

Prof. F. CAMPUS, Liège:
(re mémoires Slater et Graf)

L'étude de la perméabilité des bétons a acquis une très grande importance, non seulement par suite du développement de l'emploi du béton dans les constructions hydrauliques, mais aussi à cause de la multiplication des cas de dégradation d'ouvrages en béton par l'action de l'eau et par les intempéries.

Il tombe sous les sens, en effet, que la gélivité et la résistance des bétons aux intempéries dépendent davantage de la porosité et de la perméabilité de ces matériaux que de leur résistance à la compression, que l'on ne choisit comme facteur caractéristique que parce qu'il est le plus commode. A mon avis, ce critère est insuffisant.

L'influence de la perméabilité dans de nombreux cas de dégradation du béton est nettement reconnue par la plupart des auteurs.

Je me réfère au rapport de M. le prof. ROOS af HJELMSÄTER: "*Chemical action of aggressive waters on cement*", encore que les essais relatés dans ce rapport et effectués sur des mortiers broyés ne fassent pas intervenir la perméabilité. Plus significatives à ce point de vue étaient les études de MM. SUENSON, EKWALL, FROST et VIRGIN, NATTA et FONTANA, enfin de M. WOLTERBEECK, exposées au I^{er} Congrès international du Béton et du Béton armé, à Liège en 1930. Ce point a aussi été particulièrement souligné dans une séance récente de l'Association belge pour l'Essai de Matériaux¹⁾.

Le paragraphe du rapport du prof. O. GRAF, relatif à la perméabilité des bétons, ne peut changer mon opinion que la question a été beaucoup moins étudiée que celle des caractéristiques mécaniques du béton, qu'elle est beaucoup moins et moins bien connue, enfin que son état est beaucoup moins avancé au point de vue de la définition et de l'uniformisation des méthodes d'essai et des appareils ainsi

que de leur application à la pratique, c'est-à-dire à la réception et au contrôle.

C'est pourquoi je propose que cette question figure au programme des travaux du prochain congrès, en liaison avec celles de la résistance aux intempéries et aux autres agents agressifs, dont elle est inséparable.

Je voudrais appuyer cette proposition de quelques observations précises, d'ordre expérimental, qui situent le problème comme je l'entends, en même temps qu'elles constituent une discussion des rapports de MM. SLATER et GRAF.

Je crains que les conclusions de M. SLATER ne soient trop schématiques, voire même superficielles, c'est-à-dire déduites sans critique suffisante d'essais de laboratoire incomplets. Certes, il est bien possible que les mêmes précautions puissent rendre le béton résistant, imperméable et peu rétractile, seulement elles ne sont pas nécessairement concomitantes. Du béton très résistant peut être perméable et inversement. M. SLATER semble aussi insister particulièrement sur le facteur ciment-eau au sujet de la perméabilité du béton. Nous pensons que ce facteur n'a pas toute la signification qu'on lui attribue, nous y reviendrons plus loin. D'autres facteurs me paraissent bien plus importants en ce qui concerne l'imperméabilité, notamment la granulométrie et en ordre principal, celle des matières les plus grosses, ensuite les plus fines.

Enfin, il est évident que M. SLATER ne se réfère qu'à des essais de laboratoire. Selon mes constatations, il n'est pas difficile de préparer au laboratoire des éprouvettes de béton imperméable; c'est plutôt l'inverse qui est difficile. La question devient plus complexe lorsqu'il

¹⁾ Séance du 18-12-30 «Quelques cas de corrosion de béton», quatre communications par MM. Baes, Batta, Campus et Rabozée.

s'agit de la perméabilité du béton des ouvrages d'art.

J'écarte d'ailleurs les éléments du problème qui sont difficilement susceptibles d'essais de laboratoire, tels que les fissures de retrait, fendillements super-

TINNE, chef de travaux au dit laboratoire, docteur en sciences physiques et mathématiques et ingénieur des constructions civiles.

