Essais rapides de corrosion des ciments

Autor(en): **Prot, Marcel**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht**

Band (Jahr): **4 (1952)**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-5064

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

CI 4

Essais rapides de corrosion des ciments

Accelerated corrosion tests for cements

Kurzfristige Korrosionsversuche für Zemente

MARCEL PROT, Docteur ès Sciences, Docteur ès Lettres
Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Paris

Intérêt des essais de corrosion des ciments

Les mortiers et les bétons des ciments sont, on le sait, l'objet de corrosions plus ou moins actives, parfois désastreuses, provoquées:

par les eaux de la mer,
par les eaux chargées de sulfate de chaux,
par les eaux vanne,
par les eaux très pures.

Il importerait donc que les ingénieurs puissent s'assurer, par des essais convenables, que le ciment employé pour la construction d'un ouvrage déterminé résistera pendant un temps suffisant, sinon éternellement, aux corrosions auxquelles cet ouvrage devra être exposé.

Les essais de corrosion doivent—il importe d'insister sur ce point—donner des assurances non seulement contre les désagrégations rapides mais encore contre des désagrégations plus ou moins lentes et susceptibles de n'entraîner la ruine de l'ouvrage qu'au bout d'un temps qui peut être de plusieurs années.

Or, si des essais de plusieurs années, comme ceux que l'on pratique actuellement en exposant par exemple des blocs de béton à la mer, donnent des indications sur la résistance à la corrosion de certains types de ciment, ils ne peuvent en aucune manière être utilisés pour le contrôle et la réception d'une fourniture particulière qui peut, en raison d'irrégularités inévitables de fabrication, se montrer peu satisfaisante quoiqu'elle appartienne à un type généralement acceptable.

Il n'est pas exclu par ailleurs que la qualité du sable ou de l'eau de gâchage entrant dans la composition d'un béton ou que la technique de fabrication de ce béton puissent, au moins dans une certaine mesure, influer sur sa tenue en présence d'eaux agressives. Il est donc très souhaitable de disposer d'une méthode d'essai susceptible de donner des résultats concluants sur la qualité d'un ciment qui doit être exposé à des corrosions, dans un délai suffisamment court de l'ordre, sinon de quelques jours

du moins de quelques semaines ou, au maximum, d'un petit nombre de mois sans avoir, comme c'est actuellement le cas, à attendre plusieurs années.

Le problème est de concevoir une technique d'essai qui accélère quantitativement les corrosions sans les modifier qualitativement, c'est ce problème que nous avons entrepris de résoudre à la demande de la Commission française des Chaux et Ciments avec la collaboration du port autonome du Havre et du port de Marseille. Les installations et les appareils sont actuellement en cours de mise au point; nous pensons que les premiers essais de ciments pourront être normalement entrepris vers la fin de cette année et nous espérons pouvoir donner connaissance à Cambridge des premiers résultats obtenus.

Essais de corrosion accélérée

Il ne saurait être question, sous prétexte d'accélérer un essai de corrosion, de substituer un milieu corrodant artificiel au milieu naturel qui doit être considéré, sans s'exposer aux plus graves mécomptes. Les corrosions observées dans la pratique sont, en effet, la conséquence non seulement des constituants principaux du milieu mais aussi souvent de constituants secondaires en quantité infime, de gaz dissous, du *p*H de la solution, voire de microorganismes qui peuvent modifier totalement le processus des réactions souvent très complexes dont le total produit la corrosion.

Il ne saurait être question non plus, sous prétexte d'accélérer l'essai, de porter le milieu naturel considéré à une température très supérieure à sa température ordinaire sans s'exposer à modifier profondément le mécanisme des réactions génératrices de corrosion.

On ne peut, d'autre part, élever notablement la température du milieu et en assurer en même temps le renouvellement sans aboutir à des dépenses d'énergie considérables; dès lors, si l'on provoque par élévation de température des dissolutions actives dans un milieu peu renouvelé, il est évident que ce milieu sera, très rapidement, complètement différent du milieu naturel primitif. Les conclusions d'un tel essai seraient nécessairement suspectes et l'on n'aurait, à aucun titre, l'assurance que le classement qu'il établirait entre les divers ciments essayés correspondrait bien à la réalité pratique.

