

***ACCELERATING
AND RETARDING ADMIXTURES***

**ADJUVANTS ACCÉLÉRATEURS
ET RETARDATEURS
DE PRISE**



***ACCELERATING
AND RETARDING ADMIXTURES***

**ADJUVANTS ACCÉLÉRATEURS
ET RETARDATEURS
DE PRISE**



Rapport publié comme Bulletin 24 en juin 1973
Seconde édition -- Octobre 1982 (Bulletin 24)

Issued as Bulletin 24 in June 1973
Second Edition -- October 1982 (Bulletin 24)

AVERTISSEMENT – EXONERATION DE RESPONSABILITE:

Les informations, analyses et conclusions auxquelles cet ouvrage renvoie sont sous la seule responsabilité de leur(s) auteur(s) respectif(s) cité(s).

Les informations, analyses et conclusions contenues dans cet ouvrage n'ont pas force de Loi et ne doivent pas être considérées comme un substitut aux réglementations officielles imposées par la Loi. Elles sont uniquement destinées à un public de Professionnels Avertis, seuls aptes à en apprécier et à en déterminer la valeur et la portée et à en appliquer avec précision les recommandations à chaque cas particulier.

Malgré tout le soin apporté à la rédaction de cet ouvrage, compte tenu de l'évolution des techniques et de la science, nous ne pouvons en garantir l'exhaustivité.

Nous déclinons expressément toute responsabilité quant à l'interprétation et l'application éventuelles (y compris les dommages éventuels en résultant ou liés) du contenu de cet ouvrage.

En poursuivant la lecture de cet ouvrage, vous acceptez de façon expresse cette condition.

NOTICE – DISCLAIMER :

The information, analyses and conclusions referred to herein are the sole responsibility of the author(s) thereof.

The information, analyses and conclusions in this document have no legal force and must not be considered as substituting for legally-enforceable official regulations. They are intended for the use of experienced professionals who are alone equipped to judge their pertinence and applicability and to apply accurately the recommendations to any particular case.

This document has been drafted with the greatest care but, in view of the pace of change in science and technology, we cannot guarantee that it covers all aspects of the topics discussed.

We decline all responsibility whatsoever for how the information herein is interpreted and used and will accept no liability for any loss or damage arising therefrom.

Do not read on unless you accept this disclaimer without reservation.

**GUIDE ET RECOMMANDATIONS SUR LES ADJUVANTS
ACCÉLÉRATEURS ET RETARDATEURS DE PRISE POUR
UTILISATION DANS LES BÉTONS DES GRANDS BARRAGES**

**GUIDE AND RECOMMENDATIONS FOR ACCELERATING
AND RETARDING ADMIXTURES FOR USE
IN CONCRETE FOR LARGE DAMS**

TABLE
DES MATIÈRES

TABLE
OF CONTENTS

1. Préface	2	1. Préface
2. Introduction	5	2. Introduction
3. Accélérateurs	6	3. Accelerators
4. Retardateurs	10	4. Retarders
5. Spécifications et essais	12	5. Specifications and test
6. Essais	14	6. Tests
7. Détermination des propriétés physiques et chimiques	16	7. Determination of physical and chemical properties
8. Essais sur la pâte et le mortier	17	8. Tests on paste and mortar
9. Essais sur le béton	20	9. Tests on concrete
10. Essais de contrôle d'uniformité	24	10. Tests for checking uniformity
11. Bibliographie choisie	26	11. Selected bibliography

1. PRÉFACE

1.1. Au cours de la réunion du Comité du béton pour grands barrages de la C.I.G.B., tenue en 1967 à Istamboul, il a été convenu que, en complément au document intitulé « Guide et Recommandations sur les essais des adjuvants tensio-actifs pour les bétons des grands barrages », (approuvé en 1967 par la Réunion Exécutive de la C.I.G.B. et publié en 1968) un guide sur l'utilisation des pouzzolanes et un guide sur l'utilisation des accélérateurs et retardateurs de prise seraient préparés.

1.2. A la réunion du Comité du Béton de la C.I.G.B. de Stavanger en 1968, il avait été décidé que deux groupes de travail composés de membres du Comité du béton de la C.I.G.B. prépareraient un projet de ces deux documents, l'un pour les pouzzolanes, l'autre pour les accélérateurs et retardateurs.

1.3. Le groupe de travail chargé de préparer le guide sur les accélérateurs et retardateurs a été constitué le 1^{er} novembre 1969 comme suit :

Mr. Waugh, président (États-Unis);
Pr Arredi (Italie);
M. Grøner (Norvège);
Pr Kokubu (Japon);
Dr Wogrin (Autriche);
Pr Stolnikov (U.R.S.S.).

1.4. M. Waugh, comme Président du Comité du béton de U.S.C.O.L.D. a demandé à M. Bryant Mather de présider un groupe de travail comprenant le Dr R. W. Carlson et M. Waugh (*ex officio*) pour préparer le texte. Le présent texte est basé en grande partie sur le document préparé par M. C. C. Carlson pour M. J. H. Walker et adressé le 16 mai 1968 par M. Walker à M. W. H. Price avec copies au Dr B. E. Foster, à M. Mather et à M. J. J. Shideler.

1.5. A la réunion du Comité du béton à Montréal, le 28 mai 1970, le texte provisoire du « Guide et Recommandations pour les adjuvants accélérateurs et retardateurs de prise pour utilisation dans le béton des

1. PREFACE

1.1. During the meeting of the Committee on Concrete for Large Dams of ICOLD held in 1967 in Istanbul, it was concluded that, in addition to the document entitled " Guide and Recommendations for Tests on Surface-Active Admixtures for Concrete for Large Dams " (approved in 1967 by the Executive Meeting of ICOLD and published in 1968), a Guide on the use of pozzolanas and a Guide on the use of accelerators and retarders should be prepared.

1.2. At the meeting of the Committee on Concrete of ICOLD in Stavanger in 1968, it was decided that two working groups composed of members of the Committee on Concrete of ICOLD would prepare the drafts of two documents, one on pozzolanas, the other on accelerators and retarders.

1.3. The Working Group to prepare the Guide on accelerators and retarders was constituted on 1 November 1969 as follows :

Mr. Waugh, Chairman (United States);
Professor Arredi (Italy);
Mr. Grøner (Norway);
Professor Kokubu (Japan);
Dr. Wogrin (Austria);
Professor Stolnikov (U.S.S.R.).

1.4. Mr. Waugh, as Chairman, Concrete Committee, USCOLD, requested Mr. Bryant Mather to serve as Chairman of a task group including Dr. R. W. Carlson and Mr. Waugh (*ex officio*) to prepare a draft. This draft is based in large part on one prepared by Mr. C. C. Carlson for Mr. J. H. Walker and distributed on 16 May 1968 by Mr. Walker to Mr. W. H. Price with copies to Dr. B. E. Foster, Mr. Mather and Mr. J. J. Shideler.