Nous nous sommes servis à cet effet d'un dispositif d'essai résultant de cette

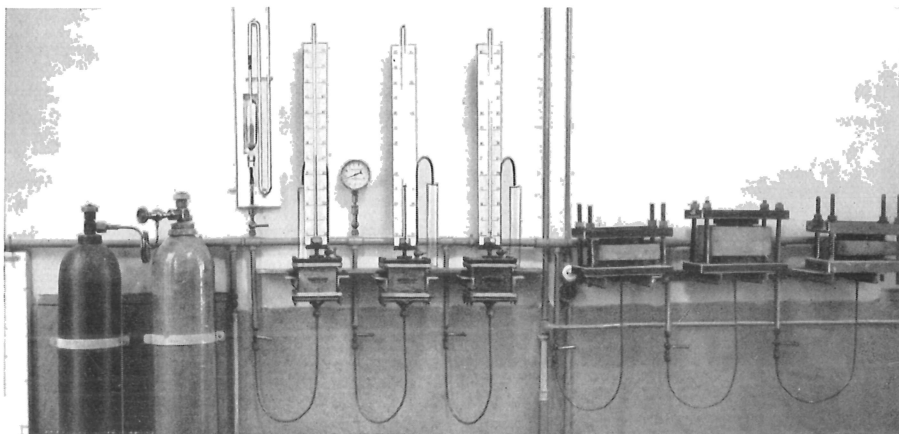


Fig. 1
Installation de mesure de la perméabilité des bétons

ficiels, joints de reprise, joints continus avec certains éléments des ouvrages, etc., dont l'influence n'est cependant pas peu appréciable, mais souvent prépondérante, notamment pour la résistance aux agents de dégradation. Je n'envisage que l'essai

collaboration et construit par nos soins. Je ne crois pas utile d'en donner une description détaillée; les fig. 1 et 2 y suppléeront.

Les pressions utilisées vont de 0 à 20 kg/cm². On se sert d'un jeu de manomètres de contrôle exactement tarés et précis et, pour les basses pressions, d'un manomètre à mercure ou même à eau. Pour les essais pratiques et rapides, on opère sur des plaques carrées, d'épaisseur variable, en général sans mesure de débit. Il suffit d'apprécier si un béton, un mortier ou un enduit soit pratiquement imperméables, très peu, assez ou très perméables. Pour des es-

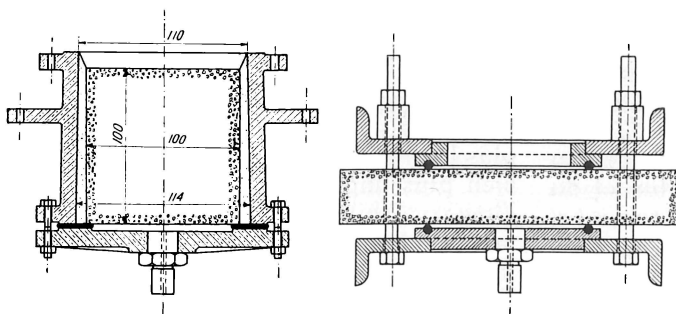


Fig. 2
Détails des boîtes d'essai

de perméabilité sur une éprouvette assez petite, saine et homogène, moulée ad hoc ou extraite de la masse d'un ouvrage.

Les essais auxquels je me réfère ont été exécutés au laboratoire d'essai des matériaux du génie civil de l'Université de Liège, avec le concours de M. R. DAN-

sais précis, systématiques, des cubes de 10 cm de côté sont placés dans des boîtes en bronze, de telle sorte que le cube soit soumis à un champ de pression uniforme dans le volume filtrant, à filets moyens parallèles dans une matière suffisamment homogène. Les mesures de débit peuvent

se faire par divers moyens appropriés à leur importance; pour les très faibles débits éventuellement par dessiccation de l'atmosphère par des produits hygroscopiques en enceinte close. Il a fallu une longue mise au point pour obtenir des joints étanches. On les réalise maintenant à coup sûr. L'étanchéité des joints est d'ailleurs toujours contrôlable et les fuites peuvent être éventuellement éliminées. Le fonctionnement de l'appareil est très satisfaisant.

Pour les essais précis une seule éprouvette est mise en charge, et la pression mesurée par le manomètre à l'origine de la conduite générale est corrigée par une courbe de pertes de charge (fig.3), établie expérimentalement.

Considérons d'abord une série systématique d'essais sur mortiers, destinés à montrer la complexité théorique du problème. Il s'agit de cubes de 10 cm de côté, moulés au laboratoire, au moyen de six mortiers spécifiés au Tableau I.

Lors d'une première mise en charge des éprouvettes à l'âge de 90 jours, sous une pression de 3 kg/cm², il fut constaté que les joints étaient bien étanches et que tous les mortiers, même les plus riches en ciment, débitaient d'une manière uniforme et importante. A la suite de cette constatation, les divers mortiers ont été soumis à des pressions progressivement croissantes, dont les plus modérées ont été mesurées par le manomètre à mercure. Les pressions étaient corrigées des pertes de charge.

