

GAND 1938

QUATRIÈME CONGRÈS BELGE DE LA ROUTE

Section A.

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN DE LA ROUTE.

Question IV.

Progrès réalisés depuis le 3^e Congrès belge de la Route :

- a) dans l'emploi des émulsions de goudron et de bitume ;
 - b) dans les rejointoiements de pavages ;
 - c) dans les dosages du béton pour chaussées en béton de ciment ;
 - d) dans l'établissement et l'entretien des revêtements de chaussées en béton de ciment.
-

LA ROUTE EN BETON DES NOUVELLES
INSTALLATIONS DE L'UNIVERSITE
DE LIEGE (AU VAL-BENOIT).

par F. CAMPUS,

Professeur à l'Université de Liège
Directeur des laboratoires d'essais des
constructions du Génie Civil.

Imprimerie L. VANMELLE, S. A.
13, rue des Prêtres, Gand
1938

LA ROUTE EN BETON DES NOUVELLES
INSTALLATIONS DE L'UNIVERSITE DE LIEGE
(AU VAL-BENOIT)

Au printemps de 1937, exactement du 16 mars 1937 au 21 juin 1937, environ 4.500 m² de routes en béton ont été exécutés sur la propriété de l'Université de Liège, au Val-Benoit, en vue de réaliser les accès aux nouveaux instituts universitaires qui ont été inaugurés en novembre 1937. D'importance médiocre par son étendue, ce travail a paru digne de relation au 4^{me} Congrès belge de la Route, parce qu'il s'écarte en plusieurs points de la technique officielle, c'est à dire usuelle dans le pays, et qu'en plusieurs points il constitue la mise en application de propositions présentées par l'auteur aux congrès précédents.

Situation et sol.

Le terrain, situé au voisinage immédiat de la Meuse, est sous le niveau de ses plus fortes crues. Le sol alluvial est formé de limon surmontant une couche de gravier assez épaisse et solide, reposant à son tour sur le schiste. Par endroits, le terrain a été remblayé à une époque assez récente (fig. 1). Ailleurs (angle de la rue du Val-Benoit et de la rue Armand Stévert) le terrain est bordé d'anciennes exploitations de terre à briques et forme une sorte de marécage. Au sud de cet endroit se trouve un ancien terril d'un charbonnage situé immédiatement de l'autre côté de la rue du Val-Benoit (fig. 2).

La voirie du quai de Rome a été relevée en remblai, de même que celle de la rue Armand Stévert, de manière à former des digues mettant le terrain du Val-Benoit à l'abri des inondations (fig. 3). Ces travaux ont été exécutés par l'Administration des Ponts et Chaussées et par la Ville de Liège.

Dans la partie du terrain contiguë à la Meuse, l'eau souterraine est à un niveau en rapport avec la flottaison de la rivière canalisée.

En bordure de la rue du Val-Benoit, il a été constaté un niveau sensiblement plus élevé de l'eau. La nappe phréatique semble alimentée par la colline voisine et n'être pas en relation directe avec la Meuse. La proximité des terrils et l'existence de vestiges de canalisations d'évacuation des eaux d'exhaure du charbonnage ont comme

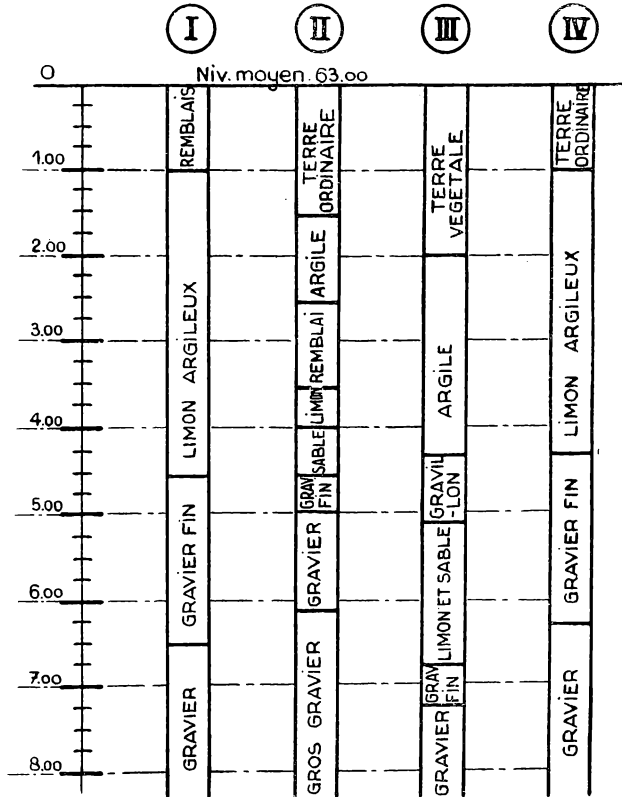


Fig. 1. — Sondages.

conséquence que les eaux d'une grande partie du terrain sont appréciablement sulfatées (jusque 587 milligrammes de SO₃ par litre).

Enfin, l'exploitation du charbonnage rend possible encore certains affaissements, toutefois assez modérés d'après les prévisions du Corps des Mines (quelques décimètres à peine). Il m'a semblé que ces possi-

bilités d'affaissements ne devaient pas faire rejeter l'emploi de routes en béton, que les joints longitudinaux et transversaux divisent en dalles de dimensions assez faibles pour que des désordres particuliers ne soient à craindre. Le caractère éventuellement agressif pour le béton des eaux de la nappe phréatique ne paraît pas davantage devoir entrer en ligne de compte, d'autant plus que le béton mis en œuvre est très compact, très riche en pierres, relativement peu riche en ciment et composé de ciment de haut-fourneau, relativement pauvre en chaux. Le choix du revêtement s'est fixé sur le béton à cause de la durabilité et de la facilité d'entretien.

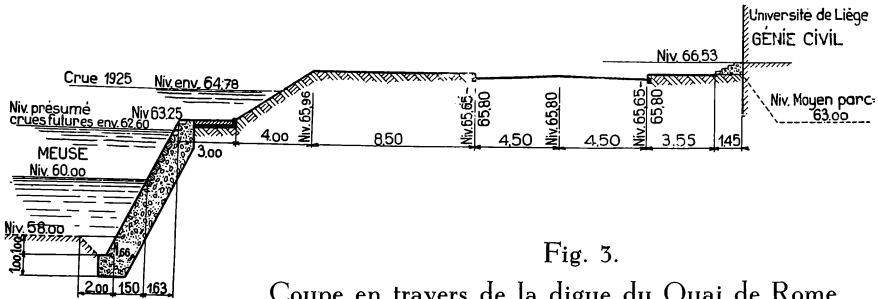


Fig. 3.

Coupe en travers de la digue du Quai de Rome

Les points qui paraissent le plus susceptible d'influer sur la tenue permanente de la route résident dans la possibilité de relèvement de la nappe souterraine, lors des fortes crues de la Meuse, susceptibles de dépasser le niveau du terrain; en suite dans la nature même du terrain de couverture, assez peu perméable, n'absorbant pas très rapidement les eaux météoriques. Pour cette raison, des dispositions spéciales de fondation et de drainage ont paru nécessaires.

Les principaux résultats d'une étude du limon superficiel, effectuée au laboratoire des terres du cours de constructions du Génie Civil de l'Université de Liège, font l'objet d'une autre communication.