1.5. At the ICOLD Committee on Concrete meeting in Montreal, 28 May 1970, the preliminary draft of the " Guide and Recommendations for Accelerating and Retarding Admixtures for the Use in Con-

Grands Barrages » a été soumis au Comité par M. W. R. Waugh et brièvement discuté et quelques commentaires ont été faits par les membres du Comité du béton de la C.I.G.B.

1.6. Le Comité a chargé le Groupe de Travail de préparer un texte mis à jour du projet en tenant compte des remarques et propositions des membres du Comité du béton de la C.I.G.B. pour le soumettre au Comité du béton de la C.I.G.B. à la réunion de Dubrovnik en octobre 1971.

1.7. A la réunion du Comité du béton à Dubrovnik, chaque clause du texte amendé a été examinée et discutée, et le texte a été approuvé par le Comité du béton avec les modifications adoptées au cours de la discussion.

1.8. Le Comité du béton de la C.I.G.B. a décidé que le texte définitif du « Guide » serait préparé et soumis à la Commission Internationale des Grands Barrages pour examen et approbation.

1.9. A ce stade, le travail sur le « Guide » fut transmis au Comité des Matériaux par le Comité du Béton qui était arrivé au terme de ses six années de travail. Le Comité des Matériaux, sous la présidence du Dr N. S. Rosanov, a discuté le projet au cours de la première réunion à Canberra le 17 avril 1972 et a décidé de préparer le projet final pour le présenter à la Réunion Exécutive en 1973. Conformément à cette décision le texte définitif a été soumis à la Réunion Exécutive et porté à son ordre du jour.

1.10. A la réunion du Comité des Matériaux tenue à Madrid le 7 juin 1973, quelques autres petites modifications au projet ont été adoptées et le document a été approuvé avec ces modifications à la 41^e Réunion Exécutive de la C.I.G.B. tenue à Madrid en juin 1973.

1.11. Le « Guide et les Recommandations » sont basés sur les données contenues dans les spécifications existant dans des pays variés, et indiquent les recommandations générales qui peuvent être prises en considération par chaque pays pour la préparation de ses propres recommandations natio-

crete for Large Dams », submitted by Mr. W. R. Waugh, was briefly discussed and some comments of the members of ICOLD Committee on Concrete were made.

1.6. The Committee charged the Working Group to prepare an agreed text of the draft to be submitted to the ICOLD Committee on Concrete at its meeting in Dubrovnik in October 1971 taking into account remarks and proposals made by the members of the ICOLD Committee on Concrete.

1.7. At the Committee on Concrete meeting in Dubrovnik each clause of the agreed text was considered, discussed and the draft was approved by the Committee on Concrete with modifications of the text adopted during discussion.

1.8. The ICOLD Committee on Concrete resolved that the final text of the " Guide " should be prepared and submitted to the International Commission on Large Dams for consideration and approval.

1.9. At this stage the work on the " Guide " was handed over to the new Committee on Materials by the Committee on Concrete which was terminated at the end of six years in office. The Committee on Materials under its Chairman, Dr. N. S. Rosanov, discussed the draft at its first meeting in Canberra, 17 April 1972 and resolved to prepare the final draft for presentation to the Executive Meeting in 1973. The draft was accordingly submitted and placed on the Agenda for the Executive Meeting.

1.10. At the meeting of the Committee on Materials held in Madrid, 7 June 1973, some further small amendments to the draft were agreed and the document was approved, subject to the above-mentioned amendments, at the 41st Executive Meeting of ICOLD held in Madrid in June 1973.

1.11. The " Guide and Recommendations " are based on the data contained in the existing specifications of various countries and give general recommendations which may be taken into consideration by each country when preparing its own national specifications concerning the use of accele-

nales sur l'utilisation des accélérateurs et retardateurs pour le béton des Grands Barrages.

1.12. Les recommandations indiquent ce qui doit être pris en considération quand on choisit et qu'on essaie des adjuvants accélérateurs et retardateurs pour utilisation dans le béton des grands barrages, et ceci à la lumière de la pratique moderne reconnue et acceptée.

Au nom de l'ancien Comité
des Bétons :

V. V. STOLNIKOV,
Président.

Au nom du Comité
des Matériaux :

N. S. ROSANOV,
Président.

Juin 1973.

rators and retarders in concrete for large dams.

1.12. The recommendations indicate what is to be taken into account when selecting and testing accelerating and retarding admixtures for use in concrete for large dams in the light of modern established and accepted practice.

On behalf of the old
Committee on Concrete :

V. V. STOLNIKOV,
Chairman.

On behalf of the
Committee on Materials :

N. S. ROSANOV,
Chairman.

June 1973

2. INTRODUCTION

2.1. *Généralités.* Ces recommandations concernent les produits qui sont ajoutés aux bétons de ciment portland dans le but de contrôler soit le temps de prise, soit l'augmentation de résistance du béton jeune, soit les deux. L'intérêt du contrôle du temps de prise du béton des barrages ou autres grands ouvrages hydrauliques est peut-être le plus important pendant la première partie du processus de prise, avant que la « limite de vibration » soit atteinte, et pendant que le béton peut encore être manipulé. La dernière partie de ce processus est également importante, parce que, après que quelques degrés de plus dans l'état de prise auront été atteints, toute nouvelle couche de béton devra être séparée de la précédente par un joint. Les caractéristiques de gain de résistance au jeune âge d'un béton sont à considérer car elles influent sur la cadence de construction et le programme. Le ralentissement de l'augmentation de résistance retarde le moment où les coffrages pourront être enlevés et réemployés et où les ancrages de coffrages pourront être effectivement utilisés. De nombreux facteurs affectent le durcissement et le temps de prise ainsi que l'accroissement rapide de résistance du béton. Quelques-uns de ces facteurs sont les suivants :

- 1 — Variations de la composition et de la finesse du béton.
- 2 — Température du béton.
- 3 — Température et humidité ambiantes.
- 4 — Dosage en ciment du béton.
- 5 — Volume de la structure.
- 6 — « Slump » initial et e/c du béton.
- 7 — Caractéristiques de ressuage du mélange.
- 8 — Cure.
- 9 — Adjuvants utilisés, leur quantité, le moment et le processus de leur addition.

2.2. Le béton à une température au-dessous de la normale et dans une température ambiante en dessous de la normale a tendance à présenter un temps de prise plus long ainsi que des caractéristiques de gain de résistance moins rapides et peut demander l'utilisation de produits chimiques pour compenser ces influences. De tels produits sont appelés accélérateurs.

