinés, nous l'avons déjà vu, font aujourd'hui

[1] Ces figures et la description de l'arrêt de chariot de Gerhard sont empruntées à la note de M. Bellom, ingénieur au corps des mines, sur quelques appareils préventifs employés dans les mines allemandes. Ce travail clair et substantiel ne saurait être trop recommandé aux lecteurs de langue française. Tirage à part des Annales des mines de mars-avril 1890.

[1] Extrait de Kraft, *Fabrikshygiène*, excellent ouvrage paru en 1891, à Vienne chez Spielhager et Schurich.

autant (quelquefois même plus) de victimes que le service des puits verticaux qui semble cependant devoir être beaucoup plus dangereux, puisqu'il comprend la descente et la montée du personnel, par les appareils d'extraction, dans la plupart des exploitations modernes. Dans les houillères prussiennes, de 1881 à 1888, 27 ouvriers sur 100000 ont péri annuellement sur les plans inclinés (contre 29 dans les puits) ce qui représente 10 % des accidents mortels.

Limites et mode d'établissement des plans automoteurs. — On abuse souvent de la longueur des plans qu'on a poussée au delà de 800 m. M. Haton de la Goupillière conseille de ne *pas excéder 100 m.* et de se tenir plutôt au-dessous de cette limite; sans cela, dit-il, les accidents présentent trop de gravité, et l'extensibilité du câble devient excessive. Si l'étage à desservir présente un relevé supérieur à cette limite, il faut la fractionner en plusieurs segments, ce qui simplifie d'ailleurs le service des sous-étages. Les travées ne doivent pas être en prolongement direct l'une de l'autre, mais rejetées sur le côté, à une courte distance (le plus souvent, on alterne les déplacements de l'axe à droite et à gauche).

Une *inclinaison* de 8 degrés au minimum est nécessaire pour le fonctionnement d'un plan automoteur. On pousse la pente jusqu'à 80°. Cependant, plutôt que d'atteindre ou dépasser cette limite, on préfère en général se mettre en demi-pente du gîte.

La chute intempestive d'un wagon sur le plan, avant qu'il soit convenablement enchaîné, peut venir couper en deux un train qui passerait au même moment dans la voie du fond. M. Haton de la Goupillière conseille donc avec raison *d'établir le pied du plan dans une déviation latérale de la galerie.* On évite ainsi de graves accidents de personnes, et la recette seule pourra être désorganisée ainsi par l'inadvertance du moulineur placé au haut du plan.

Manœuvres. — A la recette inférieure se tient un receveur, qui détache les wagons pleins et attelle les wagons vides. Sa fonction est donc plus passive, tandis que l'enchaîneur du haut garde le rôle actif, engageant les wagons et dirigeant leur mouvement avec le frein. Néanmoins, celui-ci se conforme aux signaux du receveur « d'à-bas, » et n'effectue au départ qu'après avoir acquis la certitude que ce dernier est prêt à recevoir le train [1].

La *vitesse* doit rester modérée. On se tient en général entre 2 et 4 m. Pour amortir la rapidité du mouvement, on emploie les freins (plutôt que les régulateurs usités pour les plans à la surface).

Le *frein* [1] fait intervenir l'action spéciale de l'homme, que celui-ci gradue arbitrairement, d'après son appréciation des besoins de la manœuvre. Il en existe deux types distincts.

Dans un premier dispositif, le serre-frein développe directement, par son action musculaire, la force destinée à fournir la résistance. Pour ralentir le mouvement, il devra donc augmenter son effort ; pour activer la vitesse, au contraire, il mollira plus ou moins son action.

Dans un mode inverse, on commence par opposer à la tendance au mouvement une résistance fixe et surabondante, de telle sorte que la mise en train ne puisse se produire d'elle-même. L'homme agit alors en sens inverse du cas précédent, en joignant son effort à l'action de la pesanteur, au lieu de s'établir en antagonisme par rapport à elle. On arrive ainsi à égaler l'effort moteur à la résistance, de manière que le mouvement prenne naissance. Pour ralentir ou arrêter, le garde-frein n'a qu'à diminuer son action ; pour accélérer le mouvement, il lui faut la renforcer en proportion de l'effet à obtenir. Le second principe est évidemment bien préférable, car une inadvertance ou une indisposition subite du garde-frein ne donnerait ainsi plus lieu à un grave accident, mais seulement à un arrêt du train.