Fondation et drainage (fig. 4). Le fond du coffre a été bien réglé et nivelé suivant des plans parallèles à ceux des versants de la route (pente transversale 2 cm/m); ensuite il a été comprimé au moyen d'un cylindre exerçant une pression du 30 Kg/cm de jante. Sur ce fond a été déversé une couche de 15 cm d'épaisseur de décombres triés: briquillons, déchets de béton ou de pierres, provenant de démolitions

faites en vue de l'aménagement d'ensemble de la propriété, ou de pierres cassées ou galets de Meuse, dans la mesure où les quantités de décombres étaient insuffisantes. Ces matériaux étaient contrôlés au point de vue de leur propriété (absence de terre) et de leurs dimensions suffisantes (absence de déchets menus), afin qu'ils constituent une couche à la fois drainante et répartitrice. Cette fondation a été comprimée au moyen du même cylindre.

Aux deux bords du coffre, la couche drainante est approfondie de 10 cm pour recevoir deux drains longitudinaux en poterie poreuse. Ces drains sont reliés par des pièces spéciales aux orifices de voirie placés de distance en distance dans les filets d'eau, pour évacuer les eaux de ruissellement et de drainage par la canalisation générale

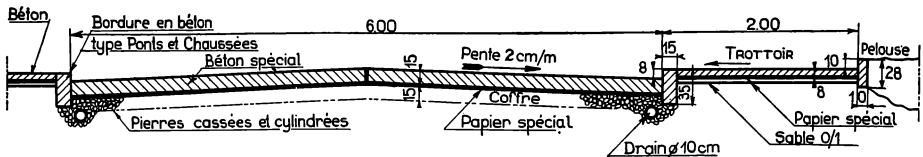


Fig. 4. — Coupe transversale de la route en béton et des trottoirs.

de la propriété, en tuyaux de grès vernissé, reliée aux égouts de la Ville de Liège.

L'assiette de la route est ainsi bien consolidée et drainée, aussi bien au point de vue des eaux de ruissellement que des eaux d'infiltration et d'ascension hydrostatique ou capillaire; elle est aussi, dans une mesure suffisante pour notre climat, protégée du gel.

La route est sensiblement au même niveau dans toute son étendue, sous réserve des pentes transversales et de celles des filets d'eau (d'ailleurs un peu trop faibles). A son extrémité vers l'ancienne abbaye du Val-Benoit, elle se raccorde à une ancienne voirie de parc, assez peu consolidée et située à un niveau plus élevé de 0,80 cm à 1, — m. Une rampe de raccordement a été aménagée, sous une déclivité de 4 à 6 % et sur une longueur de 14 à 23 m (fig 5). La rampe a été convenablement consolidée au moyen d'une fondation de même nature que celle de la route en béton, surmontée d'un empierrement de 15 cm d'épaisseur totale, formée d'une couche inférieure de ballast 20/40 de grès de l'Amblève, recouverte d'une couche de 5/20 de même nature, cylindrée au moyen du cylindre précité et consolidé

surtout par la circulation assez intense. Le danger principal du raccord résidait dans la possibilité d'accumulation d'eau à la limite de la route en béton et de la rampe, constituant un point bas. Pour

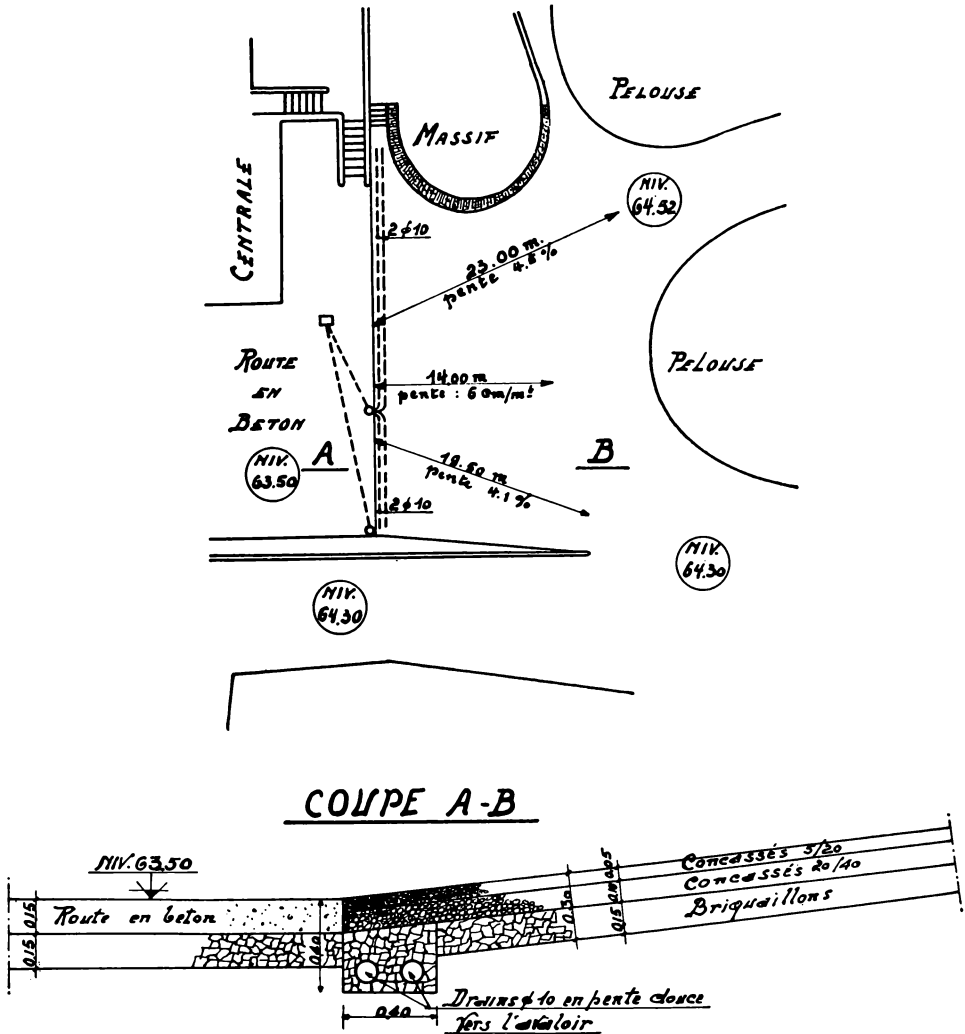


Fig. 5. — Raccordement de la route en béton aux chemins existants.

y parer, un fort drain a été réalisé sous la limite de la rampe, par un approfondissement du coffre sur 0,15 m de profondeur et 0,40 m de largeur, rempli de pierres cassées renfermant deux tuyaux drainants en poterie poreuse. Ce drain est en relation avec un orifice de voirie établi vers le milieu du bord d'extrémité de la route en béton. Alors que la voirie du parc devant l'abbaye est fréquemment boueuse et détrempée, la rampe et le raccord à la route en béton se sont toujours montrés en parfaite condition.

Revêtement en béton (fig. 4).

Sur la couche de consolidation est répandue une légère couche de sable, destinée à permettre le placement de bandes de papier spécial Pergaloid, posées à recouvrement de 10 cm en tous sens. Cette disposition est reprise de l'Administration des Ponts et Chaussées et est destinée à éviter l'adhérence entre la fondation et les dalles du revêtement. Celles-ci ont 15 cm d'épaisseur uniforme, sans renforcement aux bords des dalles. Ces renforcements paraissent en effet superflus et compliquent l'exécution. L'épaisseur choisie a paru suffisante en raison des précautions de fondation et du fait que la circulation prévue, encore qu'assez intense, sera rarement ultra-lourde. Le revêtement a en général 6,00 m de largeur. Il est divisé en deux par un joint longitudinal, par rapport auquel les dalles sont disposées en versants plans de 2 % de pente transversale. Dans le sens longitudinal, les joints transversaux sont distants de 12 m en moyenne. Cependant, cette route en béton, par sa destination, comporte beaucoup de singularités de plan et de tracé, notamment des ronds-points, qui ont entraîné le bétonnage de diverses dalles de dimensions anormales (par ex. 10,00 × 5,00; 9,70 × 6,70; 9,00 × 11,00, etc.) Certaines dalles ont été armées doublement dans les deux sens aux endroits où elles franchissent de larges tranchées remblayées récemment ou recouvrent des galeries de canalisation enterrées à peu de profondeur sous la surface du sol. La confection a été effectuée en partie au moyen de la machine dameuse-finisseyse Van Steenkiste, mais aussi en grande partie par damage à la main, à cause des nombreuses courbes et dalles de largeur ou de forme anormales. Les conditions imposées pour l'exécution étaient sensiblement celles du cahier général des charges de l'Administration des Ponts et Chaussées.

sées du 9 octobre 1935, de même en ce qui concerne le traitement et la protection du béton pendant la période initiale de durcissement, qui s'est opérée sous les températures relativement basses du printemps de 1937.