2. INTRODUCTION

2.1. *General.* These recommendations deal with those materials that are added to portland cement concrete mixtures for the purpose of controlling either the setting time, or the early strength development, or both. The interest in setting time of concrete for dams or other large hydraulic works is, perhaps, mainly during the earlier portion of the setting process before the " vibration limit " is reached during which the concrete can still be manipulated. The later portion of the setting process is of importance also, because after some further degree of set has been attained, any subsequent layer of concrete will be separated from the earlier by a cold joint. Early strength gain characteristics of a concrete are to be considered as they affect construction progress and scheduling. Slower strength development postpones the time when forms may be removed and re-erected and when form anchorages may be effectively utilized. Many factors affect the stiffening and setting times and early strength development of concrete. Some of these are :

1. Variations in cement composition and fineness.
2. Temperature of the concrete mixture.
3. Environmental temperature and humidity.
4. Cement content of the mixture.
5. Mass of the structure.
6. Initial slump and water-cement ratio.
7. Bleeding characteristics of the mixture.
8. Curing.
9. Admixtures used, their rate of use, and the time and manner of addition.

2.2. Below-normal concrete mixture or environmental temperatures tend to slow normal setting and strength-gain characteristics, and may require the use of chemicals designed to compensate for these influences. Such admixtures are described as accelerators.

Au contraire, une température ambiante élevée et des vents desséchants peuvent réduire la « limite de vibration » et les temps de prise avec les problèmes correspondants de mise en place et de durcissement qui en résultent. Dans de telles circonstances, un produit retardateur peut être utilisé. De plus, quand existent des conditions spéciales de construction qui imposent la terminaison d'une opération particulière de bétonnage avant la fin de prise (par exemple pour des poutres ou arches pesantes où le tassement des coffrages risquerait de produire la fissuration du béton ayant fait prise) le retard de prise peut être nécessaire, même par température normale ou fraîche.

Dans tous les cas, celui qui spécifie l'utilisation d'un ou plusieurs adjuvants doit avoir une parfaite connaissance, non seulement des effets immédiats recherchés dans leur usage, mais aussi des effets potentiels secondaires, et des effets à long terme qui peuvent être bénéfiques ou nuisibles. De plus, il doit être averti que ces effets immédiats ou à long terme, ou les deux, peuvent varier avec les ciments de différentes usines, leur composition et leur finesse, et aussi avec les variations de la composition du béton, et plus particulièrement son dosage en ciment, son rapport e/c, et sa maniabilité.

3. ACCÉLÉRATEURS

3.1. Au sujet des adjuvants pour l'accélération du processus d'hydratation, il faut considérer qu'il y a deux classifications fonctionnelle : (1) les produits qui, en premier lieu, accélèrent le processus de durcissement, et (2) les produits qui sont utilisés surtout pour accélérer la vitesse de prise de la pâte de ciment.

Il y a superposition de ces deux fonctions bien que certains agents accélèrent à la fois la prise et le durcissement, alors que d'autres, bien qu'ayant un effet accélérateur sur une phase du processus de durcissement, peuvent en fait supprimer l'autre.

3.2. Le chlorure de calcium est peut-être le plus largement connu et utilisé de tous les accélérateurs pour le béton. Il agit en

Conversely, high environmental temperatures and drying winds can reduce the "vibration limit" and setting times with accompanying placing and consolidation problems. Under such circumstances, a retarding admixture might be used. Moreover, where special construction situations are encountered which necessitate the completion of a particular concreting operation before final setting has taken place (for example, massive concrete beams or arches where settlement of forms might result in the cracking of set concrete), set retardation may be required, even at normal or cool temperatures.

In any case, the specifier of an admixture or admixtures should have full knowledge of not only the immediate effects sought in its use but also the potential secondary, long-range effects which may be either detrimental or beneficial. Further, he should be aware that these effects, immediate or long-range, or both, may vary with cements of different manufacture, composition, and fineness; and also with variations in the composition of the concrete, especially in cement content, water-cement ratio, and workability.

3. ACCELERATORS

3.1. Regarding admixtures for accelerating the hydration process, it should be recognized that there are two functional classifications : (1) those materials which primarily accelerate strength development, and (2) those materials which are used mainly to speed the setting of cement paste.

There is overlapping of function since some agents will significantly accelerate both setting and hardening, and others, though having an accelerating effect on one phase of the hydration process, may actually suppress the other.

3.2. Calcium chloride is perhaps the most widely known and used of the accelerators for concrete. It acts to accelerate both the

accélération à la fois le processus de prise et l'augmentation rapide de résistance. Pour un ouvrage important tel qu'un barrage, cependant, son utilisation doit être envisagée seulement quand d'autres procédés, sans adjuvants, sont insuffisants pour arriver aux résultats désirés. Comme cela est bien connu, le processus d'hydratation du ciment s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Si le processus d'hydratation est accéléré, l'évolution de chaleur sera également accélérée. Le plus souvent, le bétonnage des barrages comporte la mise en place de béton en si grandes masses que le dégagement de chaleur crée un problème de contraintes thermiques qui est aggravé par une rapide évolution de l'échauffement. Il semblerait donc que lorsque du béton est mis en place en masse importante, à moins de conditions de construction tout à fait inhabituelles, l'usage du chlorure de calcium ou d'un autre accélérateur ne soit pas indiqué.

3.3. Le principal intérêt du chlorure de calcium pour les ouvrages de béton massif concerne les opérations de bétonnage en hiver. Pendant cette saison, l'influence de la baisse de température ambiante tend à ralentir la cadence de construction à cause du ralentissement de l'augmentation de résistance, et ce phénomène peut être combattu ou compensé par les effets accélérateurs du chlorure de calcium.

Les éléments de barrages qui ont des sections relativement minces et des surfaces d'échange thermique importantes (contreforts de barrages à voûtes multiples, ou bajoyers d'évacuateur de crues) peuvent être traités avantageusement avec du chlorure de calcium en quantité convenable.

Il ne faudrait cependant pas le considérer comme un agent antigel. Avec les quantités qui sont ici recommandées pour usage comme accélérateur de prise et pour l'augmentation rapide de résistance, le point de gelée de la phase aqueuse du béton ne sera pas abaissé de plus de 2 °C. En hiver, des protections telles que l'isolement thermique ou le chauffage artificiel sont encore nécessaires avec l'usage de chlorure de calcium pour la mise en place de bétons susceptibles de geler. Les adjuvants ont alors pour résultat de réduire le délai pendant lequel ces protections doi-

setting process and early strength development. For an important structure such as a dam, however, its use should be undertaken only when other means without admixture are insufficient to achieve the intended results. As is well known, the process of cement hydration is accompanied by the release of heat. If the hydration process is accelerated the evolution of heat will also be accelerated. More often than not, concreting of dams involves placement of concrete in such large masses that heat evolution creates a thermal stress problem which is aggravated by rapid heat evolution. It would seem, therefore, that when concrete is placed in a substantial mass—unless the construction circumstances are most unusual—the use of calcium chloride or any other accelerator would not be indicated.

3.3. The primary value of calcium chloride in mass concrete work is in winter concreting operations where the tendency of low environmental temperatures to slow construction progress because of reduced rates of strength gain may be overcome or compensated for by the accelerating effects of calcium chloride.