Le seul procédé susceptible d'accélérer les conclusions sans en modifier la nature nous a paru être, dans ces conditions, d'accroître le contact entre le matériau à essayer et le milieu corrodant:

(*a*) en augmentant la surface libre du matériau relativement à sa masse;
(*b*) en renouvelant rapidement le milieu corrodant au contact de cette surface.

Technique de fin d'essai

La corrosion d'un matériau, et notamment d'un mortier, est un phénomène qui se poursuit d'une manière plus ou moins régulière depuis le commencement de l'essai jusqu'à la désagrégation complète des échantillons essayés. Un problème toujours délicat dans l'étude d'une corrosion est celui qui consiste à apprécier et à noter les progrès de cette corrosion.

La première méthode qui se présente à l'esprit et qui est très géneralement pratiquée est celle des pesées successives à intervalles réguliers, plus ou moins longs. Cette méthode conduit à des manipulations extrêmement laborieuses et délicates au cours desquelles les échantillons courent d'autant plus de risques d'être détériorés que ces pesées se renouvellent plus fréquemment. La comparaison des pertes de poids des différents échantillons se heurte, par ailleurs, à la difficulté pratiquement insoluble qui

provient du fait que certaines corrosions sont uniformément réparties sur toute la surface du matériau tandis que d'autres sont concentrées dans des piqûres ou des fissures étroitement localisées.

Une autre difficulté à laquelle se heurte la méthode des pesées successives provient du fait que si certaines corrosions correspondent bien à une destruction et à une disparition du matériau essayé, ce qui entraîne une perte de poids, d'autres corrosions, par contre, fixent certains constituants du milieu corrodant sur le matériau essayé et tendent par conséquent à augmenter son poids.

Une technique qui nous a paru plus intéressante est celle qui assigne à l'essai une fin nettement marquée et facile à observer, l'indice de corrosion de chaque éprouvette étant alors défini avec précision par le temps qui s'est écoulé entre le début de l'essai et sa fin. Les matériaux qui nous occupent intervenant dans la construction par leur résistance mécanique, il était indiqué de définir une technique d'essai dont la fin serait marquée par la rupture, sous une sollicitation déterminée, d'une éprouvette affaiblie par la corrosion. La fin d'un tel essai peut être au besoin enregistrée et les manipulations sont réduites au minimum car elles se bornent à mettre les éprouvettes en place et à les retirer après l'essai.

Essais statistiques

Il ne suffit pas, pour exprimer la corrodabilité d'un matériau, de faire la moyenne des indices mesurés dans un petit nombre d'expériences; il faut encore, selon une technique que nous avons préconisée depuis déjà longtemps et qui commence à être bien assise, connaître la dispersion des indices de corrosion relevés sur un assez grand nombre d'éprouvettes; ce ne sont pas tant, en effet, les corrosions moyennes qui sont dangereuses que les valeurs anormalement élevées qu'elles sont susceptibles de prendre dans certains cas défavorables, même exceptionnels.

La nécessité de procéder ainsi à des essais nombreux accroît encore l'intérêt qu'il y a à définir une technique d'essai aussi commode, économique et rapide, que possible.

Forme et dimensions des éprouvettes

Pour accroître la surface active des éprouvettes relativement à leur masse, il est évidemment indiqué de choisir des plaques minces; le cube est, sans doute, après la sphère, la plus mauvaise forme qui se pouvait imaginer.

Il ne paraît pas nécessaire d'essayer des bétons comportant de gros éléments mais il peut être utile, comme nous l'avons indiqué plus haut, d'essayer non des pâtes pures mais des mortiers fins en choisissants un dosage tel que le mortier soit poreux, il est alors possible d'augmenter la surface active et d'accélérer l'essai.

Avec un sable dont la dimension des grains serait voisine de 1 mm. on peut adopter des éprouvettes dont l'épaisseur est de l'ordre de 3 mm., la forme de cette plaque mince dépendant du dispositif expérimental adopté.

Principe des dispositifs expérimentaux de corrosion accélérée

En conclusion de ce qui précède, le dispositif expérimental à adopter doit avoir essentiellement pour but de renouveler constamment, et aussi rapidement que possible, le milieu corrodant au contact de l'éprouvette de mortier. Il importe, bien entendu, que ce renouvellement soit fait dans des conditions définies avec une précision suffisante et reproductibles toujours identiques à elles-mêmes. Il convient, par ailleurs, de rechercher des conditions générales d'expérience aussi économiques que possible, ce qui conduit naturellement à envisager des éprouvettes qui, si elles doivent être nombreuses, doivent être individuellement aussi petites que possible.