Les résultats sont traduits par les courbes des fig. 4 et 5, en coordonnées cartésiennes et logarithmiques. Les diagrammes logarithmiques ont pour but de comparer les courbes à la loi générale des phénomènes de filtration.

$$u^m = \varphi \frac{P}{l}$$

où m est un exposant supérieur à l'unité. Il faudrait donc que les courbes de débit de la fig. 5 fussent des droites inclinées de moins de 45° sur l'axe des abscisses. Or, les parties initiales des courbes sont des droites inclinées de plus de 45° et qui correspondent à des valeurs de m beau-

coup plus petites que l'unité, ce qui est incompatible avec toutes les lois de pertes de charge hydrauliques. Il faut donc que le coefficient de perméabilité varie avec la pression. Des essais supplémentaires prouvèrent que pour une même pression, le débit varie d'après les pressions anté-

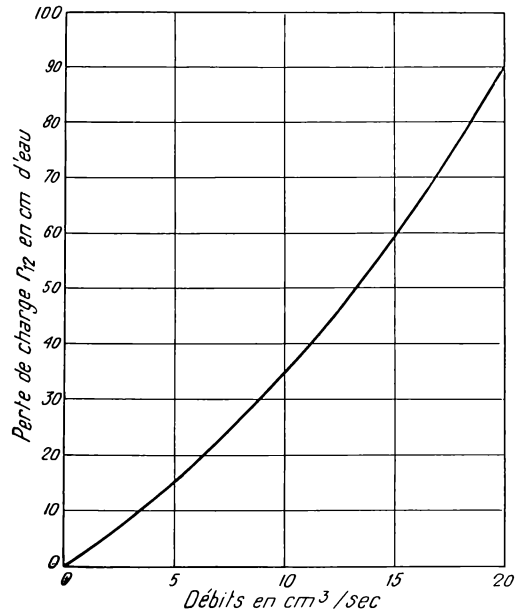
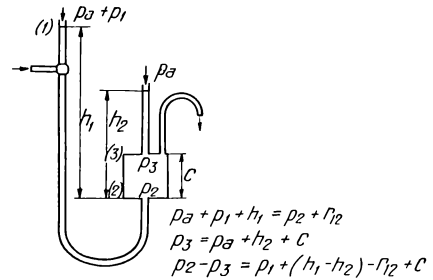


Fig. 3
Mesures de perméabilité

rieures et la rapidité ainsi que le sens de la variation subie de pression. Enfin, pour une même pression appliquée pendant plusieurs heures, le débit diminue dans le temps, comme le montre la fig. 6, et ceci d'une manière qui dépend encore des pressions antérieures et de la vitesse et du sens des variations subies. Il a été établi que ces perturbations ne pouvaient être attribuées principalement à des phénomènes capillaires ou, en général, de nature physique. On n'a pas pu dé-

terminer de limite de pression appréciable en dessous de laquelle il n'y aurait pas de débit.

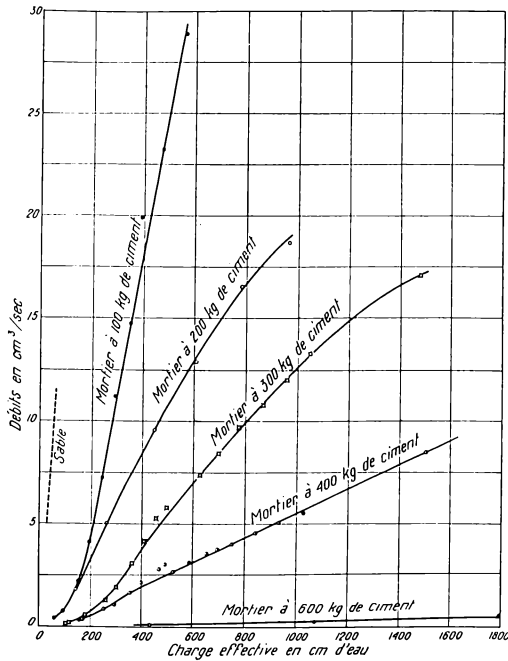


Fig. 4
Mesures de perméabilité

Ce sont donc surtout des phénomènes d'ordre physico-chimique qui intervien-

résultats comparables lorsque l'on veut étudier les variations du débit,

- 1° — d'un même mortier en fonction des pressions;
- 2° — d'un même mortier en fonction du rapport ciment-eau;
- 3° — de divers mortiers en fonction du dosage?