Portions of dam structures which have relatively thin sections and large heat-radiating surfaces (buttresses of multiple-arch dams or spillway walls) might benefit from the use of calcium chloride in proper amounts.

It should not, however, be regarded as an anti-freeze agent. In the amounts that are here recommended for use in accelerating setting and early strength gain, the freezing point of the aqueous phase of the concrete will be lowered by less than 2 °C. Winter protection, such as insulation or artificial heating, for concrete placements susceptible to freezing are still usually necessary when calcium chloride is used. The admixture functions to shorten the time when such protection must be maintained, through acceleration of hydration and the resulting release of heat, and to

vent être maintenues, grâce à l'accélération de l'hydratation et le dégagement de chaleur correspondant, et de rendre plus normal l'intervalle de temps avant l'enlèvement du coffrage et sa remise en place pour une nouvelle levée. D'habitude, une quantité de 1 % de chlorure de calcium exprimée en pourcentage du poids du ciment, produit les résultats désirés. Il ne doit jamais être utilisé à un dosage dépassant 2 %.

3.4. Les bétons de masse des barrages comportent généralement des faibles dosages en ciment. Le chlorure de calcium en concentration plus élevée (i.e. : 2 %) aurait tendance à réduire la résistance du béton aux attaques des sulfates. Cette action peut également s'appliquer à quelques ciments résistants aux sulfates.

3.5. Si des aciers de précontrainte sont utilisés dans une partie de la structure où existe du chlorure de calcium ou d'autres chlorures solubles, il faut prévoir une protection de ces aciers contre la corrosion. Les chlorures dans le béton provoqueront également la corrosion de tous les métaux ferreux et de certains métaux non ferreux tels que le zinc et l'aluminium qui peuvent être noyés dans le béton pour des raisons de construction. De telles corrosions peuvent conduire à des pressions de rupture. On a constaté que la réaction entre les ciments à haute teneur en alcali et les granulats alcaliréactifs était augmentée par la présence de chlorure de calcium. Bien qu'il apparaisse improbable que l'on utilise une telle combinaison pour la construction d'un barrage, il ne faudra pas le faire sans examen très sérieux de tous les aspects du problème.

3.6. Le but de l'utilisation du chlorure de calcium peut être de permettre le maintien de la cadence de construction prévue; pendant les mois d'hiver; la température ambiante varie pendant cette période et peut atteindre des valeurs relativement élevées. Par conséquent, quand on utilise du chlorure de calcium ou d'autres accélérateurs, l'utilisateur doit être constamment informé des changements de température et de leurs effets, de façon à éviter les difficultés pouvant résulter du durcissement trop rapide du béton à la mise en place. Également l'épaisseur des levées de béton peut être à modifier, de façon à éviter la présence de joints de reprise.

make more normal the interval when forms may be removed and re-installed for the next lift. Usually, one percent of calcium chloride by weight of the cement will produce desired results. It should never be used in concentrations exceeding two percent.

3.4. Mass concrete for dams generally involves relatively low cement factors. Calcium chloride in higher concentrations (e. g. 2 %) would tend to lower the resistance of the concrete to sulfate attack. This action may also apply to some sulfate resistant cements.

3.5. If prestressing steel is used in any portion of the structure where calcium chloride or other soluble chlorides are present, protection of the steel against corrosion must be provided. Chlorides in concrete will also promote corrosion of any ferrous metal and certain non-ferrous metals such as zinc and aluminium which may be embedded for design reasons. Such corrosion can lead to disruptive pressures. The action between high-alkali cement and alkali-reactive aggregates has been found to be increased by calcium chloride, although it seems unlikely that such a combination would be adopted for use in constructing a dam without careful consideration of all aspects.

3.6. While the intent of using calcium chloride may be to permit the maintenance of planned construction scheduling during the winter months, environmental temperatures fluctuate during this period and may rise to fairly high levels. Therefore, when calcium chloride or other accelerator is employed, the user should be constantly aware of temperature changes and their effects so as to forestall placement problems resulting from too rapid stiffening of the concrete. The thicknesses of concrete layers, too, may need to be adjusted in order to avoid cold joints.

3.7. Le chlorure de calcium doit toujours être utilisé en solution à une concentration convenable pour qu'il y ait une relation facile à calculer entre le volume de la solution et le poids de sel sec. Les solutions contenant 1 livre de chlorure de calcium pour 1 quart U.S. de solution ont été recommandées. C'est l'équivalent de 0,48 kg pour 1,0 litre de solution.

L'addition de solution de chlorure de calcium au béton doit toujours être effectuée de façon à ce qu'elle soit mélangée à l'eau de gâchage.

Les solutions de chlorure de calcium doivent être séparées des autres produits d'addition avant l'introduction dans la bétonnière, car les solides dans certains adjuvants, entraîneurs d'air ou réducteurs d'eau, par exemple, sont précipités dans leurs solutions en présence de chlorure de calcium. Des distributeurs mécaniques existent pour l'addition convenable des produits et il faut les utiliser pour les ouvrages importants tels que les barrages.

3.8. Le large usage de chlorure de calcium résulte de son bas prix, de sa disponibilité et de la connaissance que l'on a de ses résultats d'emploi à long terme. Il y a d'autres produits chimiques qui peuvent être utilisés comme accélérateurs mais leurs effets sont moins bien connus. Ils comprennent quelques-uns des silicates inorganiques solubles, des carbonates, fluosilicates, hydroxides, et aussi quelques mélanges organiques comme la triéthanolamine. Les résultats avec ces mélanges inorganiques ont été variables, peut-être en raison de la différence entre les ciments et les granulats utilisés. La triéthanolamine a eu des utilisations importantes mais surtout comme composant d'un autre additif.

Chimiquement, elle se comporte comme un catalyseur, et par conséquent n'est pas modifiée, ni consommée par le chlorure de calcium. On dit qu'elle est plus efficace avec les ciments à haute teneur en aluminates tricalciques qu'avec les autres, et n'est pas très efficace avec les ciments de laitier. Les résistances au jeune âge des bétons de ciment portland sont augmentées à un moindre degré qu'avec le chlorure de calcium mais les gains de résistance aux jeunes âges sont en général maintenus à long terme. La triéthanolamine est utili-

3.7. Calcium chloride should always be used as a solution of some convenient concentration which will permit simple relationships to be worked out between solution volume and weights of dry salt. Solutions containing 1.0 pound of calcium chloride per 1.0 US quart of solution have been recommended; this is equivalent to 0.48 kg to 1.0 litre.

Adding calcium chloride solution to the concrete mixture should always be done by adding it to and dispersing it in the mixing water.

Calcium chloride solutions should be separated from other admixtures prior to introduction into the concrete mixer, as the solids in some air-entraining or water-reducing admixtures, for example, are precipitated from solution in the presence of calcium chloride. Mechanical dispensers for properly batching admixtures are available and should be used for important projects such as dams.