L'organe récepteur sur lequel agit l'homme est le plus souvent un simple levier. On emploie également une vis avec laquelle on peut obtenir pratiquement une puissance beaucoup plus grande, et qui, une fois mise en serrage, y reste, sans que le garde-frein ait besoin de maintenir en permanence son effort musculaire. L'organe opérateur, qui agit d'une manière immédiate sur le corps tournant, est ordinairement un simple sabot de bois, qui presse normalement contre la jante. On emploie aussi le frein à bande de tôle, dont l'action est beaucoup plus énergique [1].

Organisation et réglementation du service des plans. — M. Reumaux, ingénieur en chef des mines de Lens, a résumé de la manière suivante, au congrès des mines de Paris, les *principes qui doivent servir de règle* dans le service des plans automoteurs.

a) Aucun ouvrier n'est admis à circuler dans un plan incliné automoteur sans y avoir été autorisé par l'envoyeur du haut ou le receveur du bas qui sont chargés des signaux et responsables de la sécurité. Aucun ouvrier ne doit se tenir sur le plat pendant la marche du plan incliné.

Lorsque la pente dépasse 35 degrés, la circulation dans le plan est interdite à tous les ouvriers qui n'y sont point appelés par leur service.

b) Les signaux sont donnés à la voix ou à la corne d'appel, mais lorsque la longueur du plan dépasse 50 m., le signal est transmis par un cordon relié à deux sonneries, l'une placée au haut, l'autre au bas du plan incliné.

L'envoyeur et le receveur n'autorisent la descente ou la montée qu'après avoir donné le signal convenu et reçu la réponse; l'alphabet des signaux demeure affiché sur le plat du freineur et du receveur.

c) Des barrières mobiles sont installées à la tête des plans inclinés. Ce sont de fortes chaînes, des traverses en bois ou en fer, suspendues par des cornes ou des chaînettes aux cadres du boisage, des clenches doubles, ou encore des taquets d'arrêt assujettis sur le sol. On rend parfois ces barrières automatiques.

d) Il arrive que la berline se décroche au moment où elle change d'inclinaison pour aboutir au plat supérieur; on a, pour remédier à ce danger, disposé dans le haut du plan des clenches qui se relèvent ou des taquets qui s'abaissent au passage des berlines et empêchent le retour en arrière.

e) Lorsqu'une berline déraille, c'est l'envoyeur du haut qui descend (jamais le receveur d'en bas qui monte) avec un aide, pour la remettre sur rails. Il serre, au préalable, le frein et la

[1] Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation*, t. I, p. 728.

[1] Haton de la Goupillière, *loc. cit.*, page 719.

poulie, se munit, si la pente est forte, d'une ceinture de sûreté, et ne procède à la remise de la berline qu'après l'avoir enrayée et calée, ou mieux attachée.

f) Les poulies des plans automoteurs sont à contrepoids serré, jamais en marche le levier ne peut être suspendu.

g) Des dispositions sont prises pour protéger la poulie et arrêter la berline, lancée trop loin, ainsi que pour empêcher l'envoyeur d'être entraîné par le câble en mouvement.

Dans le *règlement de l'administration des mines de Dortmund*, un des plus complets sur cette matière, on trouve les dispositions suivantes qui méritent d'être retenues :

Tous les plans automoteurs doivent être munis de cheminées ou d'un *compartiment pour la circulation des hommes*, lesquels seront toujours tenus en bon état. Une séparation efficace se trouvera entre les deux compartiments. La circulation des hommes sur un plan incliné d'exploitation (sans galerie ou compartiment spécial) ne peut être autorisée que par l'administration supérieure, dans des cas exceptionnels.

L'utilisation des chariots porteurs, berlines, contrepoids[1] pour la circulation est défendue. Il n'est fait d'exception que pour un ouvrier grièvement blessé.