Dispositif à jet

Un premier dispositif expérimental répondant aux conditions générales qui viennent d'être exposées est le dispositif "à jet."

Nous supposons que l'eau constituant le milieu corrodant à considérer (eau de mer, eau séléniteuse, etc.) peut être puisée en quantités relativement importantes et refoulée dans un réservoir alimentant une cuve à niveau constant. A cette cuve seraient fixés des ajutages susceptibles de débiter une veine liquide de diamètre et de débit constant et constituant autant de postes d'essai; la veine liquide frapperait la plaquette de forme circulaire ou rectangulaire constituant l'éprouvette sous un angle donné et viendrait, par exemple, lorsque la plaquette serait percée, actionner un dispositif, enregistreur au besoin, indiquant la fin de l'essai.

Un tel dispositif, en apparence séduisant, se heurte à deux difficultés: si les débits sont importants, le maintien du milieu corrodant à une température constante conduit très vite à des dépenses d'énergie prohibitives, un calcul élémentaire permet de s'en rendre compte. Si, pour éviter cette difficulté, on recherche des jets aussi ténus que possible, les corrosions sont évidemment moins actives et les ajutages s'obstruent avec une déplorable facilité.

On peut, il est vrai, penser à réutiliser, au moins dans une certaine mesure, les eaux ayant déjà servi, mais le dispositif expérimental s'en trouve un peu compliqué d'autant qu'il faut alors procéder à une décantation soignée pour éviter que les produits de la corrosion viennent obstruer les ajutages.

Cuve à circulation forcée

Un dispositif qui rassemble tous les échantillons à essayer dans une même cuve, même largement dimensionnée, a paru devoir être moins encombrant et la température y est plus aisément réglable, le renouvellement de l'eau dans cette cuve pouvant être limité à une importance raisonnable, le problème est alors de provoquer une circulation active du milieu corrodant entre les éprouvettes.

Le procédé qui consiste à déplacer les éprouvettes dans la cuve ne paraît pas susceptible de donner des résultats, d'une part, parce qu'une masse de 100, 200 ou 300 éprouvettes avec leurs supports ne peut être commodément animée d'une très grande vitesse, d'autre part, parce qu'un tel mouvement tend naturellement à provoquer un déplacement d'ensemble du liquide contenu dans la cuve sans provoquer de mouvement très accusé du liquide entre les éprouvettes.

Les dispositifs d'immersions et d'émersions alternées, continus ou discontinus, présentent le même inconvénient et entraînent par ailleurs une complication mécanique qui rend difficile l'enregistrement automatique des fins d'essai.

On est ainsi conduit à concevoir une circulation forcée du liquide produite par une hélice ou par une pompe entre les éprouvettes, placée à poste fixe dans la cuve. C'est ce dispositif qui a été adopté par la Commission des Chaux et Ciments et que nous nous efforçons de mettre au point avec la collaboration des ingénieurs de service maritime du port autonome du Havre et du port de Marseille.

Installation réalisée

Eprouvettes

Les éprouvettes ont la forme de plaquettes en U dont le dessin coté est donné ci-joint (fig. 1).

Des essais de mise au point se poursuivent activement sur des éprouvettes de pâte pure et de mortier avec différents dosages.