3.8. The wide use of calcium chloride derives from its low cost, general availability and the research knowledge available on its long-range effects. There are other chemicals which may be used for accelerating purposes but these and their effects are less well known. They include some of the soluble inorganic silicates, carbonates, fluosilicates, hydroxides and also some organic compounds such as triethanolamine. Experience with these inorganic compounds has varied, presumably because of differences in cements and aggregates used. Triethanolamine has had wider application, but largely as an ingredient in other admixtures.

Chemically it acts as a catalyst, hence is not changed or consumed as is calcium chloride. It is said to be more effective with high tricalcium-aluminate cements than with others and is said not to be very efficient with slag cement. Early strengths of portland cement concrete are increased to a lesser degree than with calcium chloride, but the strength increases obtained at early ages are generally maintained at later ages. Triethanolamine is used in much smaller quantities

sée en beaucoup plus petite quantité que le chlorure de calcium et son action concernant à la fois le temps de prise et l'augmentation de résistance varie avec la composition du ciment. La teneur la plus fréquemment utilisée est probablement aux environs de 0,05 % en poids du ciment.

3.9. Les sels inorganiques tels que les carbonates de soude, silicates de soude, fluosilicates de magnésie, et les bioxydes de soude, accélèrent tous la prise du béton et augmentent ses résistances à un jour, mais tendent à réduire les résistances à long terme.

4. RETARDATEURS

4.1. Les retardateurs de prise communément utilisés sont des produits organiques qui également sont fréquemment des réducteurs de quantité d'eau. La plupart de ces adjuvants peuvent entrer dans une des quatre catégories indiquées ci-dessous de 4.1.1. à 4.1.4. Cependant des exemples d'autres classifications sont indiquées en 4.1.5.

4.1.1. Acides lignosulfoniques et leurs sels, classe (a).

4.1.2. Dérivés des acides lignosulfoniques et de leurs sels, classe (b).

4.1.3. Acides carboxyliques hydroxylatés et leurs sels, classe (c).

4.1.4. Dérivés des acides ci-dessus et leurs sels, classe (d).

4.1.5. Hydrates de carbone, sucres, polymères hydroxylatés, dérivés de la cellulose, silicones et autres produits ont également été utilisés comme composés principaux ou secondaires de produits retardateurs commercialisés ou non.

4.2. Les sucres sont de puissants retardateurs de prise. Bien qu'ils ne soient généralement pas utilisés comme principaux constituants de produits d'addition commercialisés, ce sont d'importants constituants de certains retardateurs. Les adjuvants des catégories (a) et (c) sont tous deux des retardateurs de prise et réducteurs de quantité d'eau. Ils peuvent être utilisés seuls ou combinés avec d'autres produits organiques ou inorganiques, et des substances actives ou inertes.

than calcium chloride and its action with respect to both setting time and strength development varies with different cement compositions. The maximum usage rate is probably about 0.05 percent by weight of the cement.

3.9. The inorganic salts such as sodium carbonate, sodium silicate, magnesium fluosilicate and sodium hydroxide all accelerate the setting properties of concrete and increase the one-day strengths but tend to reduce strengths at later ages.

4. RETARDERS

4.1. Set retarders in common use are of organic composition and frequently act also as water reducers. Most of these admixtures will fall into one of the four general classifications described below as 4.1.1 through 4.1.4. However, examples of other classifications are mentioned in 4.1.5.

4.1.1 Lignosulfonic acids and their salts, class (a).

4.1.2 Modifications and derivatives of lignosulfonic acids and their salts, class (b).

4.1.3 Hydroxylated carboxylic acids and their salts, class (c).

4.1.4 Modifications and derivatives of hydroxylated carboxylic acids and their salts, class (d).

4.1.5 Carbohydrates, sugars, hydroxylated polymers, cellulose derivatives, silicones and other materials have also been used as major or minor components of commercial and non-commercial retarding admixture formulations.

4.2. Sugars are powerful retarding agents. Although they are generally not used as a major component in commercial admixtures, they are *important* constituents in certain retarders. Admixtures in classifications (a) and (c) are both set-retarding and water-reducing in action. They can be used either alone or in combination with other organic or inorganic, active or inert substances. Admixtures in classifications (b) and (d) may be modified by the addition of other components to give various degrees of re-

Les adjuvants des catégories (b) et (c) peuvent être modifiés par l'addition d'autres composants pour obtenir différents degrés de retardement tout en ayant la fonction de réducteurs d'eau.

4.3. Les lignosulfonates sont généralement disponibles sous forme de sels de calcium, de sodium, ou d'ammoniaque, mais existent également dans d'autres sels. Les temps de prise de bétons comparables peuvent être augmentés de 30 à 60 % aux températures de 18 à 38 °C (65-100 F) par leur utilisation. Au-dessous de 18 °C, le retard peut être considérablement augmenté. En quantités normales, de 5 à 10 % d'eau en moins est nécessaire avec l'addition de ces produits. Suivant la composition du ciment, ces produits entraînent également 2 à 6 % d'air et ajouteront cet effet entraîneur d'air. Si l'on tient compte de la réduction de la quantité d'eau nécessaire, par exemple en maintenant le même « slump » et ou en maintenant la même teneur en ciment alors qu'on réduit la quantité d'eau, les résistances à la compression à 2 et 3 jours peuvent être égales ou supérieures à celles de béton non retardé, et peut être de 10 à 20 % supérieures, à 28 jours.

4.4. Les acides carboxyliques hydroxylatés et leurs sels agissent en réducteurs d'eau et en retardateurs non entraîneurs d'air. Le retard dépend de la quantité utilisée. Pour une quantité destinée à obtenir un retard de 30 % la réduction d'eau peut être de 3 à 5 % ou plus. La vitesse de ressuage et la faculté de ressuer sont augmentées. Les résistances à la compression pendant les premières 24 heures sont plus basses, mais après 3 jours, elles peuvent être de 10 à 20 % plus élevées.

4.5. Les produits des classes (b) et (d) résultent respectivement des modifications des produits des classes (a) et (c). Ces modifications sont réalisées par addition d'autres composants aux produits primaires (a) et (c), et peuvent produire différents effets de retard, sans changement significatif du temps de prise, avec même un effet accélérateur, tout en conservant les propriétés de réduction de quantité d'eau.

4.6. Les produits de ces quatre classes existent soit en poudres soit en solution. On doit les maintenir séparés des autres

tardation while at the same time serving the water-reducing function.

4.3. Lignosulfonates are generally available as calcium, sodium, or ammonium salts but are available also as other salts. Setting times of comparable concrete may be extended from 30 to 60 percent at temperatures of 18 to 38 °C (65-100 °F) by their use. At temperatures lower than 18 °C, retardation may be disproportionately increased. In normal amounts, 5 to 10 percent less water may be required than for comparable concrete without admixture. Depending on the composition of the cement, such admixtures also entrain from 2 to 6 percent air, and will add to the effect of air-entraining admixtures. If advantage is taken of the lower water demand, such as by maintaining equal slump and/or maintaining the same cement content while reducing the water content, compressive strengths at 2 or 3 days may be equal to or higher than non-retarded concrete and perhaps 10 to 20 percent higher at 28 days.