Si l'on ne se trouve pas dans des conditions expérimentales extrêmement bien définies, on peut effectivement obtenir telles courbes que l'on veut ou pas de courbes du tout. Les résultats convenables éventuellement obtenus ne valent que dans les conditions précises de l'expérience. Telles sont les raisons pour lesquelles, au point de vue scientifique, je ne puis attacher une signification concluante aux courbes qui illustrent le rapport du professeur SLATER.

Les phénomènes de colmatage et de décolmatage s'expliquent par le transport de chaux dissoute. Que la capillarité intervienne, il n'en faut pas douter. C'est ainsi que des cubes de 10 cm de côté de chacun des mortiers essayés ayant été placés simultanément dans un bassin d'eau, de manière à baigner leur base seulement, l'ordre dans lequel les surfaces supérieures sont apparues mouillées a été exactement inverse de celui de la

Tableau I

Dosages en kg de ciment par m ³ de sable du Rhin (ciment portland à durcissement rapide)	100	200	300	400	600	800
Poids spécifique initial (au démolage)	1,878	1,961	2,055	2,067	2,156	2,142 ¹⁾
Porosité (en %)	21,8	17,7	14,6	15	11	12,6
Résistance à la compression après 28 j. de conservation à l'air humide	30	96	120	246,5	372	385
id. après 4 mois	41	142		355	480	
Rapport ciment-eau	0,735	1,387	1,97	2,5	3,41	4,17

¹⁾ La quantité d'eau de gâchage était pour tous les mortiers de 8 % du poids des matières sèches. A l'âge de 4 mois, on a constaté une diminution de poids de tous les cubes ayant un rapport $\frac{c}{e} < 2,5$ et une augmentation de poids de tous les cubes ayant un $\frac{c}{e} > 2,5$, tandis que le poids des cubes pour lesquels $\frac{c}{e} = 2,5$, restait constant. Dans les conditions d'expérience (conservation en cave humide à la température de 16°) le rapport ciment-eau convenable serait donc 2,5.

nent et qui produisent des colmatages variables et précaires de ces mortiers.

Ces perturbations étant constatées, comment faut-il opérer pour obtenir des

richesse en ciment, c'est-à-dire le mortier à 800 kg de ciment le premier, et le mortier à 100 kg le dernier.

Ceci impute la méthode qui con-

siste à apprécier le degré de perméabilité d'un matériau par le temps que met l'eau, sous une pression déterminée, à percer l'éprouvette.

On commettrait une erreur si l'on déduisait d'une manière générale de ces essais de mortiers que les enduits de ciment ne peuvent être étanches. Un autre élément intervient dans les enduits comme le prouvent les expériences suivantes, faites un grand nombre de fois. Des mortiers d'enduits riches, ordinaires ou additionnés de matières fines diverses, ont été essayés sous deux formes.

D'abord, on en a fait des cubes de 20 cm de côté, bien damés. A un âge de plusieurs semaines, on y a découpé des tranches de 5 cm d'épaisseur, qui ont été mises sous pression. Toutes ces tranches ont été perméables, à des degrés divers toutefois.

Les mêmes mortiers ont été appliqués sous forme d'enduits de 1 cm d'épaisseur, bien appliqués et lissés à la truelle sur des plaques de 5 cm d'épaisseur de mortiers très poreux. Plusieurs de ces enduits, surtout ceux additionnés de matières fines, notamment de poudre de laitier ou de trass, ont été pratiquement imperméables sous des pressions atteignant jusqu'à 10 kg/cm² et appliquées pendant plusieurs jours. Je crois pouvoir en conclure que dans l'imperméabilité des enduits courants, l'action du travail à la truelle et du lissage intervient d'une manière importante, décisive et supérieure à celle de tous les facteurs de laboratoire qui peuvent seulement déterminer entre quelles limites on pourra préparer des enduits qu'une mise en œuvre consciencieuse pourra rendre étanches.