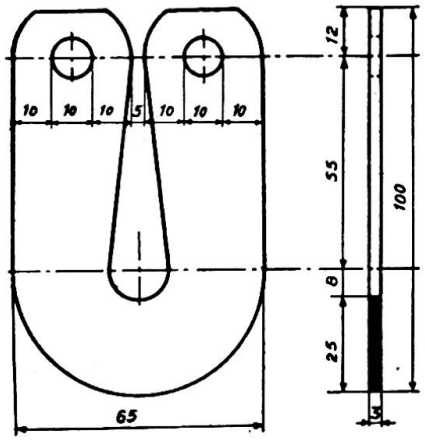

Fig. 1. Eprouvette en U

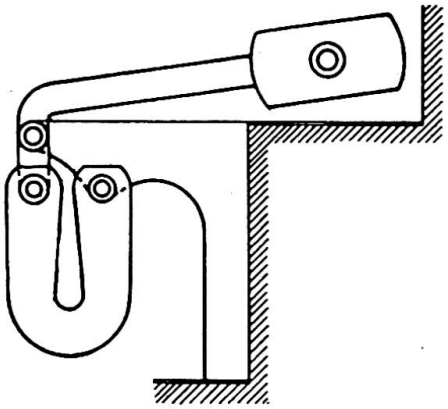

Fig. 2. Montage de l'éprouvette en U

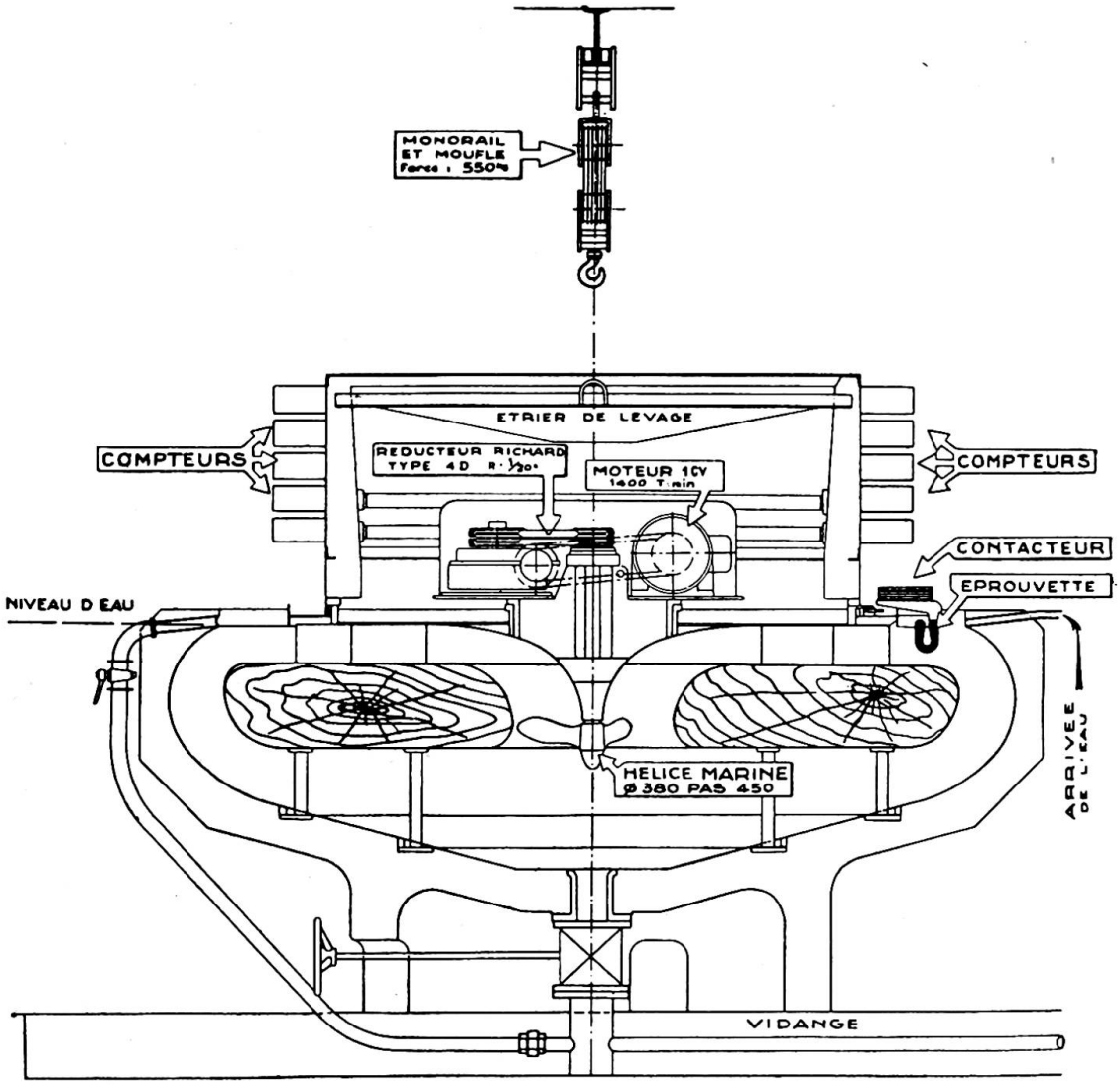

Fig. 3. Cuve à circulation forcée—Coupe transversale

Les moules nécessaires à la fabrication de ces éprouvettes donnent également lieu actuellement à des études tant au laboratoire central des Ponts et Chaussées qu'au Havre et à Marseille.