4.4. Hydroxylated carboxylic acids and their salts act as water-reducing non-air-entraining retarders. The degree of retardation depends upon the amount used. In proportions intended to retard set 30 percent, the water demand may be reduced by 3 to 5 percent or more. The rate of bleeding and bleeding capacity are increased. Compressive strengths during the first 24 hours are lower but after 3 days may be 10 to 20 percent higher.

4.5. Class (b) and (d) admixtures are modifications of class (a) and (c), respectively. These modifications are attained by additions of other components to the primary admixtures (a) and (c), and may provide various degrees of retardation, no significant change in setting time and even acceleration while at the same time preserving the water-reducing properties.

4.6. Admixtures of these four classes are available in either powder or solution form. They should be kept separated from other

produits d'addition avant l'introduction dans la bétonnière et on doit les ajouter séparément au béton. Les poudres peuvent être ajoutées avec les granulats. Les solutions peuvent être ajoutées à l'eau de gâchage ou aux granulats si ceux-ci sont non absorbants, ou saturés d'eau. L'utilisation des solutions doit être préférée. Ni les poudres, ni les solutions ne doivent venir en contact avec le ciment avant l'eau de gâchage, et il ne doit pas s'écouler un délai notable entre l'arrivée de l'eau de gâchage et l'introduction de ces produits. Dans le premier cas, il pourrait se produire un effet de fausse prise. Dans le deuxième, un délai d'une minute seulement après l'introduction de l'eau de gâchage pourrait modifier profondément le temps de prise du mélange. Le minutage de l'introduction des produits retardateurs de ces classes est donc de la plus grande importance pour réaliser une identité de retard d'une gâchée à l'autre. Par conséquent, les essais devront définir le minutage des opérations qui est particulier aux composants considérés du béton ainsi qu'au matériel de gâchage employé, et qui devra être suivi fidèlement. Différentes quantités de produits peuvent avoir différents effets sur les propriétés de prise du ciment. Une quantité double de la quantité désirée d'un accélérateur peut provoquer un durcissement rapide, et une même quantité d'un retardateur peut augmenter considérablement le temps de prise. Cependant l'utilisation d'une quantité anormalement importante de retardateur peut quelquefois augmenter les résistances des bétons à long terme. Également, dans quelques cas, le surdosage d'un retardateur peut provoquer un très rapide durcissement avec une réduction importante de résistance. Un matériel de dosage convenable et fidèle du produit d'addition pour les besoins du chantier doit être choisi.

5. SPÉCIFICATIONS ET ESSAIS

5.1. Le principal but de ce guide est d'attirer l'attention sur différents aspects importants de l'utilisation de ces matériaux, et pas spécialement de conseiller certains types de produits ni de donner des détails ou spécifications sur des essais concernant leur usage. Ceci est de la responsabilité

admixtures prior to introduction into the concrete mixer and should be added separately to the mix. Powders may be added with the aggregate. Solutions may be added with the mixing water or with either non-absorptive or water-saturated aggregates. The use of solutions is to be preferred. Neither powders nor solutions should be allowed to come in contact with the cement prior to the mixing water, nor should there be appreciable delay in adding the admixture after the mixing water. In the former case, the development of false set problems is a possibility. In the latter, even a delay of one minute following the mixing water could greatly postpone the setting time of the resulting concrete. Timing with respect to the incorporation of retarding admixtures of these classes in concrete mixtures is, therefore, of utmost importance if uniform batch-to-batch retardation is to be realized. Consequently, from the investigative tests a definite sequence of events in the mixing operation which is peculiar to the concrete ingredients and mixing equipment on the construction project should be developed and should be faithfully followed. Different quantities of admixture may have different effects on the setting properties of the cement. A quantity equal to twice the desired amount of an accelerator may cause rapid early stiffening and a similar quantity of a retarder may greatly extend the setting time. However, the use of an abnormally large amount of retarder may sometimes increase concrete strengths at later ages. Also, in some cases, an overdosage of a retarder may give very rapid stiffening and very reduced strength. Admixture dispensing equipment which is adequate and reliable for the needs of the job should be selected.

5. SPECIFICATIONS AND TESTS

5.1. The major purpose of this guide is to call attention to various important aspects of the use of these materials and not specifically to advise on types of these materials nor to give details of specifications and tests concerning their use. This is the responsibility of the local authorities. Suf-

des autorités locales. Une souplesse suffisante est considérée comme nécessaire dans les recommandations pour adapter différentes méthodes d'essais. Le principal but de ce guide est que les essais qui pourront être utilisés fournissent des indications valables sur les performances des ouvrages dans les conditions existantes au cours de leur construction et par la suite lorsqu'ils seront en service. Les quantités optimales de chaque produit pour obtenir les propriétés du béton recherchées peuvent ne pas être les mêmes pour tous les types de béton, par exemple quand les qualités du ciment et des granulats, la granulométrie, la teneur en eau et d'autres conditions varient. Il est par conséquent nécessaire de déterminer expérimentalement les quantités appropriées de produits pour chaque béton, en utilisant des composants de même provenance que ceux qui seront utilisés sur le chantier.

5.2. Le fabricant d'adjuvants fournissant des échantillons pour essais devra donner des informations telles que les suivantes qui peuvent être demandées par l'acheteur :

5.2.1. Le type de produit, sa principale action et les autres actions simultanées, secondaires ou de quelque importance.

5.2.2. Les groupes chimiques auxquels appartiennent les éléments actifs de base des produits; les principaux constituants et les constituants secondaires qui sont utilisés pour modifier l'action principale ou pour produire simultanément d'autres effets.

5.2.3. La teneur en éléments inertes.

5.2.4. La teneur en chlorures solubles dans l'eau, ainsi qu'en sucre.

5.2.5. La teneur en produits solides et la nature des solvants si le produit est fourni sous forme de solution.

5.2.6. La proportion ou les limites des proportions d'usage courant du produit; l'effet d'un surdosage.

5.2.7. Les processus à utiliser pour ajouter le produit à la gâchée.

5.2.8. Les conditions de stockage et la durée maximum de stockage admissible avant usage.

5.2.9. Les effets des températures de stockage.

ufficient flexibility is considered available in the recommendations to accommodate differing testing methods. The principal concern of this guide is that such tests as may be utilized provide a true assessment of performance under conditions posed during construction and subsequent service of the structure. The optimum quantity of each admixture to be used to attain the required concrete properties may not be the same for all types of concrete, as, for example, when qualities of cement and aggregate, aggregate grading, water-cement ratio, or other conditions vary. It is, therefore, necessary to determine by test the appropriate quantity of admixture for each concrete mixture, using ingredients from the same sources as are to be used on the particular project.