Dosage. Le dosage employé est le suivant:

| | |
|----------------------------|----------------------|
| ballast de grès 20/40 ... | 970 Kg |
| grenaille de grès 2/10 ... | 650 Kg |
| sable de rivière 0/3 ... | 400 Kg |
| ciment H.F.H.R. ... | 375 Kg |
| eau | moins de 170 litres. |

Poids des pierres: 1620Kg

| | |
|---|--------|
| Pourcentage du poids des pierres: ballast 20/40 | 59,7 % |
| grenaille 2/10 | 40,3 % |

Poids des matières inertes: 2020 Kg

| | |
|---|--|
| Pourcentage du poids des matières inertes: ballast 20/40—48 % | |
| grenaille 2/10—32,2 % | |
| sable 0/3—19,8 % | |

Poids des matières sèches: 2395 Kg

Pourcentages en poids des matières sèches:

| | |
|------------------------------|---------|
| ballast et grenaille (P) ... | 67.7 % |
| Sable (S) ... | 16.7 % |
| Ciment (C) | 15.65 % |
| Eau ... | 7.1 % |

Rapports: $\frac{P}{C} = 4,325$ $\frac{S}{C} = 1,065$

$\frac{C}{P+S+C} = 0,1565$ $\frac{E}{C} = 0,454$

Pour l'appréciation de ce dosage, je me réfère à mon rapport au 2^{me} Congrès belge de la route (Anvers 1933) intitulé: « La composition des bétons de routes ».

On voit qu'il est de la famille des dosages III et IV (page 21 du dit rapport), à environ 60 % de 20/40 et 40 % de 2/10. Le coefficient de vides de ce mélange est $v = 28 \%$ (page 26 du dit rapport).

Reportant les valeurs $\frac{P}{C} = 4,325$ et $\frac{S}{C} = 1,065$ en abscisse et ordonnée du diagramme de la figure 12 du dit rapport, représentant la relation $0,84 + \frac{S}{C} = 1,125 \frac{P}{C} \left(\frac{v}{1-v} \right)$ (page 25 du dit rapport) on trouve que le point représentatif se place presque exactement sur

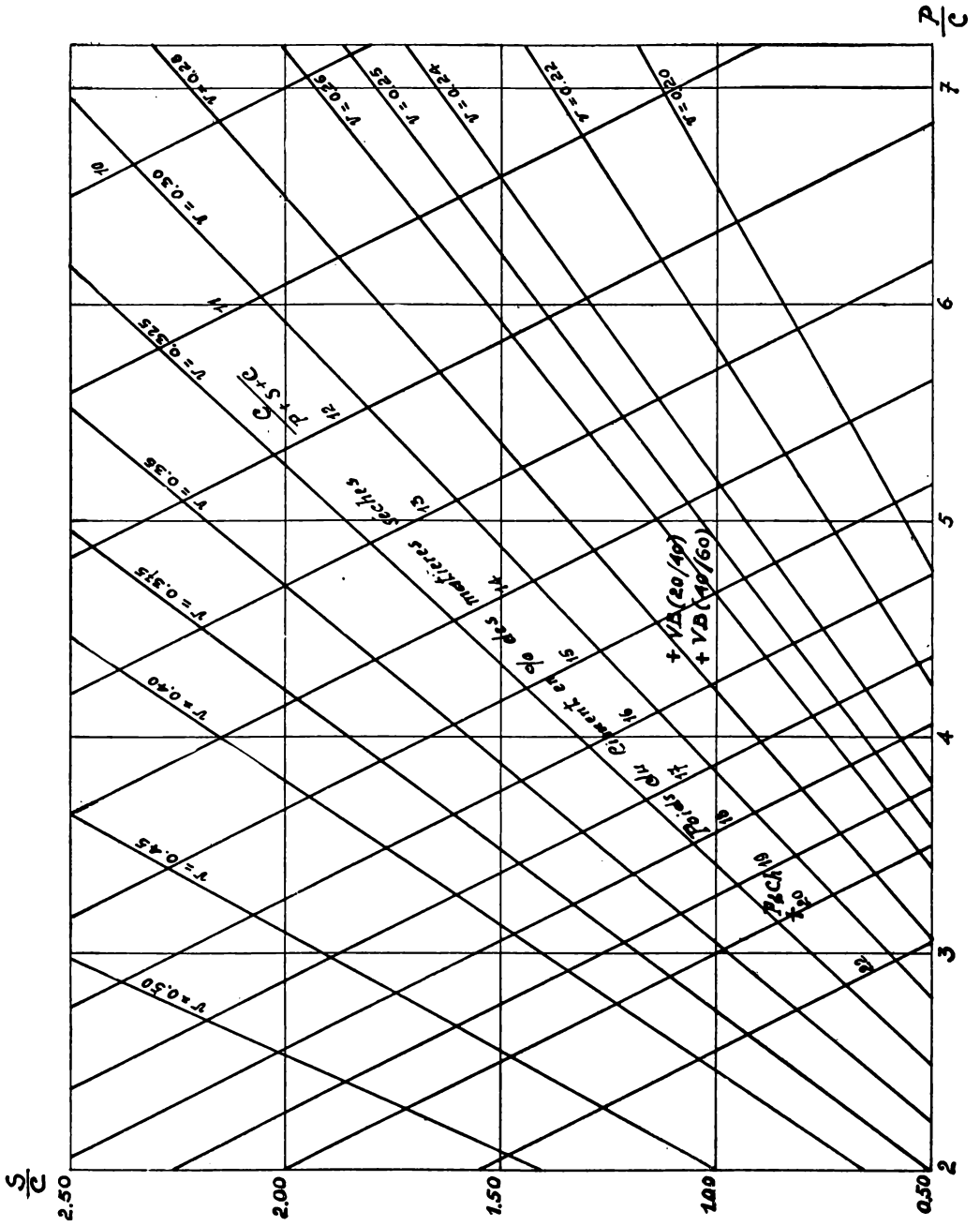


Fig. 6. — Graphiques de compositions des bétons de routes.

la droite correspondant à $v = 0,28$. Le dosage satisfait donc à la formule; il est un peu plus riche en ciment que les dosages III et IV. La richesse en ciment peut d'ailleurs s'apprécier sur le diagramme par les courbes de $\frac{C}{P+S+C}$ en fonction de $\frac{P}{C}$ et $\frac{S}{C}$, qui sont des droites parallèles. Le diagramme ainsi complété est reproduit à la figure 6 du présent rapport.