De multiples essais de perméabilité de bétons ont précédé et suivi les essais sur

mortiers. Ils ont été de deux espèces: essais sur cubes de 10 cm de côté et sur tranches de 10 ou 5 cm d'épaisseur de

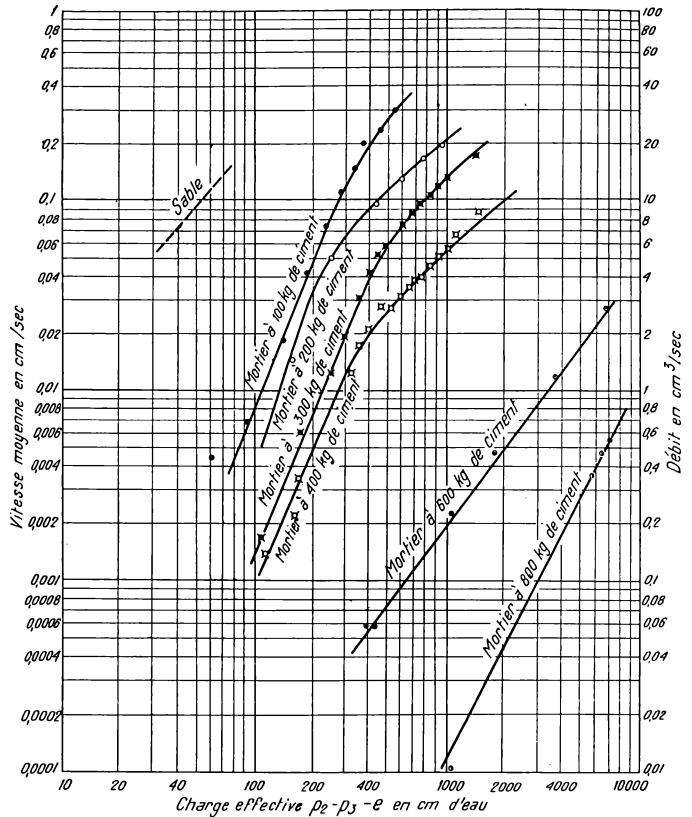


Fig. 5
Mesures de perméabilité

bétons, moulés au laboratoire ou découpés à la scie dans des blocs prélevés sur des ouvrages. Notre appareil, qui permet de constater comment se passent les phénomènes, montre caractéristiquement que les bétons sont en général peu perméables, beaucoup moins que les mortiers, et que la filtration n'est pas uniforme, mais presque toujours localisée par zones ou, de préférence, autour de certaines pierres. Il arrive même que des suintements restent nettement isolés, sans mouillage uniforme de la surface. Cependant, dans un pareil cas, lorsque l'on brise l'éprouvette après l'essai, on décèle, outre des canaux d'infiltration localisés, une humectation presque générale de la masse.

Ces constatations sont tout naturelle-

ment liées à la constitution du béton. L'élément dominant, le gravier, est pratiquement imperméable. Le mortier qui est l'élément perméable ne présente partout qu'une faible surface filtrante. Encore cette surface est-elle discontinue et variable d'une manière très irrégulière dans la masse, de telle sorte que

des pressions de 10 kg/cm² et davantage, après plusieurs jours et parfois plusieurs semaines. Un léger blanchissement de la surface libre fait seulement supposer qu'il se produit une certaine évaporation en surface.

Cette conception conduit à attribuer une importance primordiale à la granulométrie du ballast, au point de vue de l'étanchéité en assurant un squelette très compact, bien gradué, et une proportion aussi élevée que possible d'éléments gros et moyens. Un tel squelette doit être enrobé dans un volume de mortier strictement indispensable pour assurer un béton plein et travaillable (par exemple un volume égal à 1,35 fois environ le volume des vides). Un excès de mortier augmente la partie perméable du béton. Les dosages ordinaires du mortier, de 250 à 400 kg de ciment pour environ 400 litres de sable, correspondent aux dosages les plus riches examinés plus haut, et qui sont relativement peu perméables. Le béton doit être assez mouillé pour avoir une travaillabilité suffisante, sans excès d'eau, c'est-à-dire doit être bien plastique. Un bon damage assure alors un minimum de vides et empêche pratiquement l'existence de vides continus, tels qu'il y en aura dans un béton trop sec.

Par contre, un béton trop fluide exige un excès de mortier, d'ailleurs poreux, ou bien réalise une séparation partielle des éléments, une certaine stratification et une mauvaise adhérence du mortier aux pierrailles. Ceci concorde certes avec l'influence du facteur ciment-eau sur la perméabilité des bétons exposée dans le rapport de M. SLATER, mais suivant une conception plus naturelle et moins absolue. Concernant le ballast, j'ajouterai qu'il me semble difficile de se prononcer sur le point de savoir si les galets arrondis conviennent mieux que les pierres cassées anguleuses et je n'oserais rien conclure de la constatation peut-être plus fréquente de suintements au pourtour des pierres cassées anguleuses. Il faut évidemment que le mortier soit suffisamment imperméable et, par conséquent, qu'il contienne suffisamment de ciment ou, à son défaut, de matières fines.