5.2. The admixture manufacturer supplying samples for testing should provide such of the following information as may be requested by purchaser :

5.2.1. The type of admixture; its main action and other simultaneous actions, secondary or of some importance.

5.2.2. The chemical groups to which the basic active components of the admixture belong; main constituent and secondary constituents intended to modify the principal action or to produce other simultaneous effects.

5.2.3. The content of inert ingredients.

5.2.4. The water-soluble chloride content; also sugar content.

5.2.5. Solid content and the nature of the solvent if the admixture is supplied in the solution form.

5.2.6. The proportion or the range of proportions in which the admixture is normally used; the effect of overdosage.

5.2.7. The procedures to be followed in adding the admixture to the batch.

5.2.8. The conditions of storage and permissible maximum storage time before use.

5.2.9. The effects of storage temperature.

5.3. Il est souhaitable que le fabricant indique, avec la composition de base du produit, les essais à effectuer pour contrôler la qualité et la quantité des ingrédients du produit. La quantité de produit doit être comparée au poids du ciment utilisé dans le béton et être exprimée, pour des produits solides, en grammes par kilogramme de ciment, et pour des produits liquides, en millilitres par kilogramme de ciment.

6. ESSAIS

6.1. Deux ou plusieurs produits de différents types, tels que les entraîneurs d'air, et les réducteurs d'eau ou retardateurs de prise, peuvent être utilisés ensemble dans le béton, en quantités convenables pour obtenir certaines propriétés. L'obtention de ces propriétés peut cependant seulement être assurée par des essais préalables avec le ciment, les granulats et l'eau de même provenance que ceux qu'on doit utiliser sur le chantier, et en reproduisant les conditions de température et autres influences d'environnement du site du chantier. Les recommandations des fabricants concernant la compatibilité de quelques produits avec les autres dans les bétons peuvent être utiles, mais elles devront être vérifiées par des essais.

6.2. Pour apprécier la validité et les contrôles de qualité de produits accélérateurs et retardateurs pour le béton des grands ouvrages hydrauliques, les investigations seront faites suivant les principes précisés dans le « Guide et Recommandations pour les Essais sur les Produits tensio-actifs pour les Bétons des grands Barrages ». (*) Ceux-ci sont :

6.2.1. Recherches générales sur les caractéristiques et les actions des produits (catégorie I).

6.2.2. Détermination du type convenable et de la quantité de produit appropriés aux granulats, au ciment, aux pouzzolanes (s'ils en existe), et à l'eau qui seront utilisés dans la construction, et qui conduiront à la qualité et l'économie de béton recherchées (catégorie II).

(*) Bulletin C.I.G.B. n° 20.

5.3. It is desirable that the manufacturer should indicate, together with the basic nature of the admixtures, the tests to be performed for the quality and quantity control of the ingredients of the admixtures. The amount of the admixture should be related to the weight of cement used in the concrete and indicated for a solid product as grams per kilogram of cement, and for a liquid product as millilitres per kilogram of cement.

6. TESTS

6.1. Two or more admixtures of different types, such as an air-entraining admixture and a water-reducing and set-retarding admixture, can be used in combination in a concrete mixture in suitable proportions to achieve certain desired properties. The achievement of these properties can only be ensured, however, by adequate prior tests which make use of cement, aggregates and water from the same sources as those planned for the job and which duplicate the range of job-site temperatures and other environmental influences. The manufacturer's recommendations concerning the compatibility of some admixtures with others in concrete mixtures should be helpful but these should be verified by suitable tests.

6.2. In assessing the suitability and quality control of accelerating and retarding admixtures for concrete in large hydraulic structures, investigation may be pursued along lines set forth in the "Guide and Recommendations for Tests on Surface-Active Admixtures for Concrete for Large Dams." (*) These are :

6.2.1. General investigation of the characteristics and actions of the admixtures. (Category I).

6.2.2. Determination of the proper type and quantity of admixture appropriate to the aggregates, cement, pozzolana (if any), and water to be used on the construction project, which will result in the required quality and economy of concrete. (Category II).

(*) ICGLD, Bulletin n° 20.

6.2.3. Des essais pour s'assurer que les livraisons de produits sur le site continuent avec la même composition, même qualité et même action que définies dans les agréments des fournisseurs (spécifications). (Catégorie III).

6.3. Dans la catégorie I, les essais peuvent être exécutés de préférence avec un béton qui représente fidèlement les granulats, la granulométrie, le ciment, et les autres produits (s'il y en a), et l'eau qui seront utilisés pendant la construction. Les essais devront être exécutés aux températures élevées, basses et normales du béton et de l'ambiance que l'on suppose exister sur le chantier, et avec les quantités de produit que l'on compte utiliser, ainsi qu'avec des quantités plus importantes et plus faibles. Des essais de contrôle doivent être exécutés sur du béton sans adjuvant, à titre de comparaison. Il peut également être utile de prévoir des essais sur des éprouvettes de mortier standard et de pâte de ciment pur, avec et sans adjuvant.

6.4. Les essais sous catégorie II sont ceux qui donnent les bases pour définir les pratiques qui devront être suivies pendant la construction. Tous les produits (ciment, granulats, produits d'addition, et eau) qui seront utilisés dans l'ouvrage devront être représentatifs. Le meilleur jugement ne peut être fait que si l'on utilise pour les essais un matériel de gâchage similaire et les mêmes cadences. L'équipement pour mesurer et ajouter le produit doit être étudié à ce moment et le processus pour l'incorporer dans le béton doit être défini et spécifié. Les caractéristiques de mise en place des bétons résultants devront être essayées avec un matériel de mise en place analogue à celui qui sera utilisé sur le chantier et avec les températures extérieures escomptées.

6.5. Comme il a été précédemment indiqué, les essais de la catégorie III seront destinés à s'assurer que les livraisons des produits sont toujours conformes aux qualités et caractéristiques de performance spécifiées. De tels essais devront être effectués aussi souvent que nécessaire et devront fournir des résultats rapidement, de telle façon que des livraisons défectueuses ne soient pas utilisées par inadvertance et de façon inévitable.

6.2.3. Tests to ensure that deliveries of admixtures to the job-site continue in the same composition, quality and action as defined in agreements with the suppliers (specifications). (Category III).

6.3. Under category I, the tests may best be carried out on concrete which faithfully represents the aggregates, aggregate grading, cement, other admixtures (if used), and water to be employed during the construction project. The tests should be carried out at the high, low and normal concrete and environmental temperatures which are anticipated to occur at the job site and with amounts of admixture proposed for use in construction as well as dosages greater and less than these. Control tests should be conducted on concretes without admixtures for comparison. It may be useful also to include tests of standard mortar bars and of the cement paste, with and without admixtures.