Les figures 7 et 8 représentent les courbes granulométriques des constituants et du béton. On y trouve aussi, à titre de comparaison, la courbe de Fuller-Bolomey

$$r = (100 - 12) \left(1 - \sqrt{\frac{d}{D}}\right)$$

pour $D = 38,10$ mm. Les modules de finesse sont 4.90 et 5.05, respectivement pour le béton et la courbe de Fuller-Bolomey. Ces courbes, surtout celles des refus partiels, mettent bien en évidence les « lacunes granulométriques » du béton. Il contient un peu moins de pierrailles que le dosage de Fuller-Bolomey (68,35 au lieu de 72,5 sur le tamis de 1,17 m/m). Le mélange de pierrailles 20/40 et 2/10 réalise une granulométrie assez discontinue, tout en donnant une bonne compacité. Mais le béton contient sensiblement plus de sable que ne l'indique la courbe de Fuller-Bolomey (15,45 % entre le tamis de 0,147 m/m et 1,17 m/m au lieu de 10 %) et à peu près la même quantité de ciment (15,65 % contre 17,5 %). Au total, plus de fin (31,65 % traversant le tamis de 1,17 m/m contre 27,5 %). C'est à ces caractères que l'on doit attribuer la bonne « maniabilité » du béton en dépit d'un facteur $\frac{E}{C}$ assez bas et sa bonne résistance à la flexion.

Des essais préalables effectués au laboratoire, sur des cubes de 20 cm de côté moulés au moyen de ce béton, tassé par damage, ont donné les résistances suivantes à l'âge de 7 jours: 296,305 et 311 Kg/cm².

Ce béton d'essai était fait au moyen de ciment portland normal. La grenaille 2/10 donnait 55 % de refus partiel sur le tamis de 4,7 m/m et 45 % de refus sur le tamis de 2,36 m/m.

A titre de contrôle de confection, le cahier des charges prescrivait: 1) des essais d'orientation sur cubes de 20 cm de côté, moulés sur le chantier au moyen du béton mis en œuvre — Résistance présumée:

270 Kg/cm² à 7 jours

400 Kg/cm² à 28 jours.

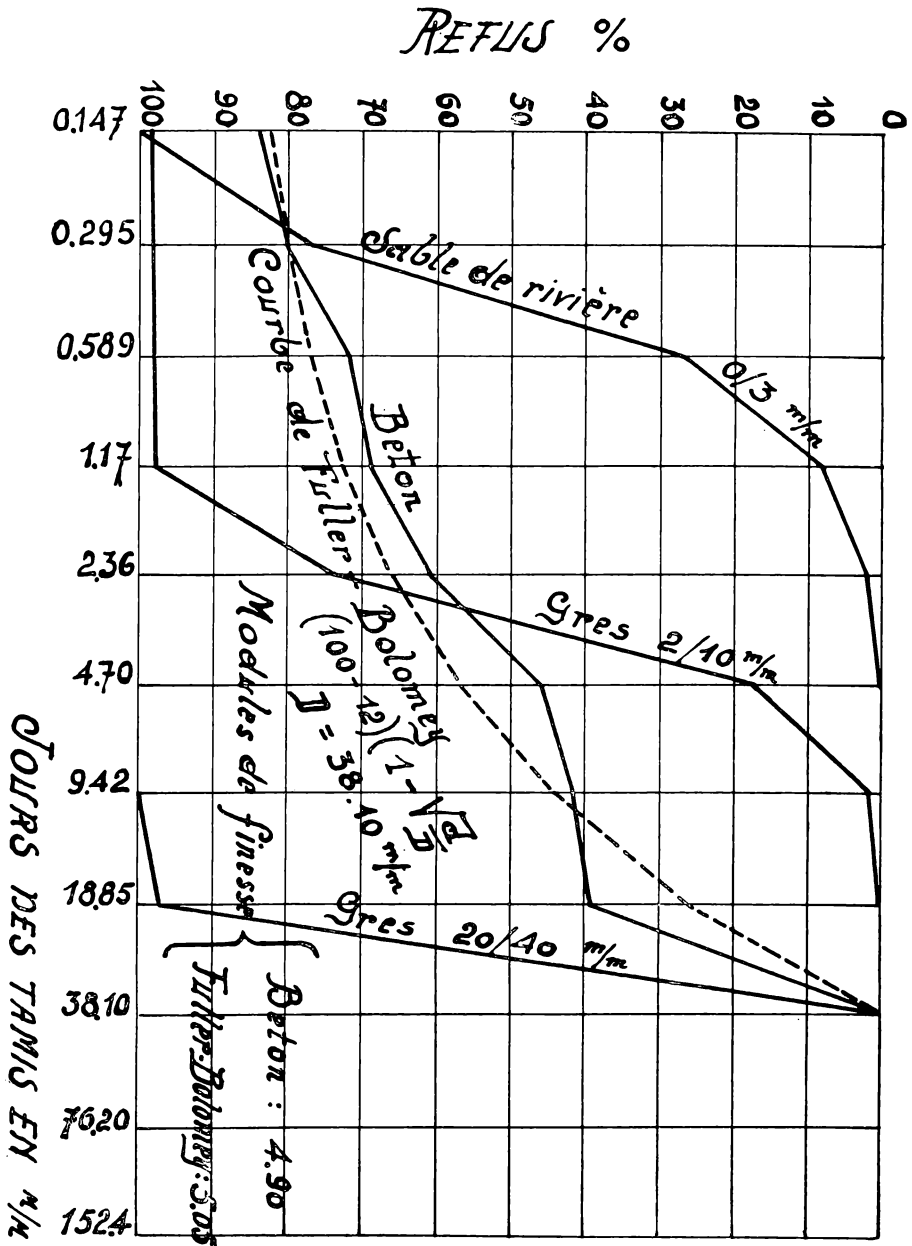


Fig. 7. — Courbes granulométriques des refus cumulés.