Dans tous les travaux où la pente dépasse 30°, observer les prescriptions relatives au travail des puits, qui oblige à travailler sur un plancher fixe ou à être attaché.

Le choix et la perfection du matériel roulant et du câble ne sont pas indifférents, sans doute. Mais comme ces eugins ne servent pas au transport du personnel et que celui-ci ne doit pas circuler sur les plans pendant l'extraction, c'est plutôt d'une bonne réglementation et d'une surveillance incessante que dépendra la diminution du nombre, encore si considérable, des accidents sur les plans. Nous réservons donc la question du câble au chapitre suivant, consacré aux puits, où elle acquiert une toute autre importance ; puisque le sort de tout le personnel y dépend journellement de l'état du câble et que celui-ci a des charges énormes à supporter.

Dispositifs spéciaux pour plans inclinés. — Le parachute, dont l'utilité est aujourd'hui généralement reconnue sur le continent pour les puits de mine, a été appliqué quelquefois aux plans inclinés. Mais comme il n'aurait pour effet, avec un service bien organisé, que d'empêcher des dégâts matériels, en cas de rupture du câble, il n'y a pas lieu de compliquer et renchérir le matériel des plans de ces appareils, qui doivent être parfaits, sous peine de devenir eux-mêmes une cause de danger, ou de gêne en temps ordinaire. Tout au plus se sert-on des dispositifs que nous avons indiqués pour la traction mécanique en vallée, pour arrêter le train montant, si le câble vient à se rompre. On peut atteindre ce but plus simplement en laissant traîner, derrière le train montant, une reculoire qui se pique immédiatement dans le sol, aussitôt le câble rompu. Pour le train descendant chargé il faudrait des appareils plus énergiques et plus compliqués dont l'emploi n'est pas justifié pour le service des plans.

Barrières automatiques. — En revanche, les dispositifs qui ont pour but de fermer l'accès du plan incliné pendant l'extraction et d'empêcher la descente intempestive d'un wagonnet, malgré l'inadvertance de l'ouvrier moulineur, peuvent rendre de grands services. Parmi les nombreux appareils imaginés dans ce but, nous en décrirons trois, qui fonctionnent régulièrement dans des charbonnages connus et qui ont figuré aux expositions de Berlin et de Paris en 1889.

Les fig. *4a* et *4b* de notre planche.. représentent le dispositif appliqué aux houillères de *Bruckenberg* (Saxe royale). Une traverse *q*, suspendue par deux chaînes, ferme l'accès du plan. Les chaînes passent sur des poulies et aboutissent aux bras *a* et *a*, qui forment, avec le cadre rectangulaire R, un levier mobile autour de l'axe *c*.

Lorsque *q* ferme l'ouverture du plan, le cadre R est placé horizontalement. Lorsque *q* est soulevé et vient en q^1 (figuré en pointillé), le cadre prend la position verticale indiquée également en pointillé sur la fig. *4a*. Le cadre lui-même est représenté par la fig. *4b*.

Pour que la berline H puisse être amenée de la galerie horizontale au haut du plan incliné, il faut que le cadre R soit redressé, ce qui ramène la barrière dans la position *q* interceptant l'accès du plan. La berline ne risque pas ainsi de descendre sur le plan avant qu'on ait eu le temps de l'accrocher au câble. D'autre part la berline vide qui monte rencontre le cadre R placé verticalement et le soulève. Le cadre retombe aussitôt que le wagon a passé[1].

La fig. 5 représente un autre moyen de fermeture de plan, qui fonctionne au grand *charbonnage du Hazard*[1], près de Charleroi (Belgique).

La traverse *q* est fixée au levier *h*, qui peut tourner autour de l'axe *x* et dont le bras horizontal peut être maintenu par le crochet *c*.

Tant que ce bras repose par son extrémité sur le crochet *c*, il est impossible de déplacer *q*, et l'accès du plan reste fermé. Le wagon W ne peut être placé sur la pente qu'en retirant le crochet *c* au moyen de la corde *u*, ce qui permet d'écarter momentanément la barrière *q*.