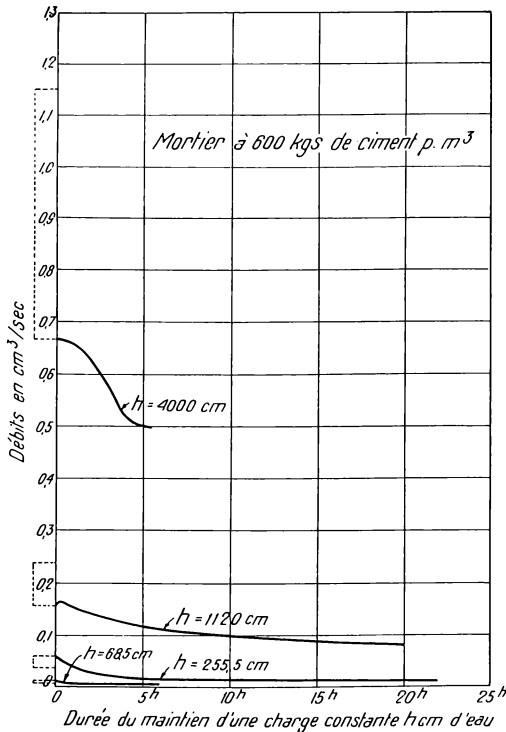


Fig. 6
Mesures de perméabilité

les courants de filtration sont très tourmentés, tantôt élargis, tantôt étranglés ou dispersés. Tout ceci correspond à des pertes de charge considérablement augmentées qui, combinées avec les faibles surfaces filtrantes, donnent lieu à de très faibles débits.

Il est assez probable que dans les bons bétons plastiques, le damage produise une compression de mortier entre les cailloux qui réalise un effet analogue à celui du travail des enduits et assure l'imperméabilité pratique. Car il est un fait que de nombreux bétons sont pratiquement imperméables, c'est-à-dire ne laissent pas apparaître d'eau visible, même à travers 5 cm d'épaisseur et sous

Les essais de M. GLANVILLE relatés par M. SLATER au sujet de l'avantage de l'addition de matières fines se rapportent à des bétons pauvres en ciment. L'effet des additions doit s'atténuer lorsque la richesse en ciment augmente, et au delà d'une certaine limite une teneur excessive de matières fines serait finalement défavorable, car elle conduirait à un excès de mortier ou à un mortier trop poreux. De nombreux essais sur additions de matières fines, notamment en enduits, me font croire que l'on ne peut compter très effectivement que sur les additions de matières pouzzolaniques, telles que le trass ou le laitier.

Je voudrais citer un certain nombre d'essais qui justifient les considérations précédentes.

1^o — Cube extrait de la tête d'un pieu Franki.

Composition: 800 litres de gravier 10—30 (de Meuse), 350 litres de sable 0—10 (de Meuse), 100 litres de trass, 350 kg de ciment de laitier spécial. Age du béton: 10 mois. Résistance sur cube de 10 cm de côté: 206 kg/cm². Sous la pression d'épreuve de 3 kg/cm² (30 m d'eau), un cube de 10 cm de côté est légèrement perméable. Les suintements sont surtout localisés autour des cailloux. Après un mois d'épreuve, les suintements ont diminué, sans cesser complètement.

œuvre totalement sec (presque sans eau). En outre, l'éprouvette provenait d'un gros bloc détaché à la masse (sans précautions), de la tête d'un pieu, partie destinée à être recépée et souvent imparfaite.

2^o — Cubes de béton de 10 cm de côté confectionnés au laboratoire pour l'As-

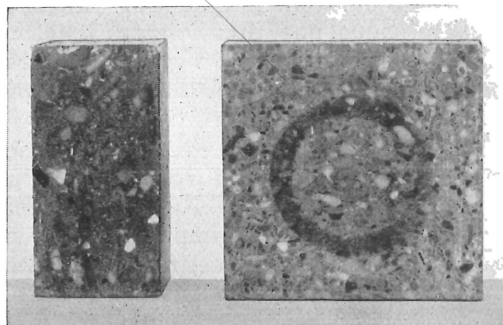


Fig. 7

Petit bloc, béton pour conduite

sociation intercommunale de démergement du bassin de la Meuse en amont de Liège. (Béton pour conduites.) — (Fig. 7, petit bloc.)

Dosage: 1000 litres de gravier de Meuse tout-venant 0—25, 300 kg de laitier spécial (Tableau II).