REFUS %

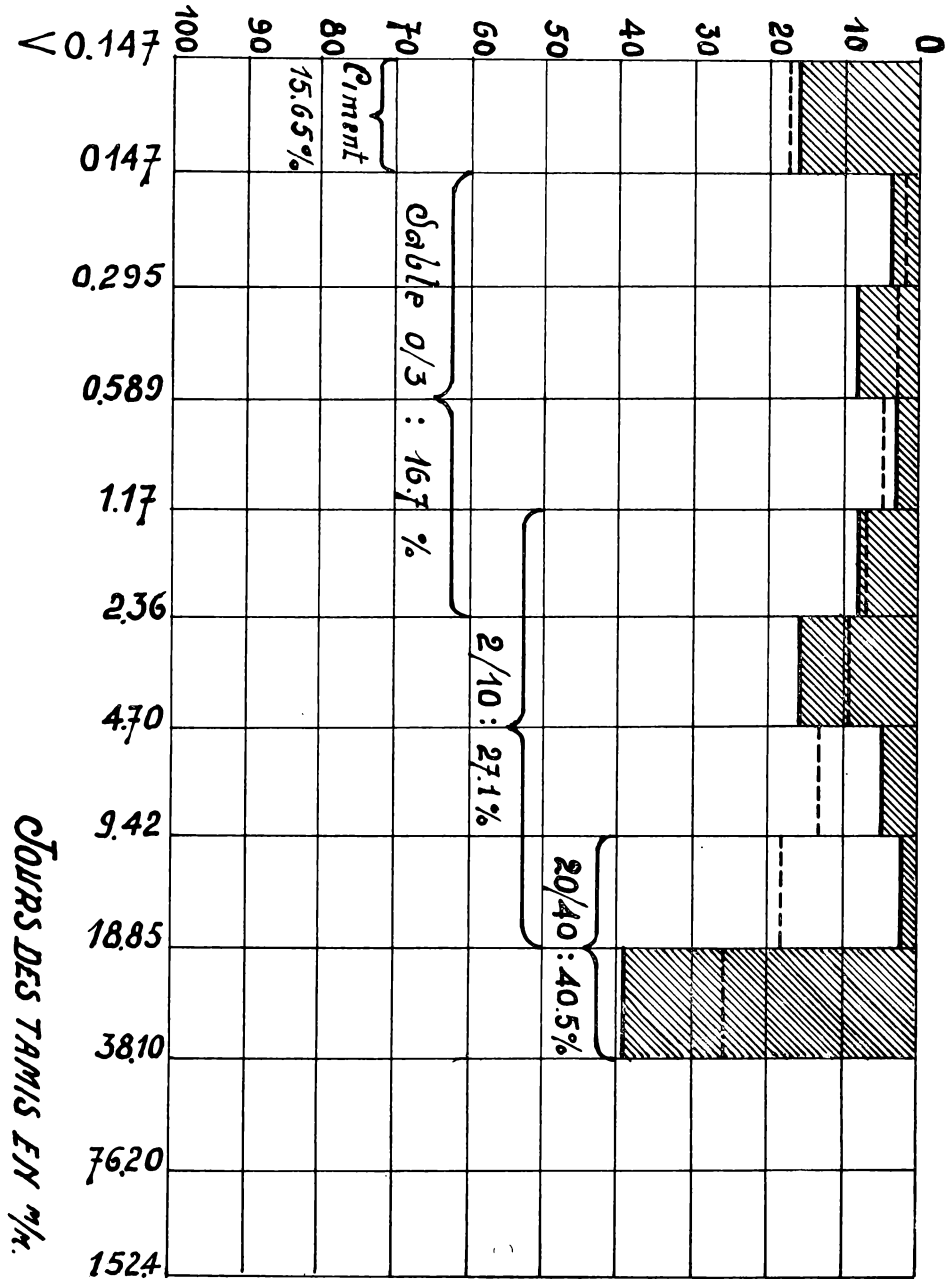


Fig. 8. — Courbe granulométrique des refus partiels (extrait interrompu, d'après la formule de Fuller-Bolomey).

Les résultats obtenus sur le chantier sont les suivants:

192,5 — 188 — 202 — 196 — 225 — 216 — 246 — 241 et 257 à 7 jours
 308 — 244 — 353 — 348 — 370 — 359 — 356 — 361 et 405 à 28 jours

Moyennes: 218 Kg/cm² à 7 jours

345 Kg/cm² à 28 jours

2) Des essais sur cubes de 10 cm de côté découpés dans des dalles de 40 × 40 × 15 extraites de la route et essayées à l'âge de 56 jours. Résistances requises: 550 Kg/cm² en moyenne, avec minimum individuel de 500 Kg/cm².

Résultats obtenus: 512, 516, 576, 537, 564 et 519 Kg/cm²

Moyenne: 537 Kg/cm².

3) Des essais de flexion sur prismes de 40 × 10 × 15 cm, fléchis par une charge centrale entre appuis écartés de 36 cm. Résistance requise (calculée par la formule de Navier): 50 Kg/cm² en moyenne avec minimum individuel de 45 Kg/cm².

Résultats obtenus: 62,3; 64,2 et 62,4 Kg/cm² — Moyenne 63 Kg/cm²

L'uniformité des résultats est très grande; la résistance à la flexion notamment est élevée ce qui, pour une route en béton, est une propriété plus désirable qu'une forte résistance à la compression: (rapport $\frac{63}{537} = 0,1175 = \frac{1}{8,5}$). Il est à noter que ces résultats ont été obtenus après durcissement pendant une saison à température plutôt basse, ce que est défavorable.

On peut donc considérer que le mélange a donné satisfaction. Au point de vue de la maniabilité, il s'est révélé très plastique et facile à mettre en œuvre. Il me paraît plus maniable que le dosage réglementaire de l'Administration des Ponts et Chaussées, encore que celui-ci soit plus pauvre en pierres et plus riche en mortier. Il répond en effet à: P = 63,5 % S = 16,4 % C = 20 %

$$\frac{P}{C} = 3,175 \quad \frac{S}{C} = 0,82 \quad \frac{C}{P+S+C} = 0,20$$

(voir le point désigné « P & Ch » au diagramme de la figure 6).

A noter que l'entrepreneur était autorisé à employer le dosage:

| | |
|---------------------------|---------------------|
| Ballast 40/60 ... | 970 Kg |
| Grenailles 5/20 ... | 650 Kg |
| Sable de rivière 0/3 | 375 Kg |
| Ciment H. F. H. R. | 375 Kg |
| Eau ... | moins de 160 litres |

Essayé au laboratoire en cubes de 30 cm de côté, ce dosage a donné 300 Kg/cm² de résistance à la compression à l'âge de 7 jours toutefois avec l'emploi de ciment portland normal, le 5/20 donnant 60 % de refus partiel sur le tamis de 9,42 mm et 40 % sur le tamis de 4,7 mm).

Il sera vraisemblablement mis en œuvre pour la partie de la voirie en béton qui reste à construire au cours d'une autre entreprise (Abords de l'Institut de Mécanique, fig. 2). Il est plus facile de se procurer de la grenaille 5/20 satisfaisante que du 2/10. Correspondant à un moindre degré de concassage des pierres, le **prix de revient** devrait d'ailleurs être moindre.

Le Ciment. Il est naturel que sur un chantier situé au voisinage immédiat de deux des principales usines du pays productrices de ciment métallurgique, on ait songé à faire usage de ciment de haut-fourneau à haute résistance pour une route en béton. Le durcissement est vraisemblablement un peu plus lent qu'avec le ciment portland, mais il est tout à fait suffisant ainsi que le montrent les résultats précités. D'autre part, les résistances à la flexion sont très satisfaisantes et leur rapport à la résistance à la compression est plutôt élevé, ce qui est favorable pour les routes. Il ne convient pas d'exposer dans ce rapport une étude comparative des propriétés des diverses catégories de ciments au point de vue de leur emploi pour les routes. Je me suis étendu davantage sur ce sujet dans ma contribution au rapport rédigé en collaboration avec MM. De Baedts, Van Hauwermeiren et Hondermarcq pour le Congrès international de la Route, à la Haye en 1938, auquel je renvoie ce propos.

Un point important en ce qui concerne l'aptitude d'un ciment à convenir pour le béton de routes est le retrait, ou plus exactement la tendance à la fissuration. Cette dernière caractéristique est très complexe. Elle fait intervenir non seulement le retrait, mais les propriétés de résistance et de déformation, variables en fonction du temps.

Un ciment idéal devrait avoir un faible retrait, croissant lentement vers une limite aussi basse que possible et une déformabilité grande par rapport au retrait, ne décroissant pas trop rapidement et correspondant à une résistance à l'extension croissant assez rapidement. Ces conditions ne sont que très imparfaitement réalisées par la plupart des ciments, mais les ciments de haut-fourneau ne sont pas

défavorisés sous ce rapport. Leur relative lenteur de durcissement et une relative déformabilité, accompagnée cependant d'une bonne résistance à l'extension, leur confère une bonne adaptation à l'emploi pour les routes, à condition d'avoir affaire à des ciments d'origine bien connue et éprouvée. A ce point de vue, il est recommandable de prescrire des essais spéciaux pour les ciments destinés à l'usage des routes.

Je renvoie sur ce point encore au rapport précité au Congrès international de la route à La Haye, où l'on trouvera relatés des essais de retrait effectués au laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil, sur des bétons de routes. J'en extrais les résultats suivants, pour un béton d'un dosage voisin de celui mis en œuvre dans la route du Val-Benoit et au ciment H.F.H.R.

Conservation en sable humide (peu différente de la conservation en air humide, d'après les résultats d'ensemble des essais).

Retrait spécifique linéaire à l'âge de 100 jours: $1,7 \cdot 10^{-4}$

Le même béton, dans les mêmes conditions, mais au ciment P.H.R.: $1,16 \cdot 10^{-4}$ (mesures effectuées par M. P. Grignet). Ces deux retraits sont relativement modérés.