L'éprouvette est placée dans la cuve selon le montage indiqué par les figures 2 et 3. Elle est soumise à l'action d'un poids qui tend à ouvrir les deux branches de l'élément et qui correspond à la moitié de sa charge de rupture avant corrosion.

Les éprouvettes sont d'abord maintenues dans un moule clos pendant 48 heures et elles achèvent leur prise pendant 28 jours dans une armoire à humidité constante ou dans l'eau. Il est bien certain que la dessication de l'éprouvette au cours de sa prise, étant donné sa faible épaisseur, pourrait avoir des conséquences désastreuses.

Des essais se poursuivent également pour examiner la possibilité d'utiliser un mortier très maigre et très poreux fait avec un sable dont les grains auraient tous à peu près la même dimension.

Cuve à circulation

La cuve à circulation forcée est représentée en coupe par la figure 3.

La figure 4 représente, d'autre part, la vue extérieure de la cuve avec son appareillage telle qu'elle est actuellement réalisée au laboratoire du Havre.

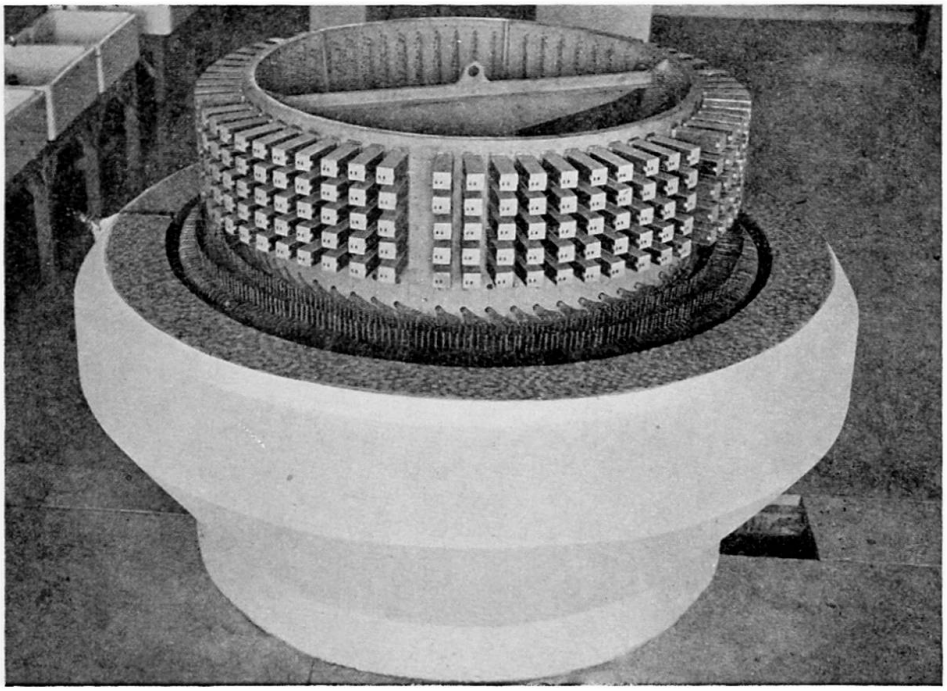

Fig. 4. Cuve à circulation forcée avec son appareillage

La figure 5 montre l'intérieur de l'appareil avec le moteur électrique et le dispositif qui transmet le mouvement à l'hélice.

Enfin la figure 6 montre en plan les dispositions générales de la station d'essais du port autonome du Havre. Les dispositions adoptées par le port de Marseille pour la construction de la station d'essais qu'il a réalisée à Cassis sont analogues aux précédentes, les réservoirs étant toutefois un peu moins importants, les cuves et leur appareillage sont pratiquement les mêmes dans les deux laboratoires.