Un cube de ce béton soumis à l'âge d'un mois et pendant 15 jours à la pres-

Tableau II
Granulométrie du gravier

Jours des tamis (mm)	26,67	18,85	9,42	4,70	2,36
Refus cumulés (%)	0	10,6	37,2	57,2	70,5
Jours des tamis (mm)		1,17	0,589	0,295	0,147
Refus cumulés (%)		80,3	86,3	96,3	98,7

Module de finesse selon Abrams: 5,37.

Poids spécifique du béton damé, à peine plastique: 2,32.

Résistance à la compression après 28 jours de conservation sous l'eau = 161,3 kg/cm².

Après l'essai, l'éprouvette a été brisée. Elle avait un aspect sain, non calcareux. Elle était humide dans toute sa masse et contenait des cavernes constituant des canaux d'infiltration localisés. Ce béton est formé d'un gravier trop uniforme et a un excès de mortier. Il a été mis en

sion de 10 kg/cm² (100 m d'eau) s'est montré complètement imperméable.

Notons que la granulométrie du gravier était excellente, qu'il n'y avait pas d'excès de mortier, que le béton à peine plastique avait été bien damé et qu'il avait durci sous l'eau, ce qui favorise

l'imperméabilité (cfr. le mémoire de M. le prof. SUENSON au 1^{er} Congrès international du Béton armé à Liège en 1930.

3^o — *Cubes de 10 cm extraits de blocs de béton détachés dans un barrage en service.* Âge du béton: 4 ans. Béton de ciment portland ou portland de fer et de pierres cassées, coulé très fluide.

1^{er} *échantillon.* Épaisseur filtrante 0,08 m. Sous une pression de 3 kg/cm² (30 m d'eau), le béton s'est montré très perméable, sans modification sensible au cours de plusieurs jours d'essai.

Après cette mise en pression, l'éprouvette a été séchée et recouverte d'un enduit mince de bitume. Remis sous pression, le bloc est resté imperméable pendant une heure, puis s'est remis à débiter comme avant. On a constaté que le bitume était percé d'un grand nombre de petits trous.

Le bloc a été séché à nouveau. Le bitume a été enlevé et remplacé par un enduit de 5 mm au mortier de ciment-trass ($\frac{1}{3}$ de ciment portland à durcissement rapide, $\frac{1}{3}$ de trass et $\frac{1}{3}$ de sable en poids). Le bloc a été remis sous pression et a montré une perméabilité diminuée mais non supprimée.

Enfin, le bloc a été séché à nouveau et une couche mince de bitume a été appliquée sur l'enduit. Après ce traitement, le bloc s'est montré complètement imperméable même sous une pression de 8 kg/cm² (80 m d'eau) appliquée pendant plusieurs jours.

Cet essai montre la perméabilité élevée d'un béton coulé trop fluide, à excès de mortier et à mortier très perméable. Il confirme ce qui a été dit plus haut des enduits et montre les avantages de la combinaison des enduits de ciment et d'asphalte. Enfin, soit dit en passant, il prouve le caractère pratique de l'appareil d'essai.

Le laboratoire ayant reçu un gros bloc extrait récemment du barrage, de nombreux cubes de 10 cm de côté y furent découpés. Ce béton était relativement sec et de densité 2,37. Essayés à la presse, deux cubes donnèrent 267 et 278 kg/cm² de résistance à la compression à l'état naturel. Après 15 jours d'immersion sous l'eau, ces résistances tombèrent à 224 et

232 kg/cm². Néanmoins un cube de 10 cm de côté de ce béton soumis aux pressions hydrauliques de 6,5 kg/cm², puis de 14 kg/cm² pendant des périodes successives de 7 jours, a été pratiquement imperméable.

Le laboratoire a reçu un troisième bloc du même barrage, totalement gorgé d'eau, donc perméable. Les résistances élevées sur cubes de 10 cm de côté ont été de 176,5 kg/cm² (d = 2,38), 187,5 kg/cm² (d = 2,42) et 192,5 kg/cm² (d = 2,395).

Ces divers essais prouvent l'hétérogénéité des bétons coulés très fluides en grande masse et le risque de perméabilité qu'ils présentent.

4^o — *Essais effectués sur cubes de 10 cm de côté extraits de blocs de béton provenant d'un barrage en construction.* Composition: 800 litres de gravier du Rhin, 400 litres de sable du Rhin, 400 kg de ciment portland artificiel. Les blocs amenés au laboratoire ont de 0,40 à 0,60 m de côté. Le béton est mis en œuvre plastique et damé.

