

Contributions de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège aux Séances du Congrès International d'Essais des Matériaux, à Londres, en Avril 1937

ESSAIS RELATIFS A L'ACTION DE L'EAU DE MER
SUR LES MORTIERS ET BÉTONS
par F. CAMPUS et R. DANTINNE

MESURE DE LA COMPACITÉ DES BÉTONS
par R. DANTINNE et R. JACQUEMIN

DURCISSEMENT DES BÉTONS A BASSE TEMPÉRATURE
par A. BIJLS et F. CAMPUS

Extrait de la *Revue Universelle des Mines*, n° d'Octobre 1937
(8^e série, t. XIII, n° 10)



CONTRIBUTIONS DE L'INSTITUT DU GÉNIE CIVIL DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE AUX SÉANCES DU CONGRÈS INTERNATIONAL D'ESSAIS DES MATÉRIAUX, A LONDRES, EN AVRIL 1937

INTRODUCTION

Un important Congrès international d'essais des matériaux s'est tenu à Londres en avril 1937. L'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège a contribué aux publications préliminaires par une note intitulée : « Méthodes d'essai des matières céramiques au point de vue de leurs usages », rédigée par le soussigné. Ce travail est publié dans les mémoires présentés au Congrès.

L'Institut du Génie Civil avait préparé d'autres communications dont l'annonce tardive n'a pas permis l'acceptation parmi les publications du Congrès. Elles ont été présentées oralement au cours des séances, mais leur reproduction n'a pu être faite dans le compte rendu que sous forme de résumé sténographique.

Comme les règles imposées aux publications réduisaient déjà celles-ci à une forme très condensée, ces comptes rendus trop sommaires et non revus par leurs auteurs sont peu sûrs au point de vue de l'expression de leur pensée, mais constituent plutôt de simples témoignages de leurs interventions. C'est pourquoi il a paru utile de reproduire leurs textes complets dans la Revue Universelle des Mines.

Eu égard à leur brièveté, il paraît superflu d'en résumer les objets, qui sont d'intérêt assez général.

F. CAMPUS,

Professeur-Directeur du Laboratoire d'essais
des constructions du Génie Civil.

ESSAIS RELATIFS A L'ACTION DE L'EAU DE MER SUR LES MORTIERS ET BETONS

par

F. CAMPUS et R. DANTINNE.

A la demande de l'Administration des Ponts et Chaussées de Belgique, le Laboratoire de l'Institut du Génie Civil de l'Université de Liège a établi et entrepris un programme d'essais destinés à étudier l'aptitude de résistance de ciments de diverses catégories à l'action agressive de l'eau de mer. Ce programme dont nous donnons ci-après les grandes lignes, comporte des essais d'identification ou spécifiques, des essais de conservation à longue durée et des essais de destruction accélérée.

Dix ciments ont été étudiés : deux ciments Portland (ciment Portland normal, ciment Portland à durcissement rapide) — quatre ciments de haut fourneau (ciment haut fourneau normal, ciment haut fourneau à haute résistance, ciment permétallurgique, ciment métallurgique spécial), deux ciments trass (un ciment trass allemand 50/50 et un ciment trass obtenu par mélange homogène 2/3 de ciment Portland normal et 1/3 de trass moulu) — un ciment sursulfaté — un ciment alumineux (ciment fondu).

Pour les essais de résistance proprement dits, trois types d'éprouvettes ont été adoptés :

a) *Pour les bétons.* — Cubes de 16 cm de côté destinés à subir l'essai de compression — béton plastique semi-fluide à 350 kg de ciment par m³.