Dans une des dalles de la route en béton du Val-Benoit et à cheval sur un joint, des goujons ont été scellés comme l'indique la figure 9 pour permettre d'effectuer des mesures de déformations au moyen du « déformètre » de Huggenberger, de 250 mm de base.

Les résultats des mesures sur la dalle sont aberrants et ne permettent provisoirement aucune interprétation. Ils dénotent des dilatations (au lieu de retrait), en contradiction avec une ouverture appréciable du joint, qui dénote un retrait général. Les effets de variations de température, différents en surface et dans l'épaisseur de la dalle, interviennent d'une manière inconnue. Je renvoie pour plus de détails au rapport précité au Congrès international de la Route à La Haye.

Voici les ouvertures de joints constatées, par rapport à la situation initiale le 6 avril 1937 (dalle bétonnée le 5 avril 1937):

| Repères | le 8 mai 1937 temps pluvieux | le 23 juin 1937 (température à la surface du béton, 19,2° C.) |
|---------|---------------------------------|---|
| 8- 9 | 0,1525 mm | 0,335 mm |
| 11-12 | 0,1725 mm | 0,305 mm |

(mesures effectuées par Mr R. Dantine).

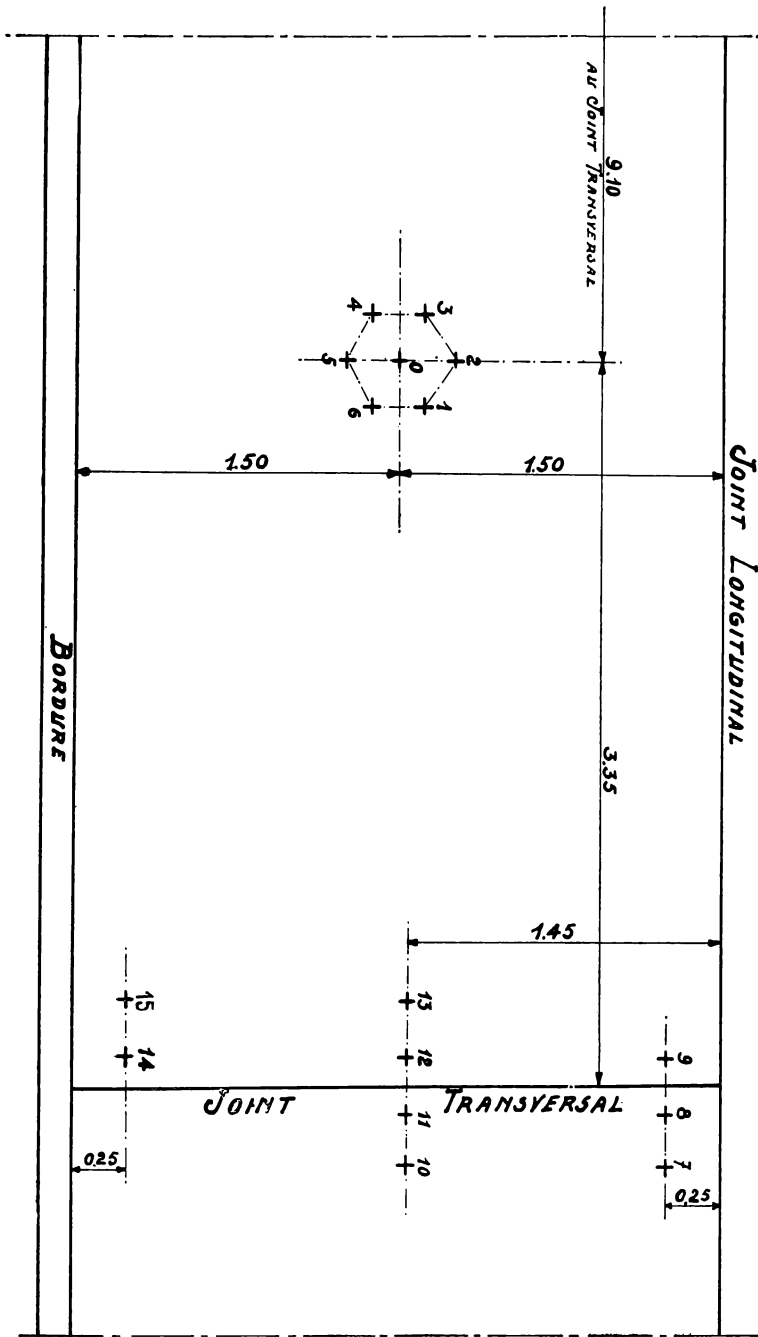


Fig. 9. — Disposition de bases de mesure sur une dalle en béton et à cheval sur un joint.

Ces résultats dénotent une ouverture nette, quoique très faible, du joint par retrait. Ces mesures seront continuées pour apprécier les effets des variations de température et d'humidité de l'atmosphère, lorsqu'on pourra considérer que le retrait initial a atteint sa limite.

Pour ce qui est de la tenue de la route, jusqu'à présent, après les ardeurs de l'été 1937 et les rigueurs de l'hiver ultérieur, on n'y décèle aucune fissure. Ceci en dépit d'une épaisseur modérée du revêtement, des dimensions et formes anormales de nombreuses dalles et d'un charroi intense et pondéreux, dû au trafic d'un important chantier de construction (Institut de Mécanique), qui s'est établi dès l'ouverture de la route, ainsi qu'au transfert de matériel dans les nouveaux instituts, l'apport de nombreux appareils très pondéreux, etc. Le tonnage de matériaux qui a passé sur ces routes est certes très élevé. Il faut signaler également que le revêtement en béton contient non seulement des orifices de voirie, mais aussi de nombreuses grilles et taques de canalisation, souvent disposées assez défavorablement dans les dalles (fig. 10). On sait que ces discontinuités affaiblissent considérablement les dalles et constituent des amorces fréquentes à fissuration. (Voir *Neue Mitteilungen über Betonstrassenbau — Praktische Fragen der Betonstrassenunterhaltung*, von Ing. Leopold Heinlein — Wien — 7^{en} österreichischen Strassentag).

Pendant aucune fissuration ne s'est encore manifestée. Pour certaines taques de grande importance, le béton de la route n'a pas été placé au contact de l'encadrement métallique, mais en est séparé par un massif de béton ordinaire entourant la taque suivant une figure géométrique régulière. Entre ce béton et les dalles de la route, un joint complet de 10 mm a été réservé, qui a été après durcissement, rempli au moyen de mastic bitume-aluminium défini plus loin. Cette disposition est sensiblement conforme à ce que recommande Mr Heinlein et il n'a été constaté nulle part de dégradation. On peut y trouver l'indication, que le béton employé a une bonne sécurité contre la fissuration.