Dans chaque cuve, on peut placer 300 éprouvettes en U qui sont activement

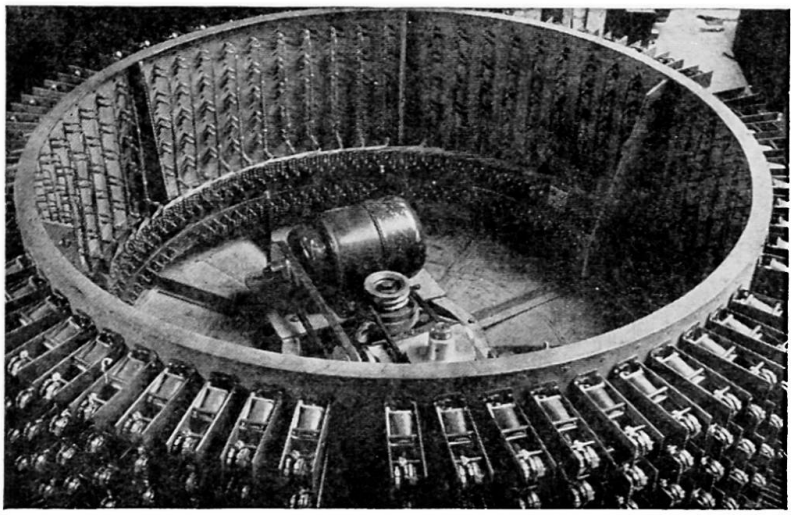

Fig. 5. Vue intérieure de l'appareil de corrosion

lessivées par l'eau de mer mise en mouvement par une hélice commandée par un moteur électrique, le renouvellement de l'eau dans la cuve se fait à raison d'un demi-litre à la seconde et l'on cherche actuellement à mettre au point une régulation de la température de l'eau, à un degré près, au voisinage de 23° qui est, pratiquement, la température la plus haute observée dans ces deux ports.

La rupture de l'éprouvette ouvre le circuit d'un compteur qui normalement avance

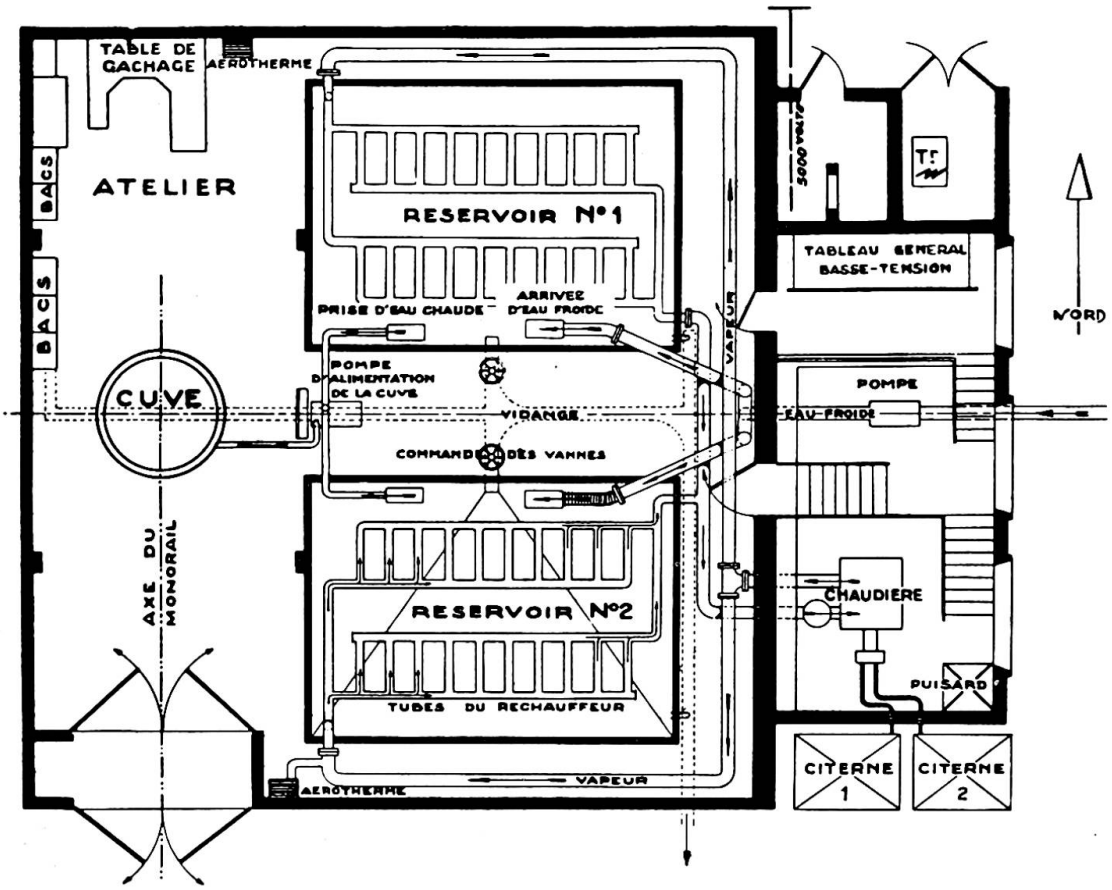

Fig. 6. Station d'essai des ciments par corrosion accélérée du Port Autonome du Havre