Echantillon 1 — Résistance à 2 mois: 458 kg/cm²; à 3 mois: 527 kg/cm². Poids spécifique: 2,36.

A un âge compris entre 2 et 3 mois, ce béton est resté imperméable sous une pression de 10 kg/cm² appliquée pendant une longue période. Le gravier est cependant un peu trop uniforme.

Echantillon 2 — Résistance à 3 mois: 276 kg/cm². Béton légèrement perméable sous 3 kg/cm².

Echantillon 3 — Résistance à 3 mois: 225 kg/cm². Béton légèrement perméable comme le précédent.

Echantillon 4 — Béton imperméable sous les pressions de 6,5 kg/cm² et 14 kg/cm² appliquées pendant des périodes respectives de 7 jours. Résistance à 4 mois: 388 et 386 kg/cm² (d = 2,36).

Renseignements pris, les échantillons 2 et 3 proviennent de parties de l'ouvrage qui ont souffert des intempéries et de certaines malfaçons. Ceci appuie l'opinion de l'importance du soin de la mise en œuvre en ce qui concerne l'imperméabilité. Après les essais, les éprouvettes ayant été brisées, on a trouvé l'échantillon 1 d'un aspect excellent, sain, à peine humide. Les échantillons 2 et 3,

très mouillés, avaient un aspect calcaireux, appauvri et malsain.

5° — *Essai rapide d'une plaque de 5 cm d'épaisseur d'un béton très riche et compact, composé de fin gravier, de sable du Rhin et de ciment portland artificiel, découpé dans un cube de 20 cm de côté (provenant d'un charbonnage de la Campine).*

Résistance à 30 jours: 460 kg/cm², à 90 jours: 530 kg/cm².

À l'âge de 90 jours, cette plaque a laissé suinter l'eau sous 3 kg/cm², très légère filtration générale accompagnée de petits suintements isolés.

Ce béton, très résistant par suite d'une grande richesse en ciment, était composé d'un gravier trop uniforme et comportait un excès de mortier (fig. 7, grand bloc).

Ces essais me fondent à croire que la résistance n'est pas un critère d'imperméabilité. L'imperméabilité exige des compositions granulométriques plus exclusives que ne le veut une bonne résistance. Celle-ci peut toujours être atteinte par un dosage suffisant de ciment, qui ne garantit pas l'imperméabilité.

Inversement, un béton imperméable n'est pas nécessairement très résistant, parce qu'il ne contient pas nécessairement une très grande quantité de ciment ou de ciment de qualité supérieure.

Enfin, le soin de l'exécution importe finalement plus que tout dans le béton mis en œuvre; la composition intervient seulement pour permettre la confection de béton vraiment étanche.

Je pense que ces indications justifient mes prémisses et l'opportunité de poursuivre l'étude de la question dans le but

d'une meilleure définition, d'une meilleure compréhension et d'une meilleure utilisation des essais de perméabilité des bétons.

Ces buts concordent bien avec ceux que le prof. GRAF définit au paragraphe IX de son rapport. Toutefois, j'y vois une lacune, c'est qu'il n'envisage pas, parmi les moyens propres à assurer l'appréciation des essais de béton par le public, l'exécution plus fréquente, sinon généralisée, d'essais sur des échantillons prélevés dans les ouvrages mêmes. Le prof. I. VANDONE en signale l'utilité dans son rapport, au paragraphe «Unification des essais». Ayant beaucoup favorisé l'exécution de pareils essais dans mon laboratoire, je les ai trouvés intéressants, parfois impressionnants, et ils ont toujours vivement intéressé à l'extérieur du laboratoire. Ils sont beaucoup plus concluants que des essais sur cubes, pour le contrôle et dans de nombreuses circonstances.

Les dimensions de 0,10 × 0,10 × 0,10 m sont très commodes pour ces essais comme pour les essais de perméabilité et j'appuie, pour cette raison, les propositions des prof. VANDONE et GRAF. Il est intéressant aussi d'opérer sur des cubes moulés à ces dimensions, puisque l'on a ainsi une meilleure comparaison. J'ai défendu cette opinion à l'encontre de certains de mes collègues belges au 1^{er} Congrès belge de la Route à Liège, en août 1930. Au cours de nombreux essais effectués sur des cubes de 0,10 m de côté, surtout à titre comparatif, j'ai toujours constaté des résultats réguliers.