Joints (fig. 11). Les joints longitudinaux ont 5 mm d'épaisseur, les joints transversaux 10 mm. Il sont obturés par des bandes de liège expansé, enveloppées de papier goudronné et sablé, collé au liège par du bitume, surmontés de coiffes en tôle mince galvanisée pénétrant dans les dalles de part et d'autre du joint, qui réservent une chambre

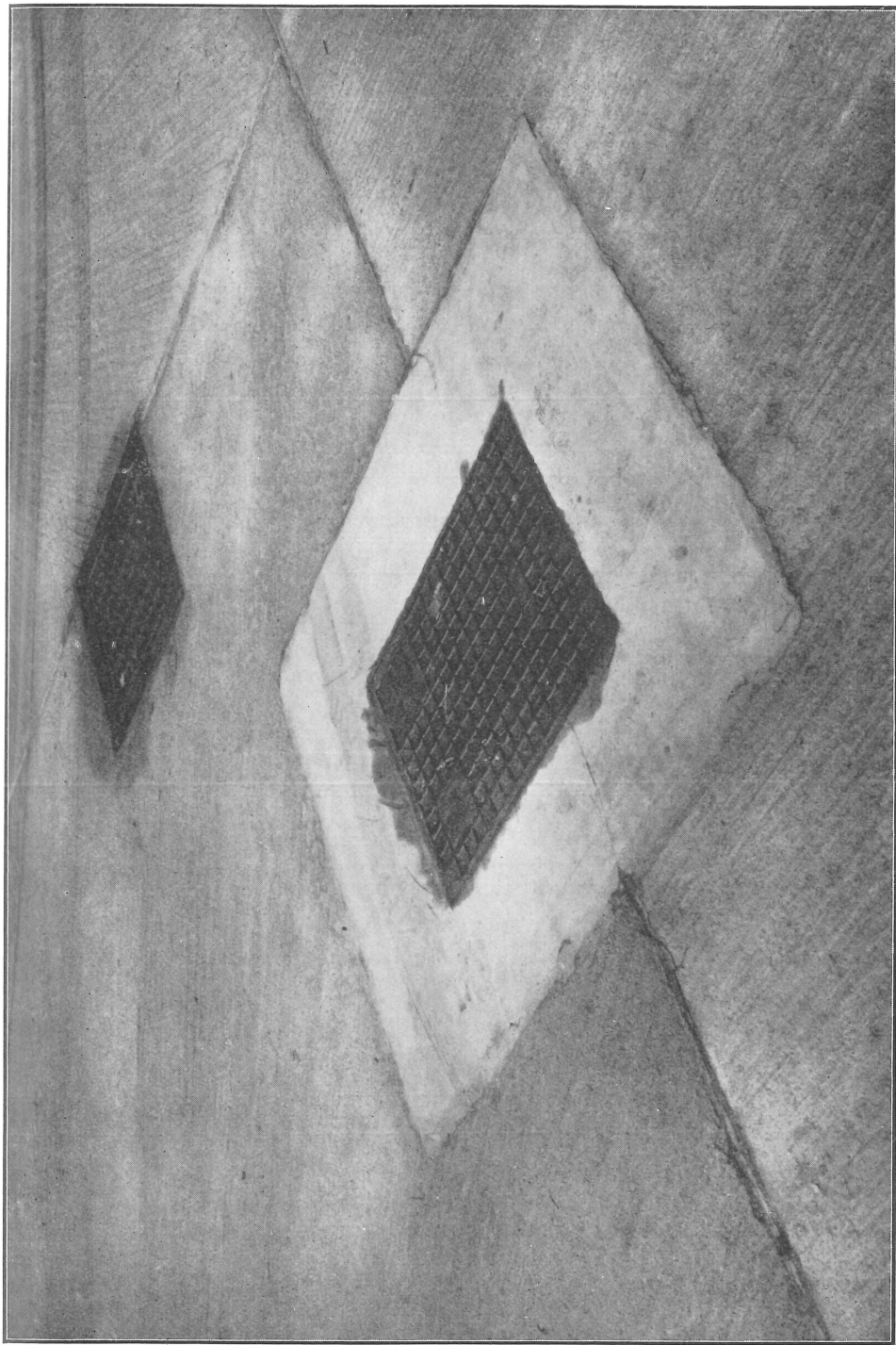


Fig. 10. — Jonctions complexes de dalles bétonnées et de taques. (Remarquer l'absence de fissures dans le béton des dalles et l'existence d'une fissure dans le béton ordinaire entourant la grande taque, fissure située dans l'alignement du joint longitudinal de la route en béton.)

d'expansion pour le bitume. La partie supérieure du joint, de 3 cm de hauteur, à bords arrondis, a été remplie après coup d'un mélange de 60 % en poids de bitume et de 40 % en poids de poudre d'aluminium.

Ce mastic est mis en œuvre à chaud, après enduisage des parois du joint d'un vernis d'adhérence à base de bitume. L'apparence des joints est de teinte grise, à peine plus foncée que le béton. Jusqu'à présent ces joints se sont bien comportés.

Ci après les caractéristiques des produits employés, résultant des essais de réception:

Poids par dm² 31 gr. Epaisseur totale 11 mm

Poids de bitume et de goudron 6 gr/dm²

Essai de compression à 20° C, sous 40 Kg/cm²

Réduction de hauteur 68 %, augmentation de surface 14 %. Matière expulsée 4,5 % en volume initial.

Réduction de hauteur remanente 24 heures après

enlèvement de la charge: 9,1 %

Poids spécifique de la poudre d'aluminium en paillettes 2,66

Bitume: poids spécifique 25° C 1025

point de ramolissement (bille et anneau) 60° C.

pénétration Dow, aig. n° 2, 100 gr., 5 sec. 60

ductilité 25° C 16 cm

solubilité dans CS₂ 99,8 %

Mastic 60 % bitume, 40 % poudre d'aluminium, ductilité 25° C 4 cm

Les joints ont été exécutés d'après les prescriptions du cahier général des charges du 9 octobre 1935 de l'Administration des Ponts et Chaussées et d'après les conclusions du 3^{ème} Congrès belge de la Route à Bruxelles en 1935.

Il peut être intéressant de rapporter les caractéristiques de quelques mastics de bitume-aluminium essayés au laboratoire

| | | | |
|---|------------------|---------|---------|
| | Bitume 72: 100 % | 75 % | 66,7 % |
| | aluminium 0 | 25 % | 33,3 % |
| Solubilité dans CS ₂ ... | 99,8 % | 74,85 % | 66,5 % |
| Poids spécifique 15° C | 1.06 | 1.12 | 1.27 |
| Point de ramolissement (bille et anneau) | 72° C. | 94° C. | 110° C. |
| Pénétration Dow | | | |
| 25° C — 100 gr — 5 sec. | 15 | — | — |
| 30,½° C — 100 gr — 5 sec. | 25 | 16 | 12 |
| Ductilité 25° C. ... | 10 cm | — | — |
| 30,½° C. | 38 cm | 5 cm | 4 cm |

| | | | | |
|---|------------------|--------|--------|--------|
| | Bitume 54: 100 % | 67 % | 60 % | 50 % |
| | Aluminium 0 | 33 % | 40 % | 50 % |
| Solubilité dans CS ₂ | 99,8 % | 66.5 % | 59,9 % | 49,9 % |
| Poids spécifique 15° C | 1.03 | 1.23 | 1.29 | 1.39 |
| Point de ramolissement (bille et anneau) | 54° C | 74° C | 78° C | 100° C |
| Pénétration Dow | | | | |
| 25°, 100 gr, 5 sec | 48 | 30 | 25 | 20 |
| Ductilité 25° C. | 110 cm | 10 cm | 6 cm | 2 cm |

Bordures, trottoirs et cours (fig. 4).

Les routes en béton sont bordées de bordures en béton du type « Ponts et Chaussées ». Les trottoirs sont revêtus en dalles de béton de gravier de Meuse 5/20, sable de rivière 0/5 et 400 Kg/m³ de ciment H.F.N., de 8 cm d'épaisseur, dallées en place, sur une aire consolidée par damage, recouverte d'une légère couche de sable (15 Kg/m²) et d'une feuille de papier spécial. On leur a donné un aspect agréable par subdivision en dalles polygonales irrégulières au moyen de bandes perdues de fibre de bois, formant coffrages et joints. Cette subdivision évite aussi les fissures.

Les cours et parcs à autos ont été dallées de même, mais les dalles sont plus grandes et ont 12 cm d'épaisseur.