d'une unité par heure sous l'action d'un petit moteur synchrone qui ferme une fois par heure le circuit de l'électroaimant commandant chacun d'eux. On peut ainsi savoir, à une heure près, à quel moment la cassure s'est produite même si elle a lieu en dehors des heures de surveillance du laboratoire, la nuit, un dimanche ou un jour férié.

Dispositions générales des stations d'essais

La figure 6 représente en plan les dispositions générales de la station d'essai du port du Havre qui sont extrêmement complètes.

La station d'essais de Cassis comporte des installations analogues mais d'une importance qui est toutefois nettement moindre, l'emplacement dont on dispose étant plus exigu qu'au Havre.

Résultats

La mise au point des appareils, ayant présenté d'assez nombreuses et sérieuses difficultés, n'est pas encore achevée et il nous est dès lors impossible de donner dès maintenant des résultats.

Nous espérons pouvoir donner, lors du Congrès à Cambridge, les premiers résultats obtenus et indiquer, si nous le pouvons, quelle est la durée d'essai sur laquelle on doit compter pour pouvoir juger de la résistance d'un ciment.

C'est évidemment la question capitale à laquelle toute cette expérimentation doit répondre.

Résumé

La technique d'essai rapide de corrosion des ciments actuellement en cours d'étude est appliquée à la corrosion par l'eau de mer mais elle peut être appliquée à la corrosion par n'importe quel autre milieu liquide.

L'accélération de la corrosion est obtenue par une réduction des dimensions de l'éprouvette, qui se présente sous la forme d'une plaque mince, et par une circulation active de l'eau de mer au contact des éprouvettes, dans une cuve à température constante.

L'appareil, en cours de mise au point, permet l'essai simultané de 300 éprouvettes de telle façon que l'on ait, pour chaque ciment, des résultats assez nombreux pour donner une valeur moyenne et un indice de dispersion.

La fin de l'essai est fixée par la rupture de l'éprouvette et le temps au bout duquel se produit cette rupture caractérise la corrodabilité du ciment considéré.

Summary

At present the method of accelerated corrosion tests with respect to corrosion by sea-water is being studied. It can, however, be adopted for corrosion by any other liquids.

The acceleration of the corrosion is attained by reducing the dimensions of the test-pieces, which are in the form of thin slabs, and by a brisk circulation of the sea-water round the test-pieces in a container kept at a constant temperature.

The apparatus, which is at present nearing completion, allows up to 300 test-pieces to be handled simultaneously, so that for each kind of cement a sufficient number of results is obtained to derive an average value and a measure of the scattering of the recorded results.

A test is ended when the test-piece breaks. The time until this occurs gives a measure for the sensitivity to corrosion of the tested cement.

Zusammenfassung

Gegenwärtig wird das Verfahren der kurzfristigen Korrosionsversuche im Hinblick auf die Korrosion durch Meerwasser studiert. Es ist aber auch für Korrosion durch andere Flüssigkeiten anwendbar.

Die Beschleunigung der Korrosion wird erreicht durch eine Reduktion der Abmessungen der Probekörper, welche in der Form von dünnen Platten verwendet werden, sowie durch eine kräftige Zirkulation des Meerwassers um die Probekörper herum in einem Behälter mit konstanter Temperatur.

Die Apparatur, die gegenwärtig der Fertigstellung entgegengeht, erlaubt den gleichzeitigen Versuch an 300 Probekörpern, so dass man für jeden Zement eine genügende Zahl von Ergebnissen erhält, um daraus einen Mittelwert und ein Mass für die Streuung ermitteln zu können.

Das Ende eines Versuches wird durch den Bruch des Probekörpers gegeben. Die Zeit, nach welcher dieser eintritt, bildet ein Mass für die Korrosionsempfindlichkeit des untersuchten Zementes.

Leere Seite
Blank page
Page vide