Le principe des *taquets d'arrêt*, qui sont moins encombrants que les barrières automatiques et peuvent empêcher également la descente intempestive de la benne, était représenté à l'exposition de Paris par un dispositif d'une remarquable simplicité, imaginé par M. Mortier, ingénieur aux mines de *Roche-le-Molière* (près de Saint-Etienne). L'arrêt se compose (voir fig. *6a* et *6b*) de deux taquets D et D′ qui font entre eux un angle de 150° et qui sont montés sur un petit arbre placé longitudinalement dans l'axe de la voie. L'essieu antérieur de la benne montante efface successivement D et D′, grâce à la forme trapézoïdale de ces deux taquets. Lorsqu'elle efface le second D′, le premier D se relève de manière à retenir toute benne pleine qui s'engagerait sur la voie en sens inverse. Celle-ci ne peut descendre que lorsque l'envoyeur a relevé D′ et effacé D, en appuyant sur une pédale[2].

Citons encore les *ponts-levis* en fer, *système Ruydant*, qu'on n'abaisse qu'au moment où le wagon doit passer de la galerie sur le plan incliné. Ces ponts-levis (exposés à Berlin par la société belge de Mambourg) sont manœuvrés par des

[1] Souvent la descente des wagonnets chargés est partiellement équilibrée par un chariot-contrepoids, lorsqu'il n'y a pas de wagonnets vides à monter par le même plan.

[1] Kraft, *Fabrikshygiène*.

[2] Revue de l'exposition de Paris, publiée par la *Revue universelle* de Liège.

treuils à air comprimé qui sont utilisés en même temps pour opérer la montée des remblais.

Parmi les meilleurs dispositifs qui aient été imaginés pour plans automoteurs, il faut ranger enfin *ceux que M. Reumaux a installés* récemment aux *mines de Lens* (Pas-de-Calais). Ils consistent à *enclencher toutes les barrières*, qui défendent l'accès du plan à divers niveaux, *à la sonnerie*, ou *bien à les solidariser avec les barrières* des voies qui aboutissent *au plat supérieur* du plan automoteur. La manœuvre de la sonnerie et l'accès du plat sont ainsi condamnés — c'est-à-dire que la descente du train chargé ne peut avoir lieu, — tant que les barrières inférieures sont ouvertes.

Nous retrouverons le même principe ingénieux et éminemment pratique dû à M. Reumaux, appliqué aux puits verticaux où il rend des services plus grands encore, lors de la remontée du personnel.

DONNÉES EXPÉRIMENTALES

SUR LA

CONSTRUCTION DES CHAUSSÉES ET DES TROTTOIRS

DANS LES GRANDES VILLES

Traduit de la *Schweizerische Bauzeitung*, par A. Oyex, ingénieur.

La construction des voies de communication dans les grandes villes doit tenir compte de circonstances diverses; en effet la circulation se divise tout d'abord en circulation des véhicules et en celle des piétons, qui ont chacune leurs exigences spéciales. La circulation des véhicules nécessitera des modes de construction différents, suivant qu'elle sera principalement une circulation de tramways à traction de chevaux, électrique ou à vapeur, ou essentiellement une circulation de tombereaux, chars, fardiers, etc. On doit aussi tenir soigneusement compte des conduites d'eau et de gaz, des égouts et des conduites souterraines pour l'électricité. Une condition toute moderne que l'on exige des chaussées est celle qu'elles soient aussi peu sonores que possible; ce dernier point a déjà donné beaucoup de mal au service des voiries urbaines.

De nos jours on a pris l'habitude de chercher en tout les plus grandes nouveautés et les plus grands perfectionnements dans l'Amérique du Nord, surtout à New-York. Mais on aurait tort de le faire en ce qui concerne les meilleurs exemples d'une voirie urbaine rationnelle. En effet, dans le nord de l'Amérique la construction des chemins de fer a mis l'achèvement et l'amélioration des routes absolument à l'arrière-plan et presque partout l'état de la voirie est peu satisfaisant. De graves omissions dans la législation et la réglementation, relatives aux routes, ont contribué à cet état de choses, par exemple le droit laissé aux diverses sociétés, soit de gaz, soit de tramways électriques, etc., de bouleverser à leur gré le pavage des rues et aussi l'usage, maintenant abandonné, qui attribuait les frais du pavage des voies aux propriétaires bordiers. Ceux-ci se laissaient fréquemment guider par des considérations de bon marché et non par les besoins de la circulation. On cherche actuellement à remédier aux négligences commises, mais on n'est qu'au début d'une façon de procéder plus rationnelle.