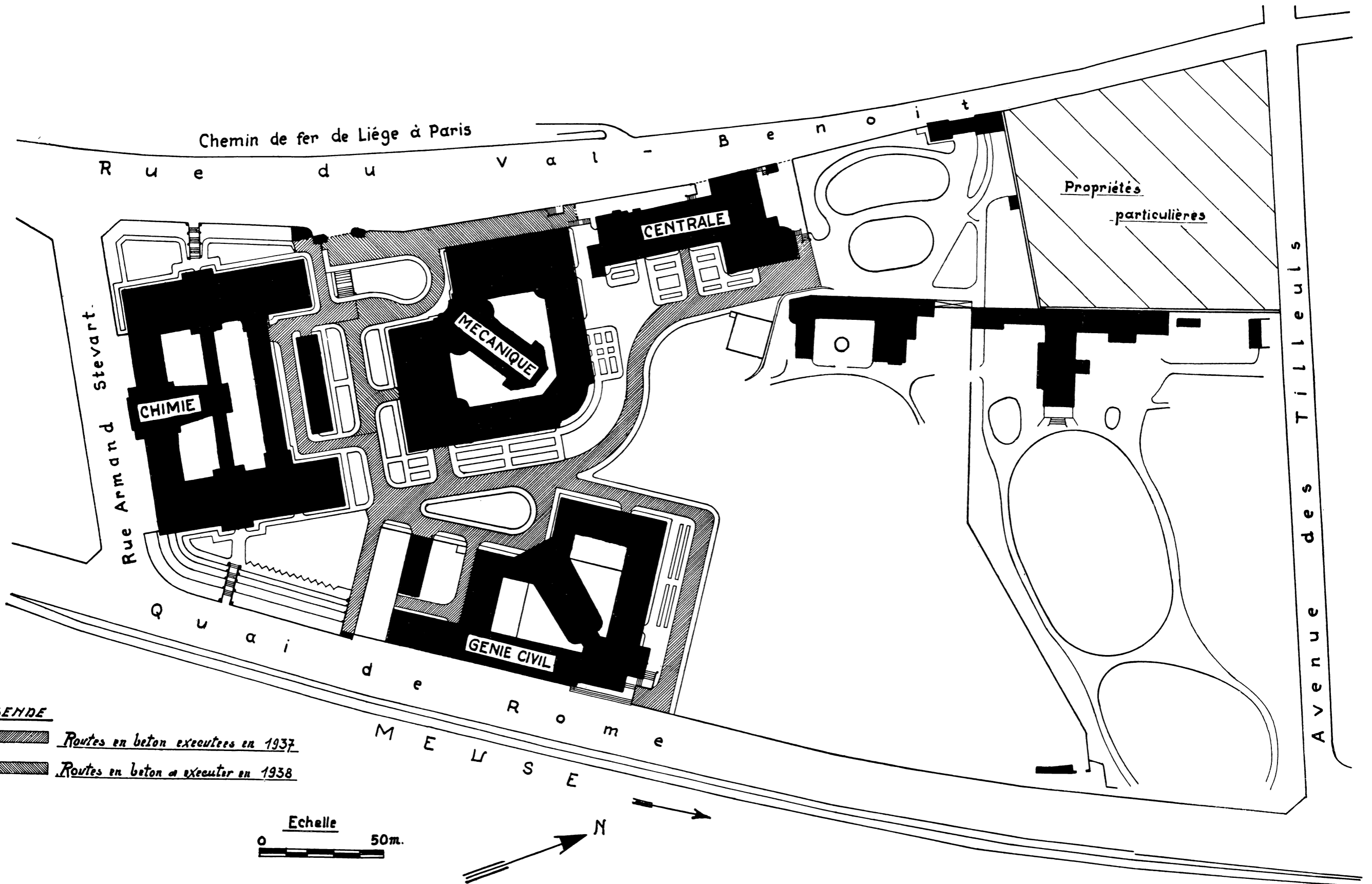


Fig. 2. — Plan d'ensemble.

JOINT TRANSVERSAL DES ROUTES.

Echelle : vraie grandeur.

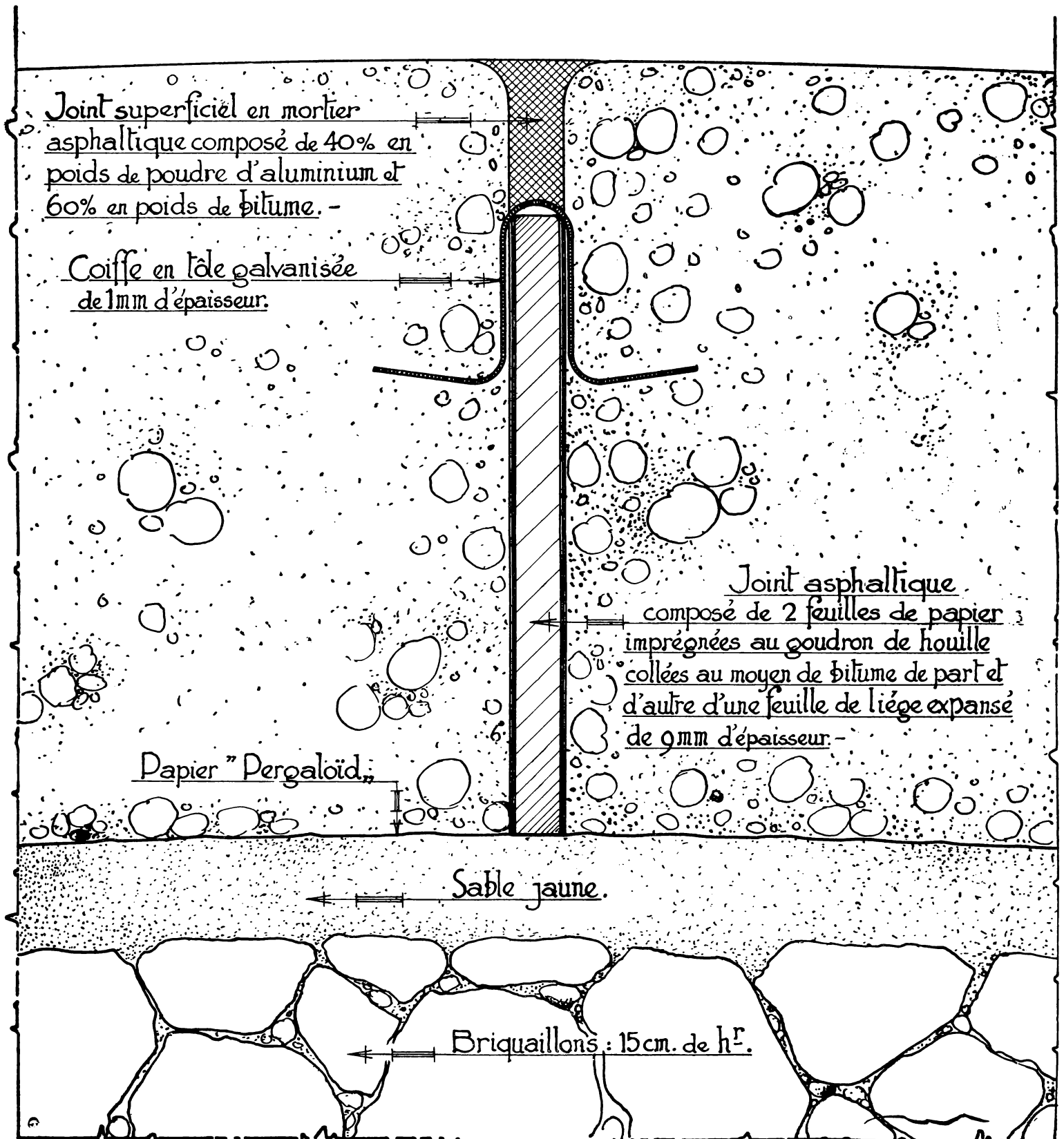


Fig. 11 - Joint transversal des dalles de béton.