On peut faire une objection à cet essai de béton. Les éprouvettes confectionnées en laboratoire sont pratiquement sans défaut, ce qui est d'ailleurs indispensable pour assurer leur comparabilité. Ces bétons sont nécessairement d'une bonne compacité et l'agression n'est généralement que superficielle, même au bout d'un temps relativement long. C'est une des raisons pour lesquelles nous avons réservé une large part du programme aux essais sur mortiers. On peut, en effet, réaliser des mortiers peu compacts et cependant homogènes. De plus, le module plus petit permet de multiplier les éprouvettes.

b) *Mortiers.* — Trois dosages ont été employés (300, 450 et 600 kg de ciment par m³ de sable du Rhin 0/2 mm). Mortiers plastiques mis en moule à la main, léger damage. Les éprouvettes sont des prismes de 4 × 4 × 16 cm (épreuve normale suisse) destinés à subir un essai de flexion, suivi d'un essai de compression sur les deux fragments de l'éprouvette rompue.

c) *Béton armé.* — Eprouvettes cylindriques (Standard américain) de 15 cm de diamètre et 30 cm de hauteur, contenant 4 armatures longitudinales en barres de 10 mm, disposées suivant les arêtes d'un prisme à section carrée dont l'axe est excentré de 1,5 cm par rapport à celui du cylindre, de façon que l'une des armatures soit à 1 cm de la surface, une à 4 cm et les deux autres à 2,5 cm. Le béton est de même composition que celui défini plus haut. Les extrémités des barres sont apparentes dans les deux sections de base. Ces éprouvettes sont destinées à donner des indications sur l'efficacité plus ou moins grande de la protection de l'acier par le béton.

Des séries de chacune de ces éprouvettes de bétons et de mortiers sont conservées dans trois milieux différents :

1) *Au laboratoire.* — a) dans l'eau potable ; b) dans une solution de sulfate de magnésie à la concentration de 15 gr de sulfate cristallisé par litre (environ 3 fois la concentration de l'eau de mer). Ces éprouvettes sont immergées dans des bacs et supportées par des échafaudages de claies qui les isolent les unes des autres et les groupent par catégories.

2) *A la mer.* — Sur un plancher à claires-voies fixé sous l'estacade du port d'Ostende à une cote voisine de mi-marée. Les éprouvettes sont disposées dans de solides caisses en madriers fixées sur ce plancher. Deux faces opposées de ces caisses sont libres de façon à ne pas entraver la circulation de l'eau. Les éprouvettes sont maintenues en position verticale et isolées par un léger emboîtement dans les alvéoles de quadrillages fixés dans le fond et le couvercle des caisses. Comme dans les bacs, elles sont disposées par groupes dans un ordre déterminé, facile à reconnaître lors de l'ouverture des caisses grâce à un repère fixé dans l'un des coins ou, même dans le cas de la disparition de ce repère, par l'identification des éprouvettes correspondant à un liant caractéristique, par exemple le ciment fondu. Chacune de ces caisses, comme chacun des bacs du laboratoire, contient toutes les éprouvettes destinées à un essai complet à un âge déterminé (4 éprouvettes par dosage pour les mortiers, 3 éprouvettes de béton). Des prélèvements sont prévus après 5 mois, 11 mois, 23 mois, 4 ans et 6 ans d'immersion. En réserve, deux séries complètes dont les dates d'essai seront plus opportunément fixées à l'issue des termes précédents.

Quant aux éprouvettes de béton armé a) au laboratoire : une série est conservée à l'air libre, une dans le sable humide, une dans du sable humidifié par une solution de sulfate de magnésie ; b) à la mer : une série se trouve au niveau de mi-marée, une série est fixée à l'estacade, à un niveau non atteint par la marée et une troisième est immergée en permanence.

Lors de la confection, on a pris le plus grand soin pour assurer l'homogénéité des éprouvettes. L'essai comporte 2760 éprouvettes de mortier (dont 840 sont immergées à Ostende) 621 éprouvettes cubiques, de béton (189 à Ostende) et 54 éprouvettes cylindriques (27 à Ostende). Le matériel de moulage

se composait de 54 moules cubiques à béton, réunis en groupes de 3, de 100 moules à mortier en groupes de 10 et 12 moules cylindriques. La confection des éprouvettes a demandé 24 jours de travail. La conservation initiale a été faite dans le sable mouillé. L'immersion a eu lieu 28 jours après la confection des dernières éprouvettes.