Par contre ce sont les villes de Londres, Liverpool et Paris où l'on fait depuis longtemps de grands sacrifices pour établir les chaussées et trottoirs dans les meilleures conditions possibles.

En 1872, ainsi que l'expose l'ingénieur Curt-Merkel dans un article remarquable de la *Deutsche Bauzeitung*, on procède à Liverpool à une réfection des pavages. On établit dans la forme creusée une couche de béton de 15 cm. d'épaisseur sur toute la largeur de la chaussée; ce béton se composait de couches alternatives de cailloux cassés et de mortier fortemement pilonnées. La proportion des matériaux composant le béton était de 1 partie de ciment pour 5 de sable et 7 de pierres cassées. Avant de placer les pavés on laissait durcir le béton pendant 10 jours. Pour les chaussées devant recevoir des rails on procédait par contre d'après le système de l'ingénieur en chef de la ville, Dunscombe, de la façon suivante :

La partie inférieure des rails, les « sleepers », se posaient sur de petits cubes de béton de $^{20}/_{20}$ cm. placés dans la forme. Puis on posait les ancrages et la partie supérieure des rails formant ornière, et l'on noyait le tout dans du béton jusqu'au niveau du bord inférieur du « sleeper ». Une fois le béton suffisamment durci, on forçait les rails à s'appliquer solidement sur la surface bétonnée en faisant serrage sur les boulons des ancrages. L'écartement des ancrages est de 92 cm., et aux extrémités des rails de 23 cm. Sur le béton se pose le pavage proprement dit en pavés de syénite, de 9/9/16 cm. pour les chaussées de première classe, placés dans un lit de sable de 1 $^1/_2$ cm. Avant et après le battage les joints sont garnis de sable et finalement coulés avec un mélange bouillant de goudron minéral et d'huile créosotée. Enfin on étend une couche de 1 cm. de sable à la surface du pavage. Les pavés placés le long des rails sont taillés de façon à ce que leurs surfaces de contact soient absolument jointives sur au moins 4 cm. Les chaussées de deuxième classe ont des pavés de dimensions un peu moindres, et celle de troisième classe ont un encaissement de 25 cm. d'épaisseur, sur lequel on pose les pavés dans un lit de sable; l'encaissement est préalablement comprimé par des cylindres à vapeur. Le prix du pavage des chaussées de première classe s'élève à 19 fr. 10 par m², pour celles de deuxième classe à 13,90 et pour celles de troisième classe à 11,80. — Les pierres formant caniveau ont 91 cm. de longueur, 40 cm. de largeur et 8 cm. d'épaisseur. Les bordures ont 90 cm. de longueur, 15 cm. de largeur à la surface, et leur parement intérieur présente un certain fruit. Les trottoirs sont pavés de dalles en grès de première qualité. Après la pose, les joints de ces dalles sont coulés avec du sable additionné d'un peu de ciment.

La chaussée a un bombement de $^1/_{36}$, les trottoirs une inclination de $^1/_{24}$ de leur largeur. Les voies construites par des particuliers ne sont reprises par la ville que si elles sont construites conformément aux prescriptions que nous venons d'indiquer. Vu que depuis 1880 le réseau des tramways est propriété de la ville, c'est elle qui en a l'entretien revenant annuellement à un peu moins de 40 000 francs, tandis que le produit de la ferme de l'exploitation des lignes rapporte par année près de 750 000 francs. Tous les travaux se font en régie et l'on apporte un soin méticuleux à l'alignement exact des rangs de pavés.

Ce mode de pavage a fait ses preuves pour les conditions locales de Liverpool, car il a été maintenu jusqu'à présent,