A cette époque, l'âge des éprouvettes s'échelonnait de 28 à 52 jours. Il ne pouvait être procédé autrement sous peine d'arriver à une complication inextricable. L'ordre de confection a été établi de façon à favoriser les liants qui à première vue paraissaient les plus vulnérables. Un essai de résistance a été effectué à 28 jours et un second essai le jour de l'immersion. Ce sont les résultats de ce dernier qui serviront de point de comparaison.

De plus les ciments ont été l'objet de :

1) Un essai d'identification comprenant les essais normaux de réception (cahier général des charges de l'Administration des Ponts et Chaussées) et une analyse chimique.

2) Un essai de retrait en pâte pure, mortier et béton, à l'air humide, dans l'eau pure et dans l'eau sulfatée.

3) Une détermination de la courbe de température de durcissement en pâte et en mortier, en vue du calcul de la chaleur dégagée.

4) Un essai de Le Chatelier-Anstett (résistance au sulfate).

5) Un essai de filtration forcée à l'eau potable, à l'eau distillée et à l'eau sulfatée, à travers un mortier de sable fin.

L'immersion au port d'Ostende a été faite le 20 septembre 1934. Tous les essais initiaux destinés à servir de point de comparaison, les essais d'identification et les essais spécifiques ont été effectués de même que les essais des éprouvettes après 5 mois, 11 mois et 23 mois d'immersion. Des essais supplémentaires, non prévus au programme, ont été effectués : analyses d'eau de mer, analyses de mortiers retirés de la mer, etc.

Aucune publication des résultats n'a été faite encore, ni projetée. En ce qui concerne l'essai de conservation dans la mer, aucune constatation caractérisée n'a pu être faite après deux ans d'immersion. La conservation dans la solution concentrée de sulfate de magnésie a eu une action beaucoup plus rapide sur certains ciments, dont les mortiers à faibles dosages ont été plus ou moins décomposés. Les dosages riches et les bétons ne sont pas encore affectés caractéristiquement.

Il est à noter que les éprouvettes sont exposées, à Ostende, à l'action de la mer, de la marée, des vagues, des embruns et des intempéries, à un endroit voisin d'un ouvrage dont le béton a été dégradé. Il y a eu à la côte belge d'autres cas de dégradation, mais ils ne sont nullement généralisés.

Concernant le programme de ces essais, on trouvera quelques détails et appréciations dans une étude de l'Ing. Dott. Vieri Sevieri « Il Controllo della

resistenza chimica dei cementi all'acqua del mare » paru dans « *Le Industrie del Cemento* » n° 8, 1935, à Milan.

Voir aussi, du même auteur : « Bacini di prova par la resistenza chimica dei cementi all'acqua del mare », paru dans la même revue, n° 8 de 1936. Voir aussi F. Campus « Détérioration des constructions en bois, métal ou béton exposées à l'action de l'eau de mer ». Résumé et commentaire du 15^e rapport du Comité spécial de l'Institution of Civil Engineers de Londres (*Annales des travaux publics de Belgique*, n° 3 de 1936).

Il est intéressant de signaler que de nombreuses

épreuves de béton relativement standardisées ont été effectuées au moyen de ciments très divers et essayées à des âges très divers, au nombre de trois par série pour chaque ciment. Les résultats ont en général présenté peu d'écarts, ce qui est en bon accord avec la communication du Professeur Perfetti (Laboratory tests on plastic mortars in relation to other tests suggested for the acceptance of cements) ⁽¹⁾.

Le module des éprouvettes cubiques de 16 cm s'est montré très pratique et satisfaisant.

⁽¹⁾ Publications préliminaires du Congrès.