6.4. The tests under category II are those which provide the basis for formulating the practices to be followed on the construction project. All materials (cement, aggregates, admixtures and water) that will be used in the construction work should be representative. The best judgments can be made only if similar mixing equipment and the same mixing schedule are involved in the tests. Equipment for measuring and dispensing an admixture should be studied at this juncture and procedures for incorporating it in the concrete should be formulated and specified. Placing characteristics of resulting concretes should be investigated with placing equipment such as will be used in the work under the extremes of temperature anticipated.

6.5. As previously pointed out, the tests of category III are to ensure that deliveries of admixtures continue to meet specified quality and performance characteristics. Such tests should be conducted as frequently as needed and should yield results quickly so that unsatisfactory shipments are not inadvertently or unavoidably used.

6.6. Les essais proposés dans ces recommandations sont basés sur des stipulations compatibles avec un matériel de laboratoire normal; par conséquent, ils ne peuvent pas reproduire les conditions réelles de l'ouvrage, particulièrement en ce qui concerne les essais de gel et de dégel. D'autres essais et des essais différents peuvent être utilisés dans chaque cas particulier, en tenant compte de toutes les conditions locales et des pratiques de chaque pays.

6.6. The tests proposed in these recommendations are based on stipulations allowing for normal testing in a laboratory; therefore, they could not fully simulate the actual conditions of the structure, particularly relative to the freezing and thawing test. Other and different tests may be used in each particular case taking into account all local conditions and the practise established in each country.

7. DÉTERMINATION DES PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

7. DETERMINATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

7.1. Ce chapitre est relatif aux essais directs à effectuer sur les adjuvants. De tels essais doivent permettre d'identifier les produits et de déterminer des procédures de contrôle facilement applicables pour assurer une conformité régulière des produits choisis avec les spécifications. Ces essais doivent être effectués directement sur les produits et concernent tout d'abord les caractéristiques fondamentales qui dépendent de leur composition et les contrôles pour vérifier que les fournitures successives sont conformes aux échantillons du produit d'origine. Ces essais ne constituent pas une base pour le choix du produit qui doit être utilisé sur un chantier déterminé. Les caractéristiques telles qu'indiquées ci-après, nécessaires pour identifier le produit, devront être déterminées :

7.1. This section relates to direct tests to be performed upon the admixture. From such tests it should be possible to identify the materials and to develop readily applicable control procedures for assuring continuing conformance of selected admixtures with specifications. These tests should be carried out directly on the admixture and are primarily concerned with fundamental characteristics depending on its composition and with control to check that subsequent deliveries conform to the original admixture sample. These tests do not constitute a basis for the choice of the admixture to be used in a specific job. Such of the following characteristics as are necessary to identify the product should be determined.

7.2. Sur une solution à 1 % du produit à examiner dans de l'eau distillée et sur une solution à 1 % de solution du produit dans de l'eau saturée en $\text{Ca}(\text{OH})_2$:

7.2. On a one-percent solution of the admixture under examination in distilled water and on a one-percent solution of admixture in $\text{Ca}(\text{OH})_2$ saturated water :

7.2.1. Concentration en ions d'hydrogène (pH).

7.2.1. Hydrogen-ion concentration (pH).

7.2.2. Tension superficielle.

7.2.2. Surface tension.

7.3. Si le produit est fourni sous forme de solution, également :

7.3. If the admixture is furnished in solution form, also :

7.3.1. Nature du solvant.

7.3.1. Nature of solvent.

7.3.2. Poids spécifique.

7.3.2. Specific gravity.

7.3.3. Teneur en produits solides (résidu d'évaporation).

7.3.3. Solid content (residue on evaporation).

7.3.4. Concentration en ions-Hydrogène (pH).

7.3.4. Hydrogen-ion concentration (pH).

7.4. Sur le produit solide tel que fourni (ou sur les résidus solides après évaporation des produits fournis sous forme de solution),

7.4.1. Solubilité dans l'eau distillée.

7.4.2. Solubilité dans l'eau de distribution locale.

7.4.3. Solubilité dans l'alcool, le benzène, le chloroforme.

7.4.4. Teneur en chlorure, calculé en chlorure de calcium.

7.4.5. Stabilité de la mousse, s'il s'en forme.

7.4.6. Perte au feu (à 600 °C).

7.5. Dans les essais décrits ci-dessus, il est bon d'utiliser :

7.5.1. Pour le pH, un pH mètre électrique.

7.5.2. Pour la teneur en produits solides, le séchage des résidus de l'évaporation à 100 °C ou à 60 °C dans un bain d'eau à la pression de 20 mm de mercure à poids constant, si le produit contient des composants organiques ou autres substances qui sont détruites avant d'arriver à 105 °C.

7.5.3. Pour les essais de solubilité, une solution contenant 1 % en poids du produit ou solvant. Dans une solution dans l'eau, on devra particulièrement noter s'il y a flocculation ou si la solution est stable. Dans une solution saturée de Ca (OH)₂, il faudra noter s'il y a un précipité quelconque.

7.5.4. Pour l'essai de stabilité de mousse, 20 ml d'une solution à 1 % dans l'eau distillée. La solution placée dans un tube à essai de 50 ml devra être bien secouée, d'une façon précisée, à 20 °C. La hauteur de la mousse devra être observée à la fin de l'agitation et après 1, 2, 5 et 15 minutes de repos à la même température (20 °C). Les hauteurs successives observées seront exprimées en fractions de la hauteur initiale.

7.4. On the solid as supplied (or on the solid residue on evaporation of an admixture supplied as a solution) :

7.4.1. Solubility in distilled water.

7.4.2. Solubility in local tap water.

7.4.3. Solubility in alcohol, benzene and chloroform.

7.4.4. Chloride content, calculated as calcium chloride.

7.4.5. Stability of the foam, if formed.

7.4.6. Loss on ignition (at 600 °C).

7.5. In the above described determinations it is advisable to use :

7.5.1. For pH, an electric pH meter.

7.5.2. For the solid content, drying of the residue from the evaporation at 105 °C or at 60 °C in a water bath at 20 mm Hg pressure to constant weight, if the admixture contains organic components or other substances that are destructible before reaching 105 °C.

7.5.3. For solubility tests, a solution containing one-percent by weight of admixture to solvent. In the water solution it should be particularly noted whether there is flocculation or if the solution is stable. In saturated Ca (OH)₂ solution, it should be noted if there is any precipitate.

7.5.4. For the foam stability test, 20 ml of a one-percent solution in distilled water. The solution placed in a 50 ml test tube should be well shaken in an established way at 20 °C. The height of the foam should be observed at the end of shaking and after 1, 2, 5 and 15 minutes of rest at the same temperature (20 °C). The observed successive heights will be expressed as ratios to initial height.

8. ESSAIS SUR PÂTE ET MORTIER

8.1. L'effet du produit sur la pâte et le mortier peut ne pas être le même que sur le béton, et pour choisir le produit à utiliser dans le béton, les essais fondamentaux sont ceux sur le béton. Ces essais sur pâte

8. TESTS ON PASTE AND MORTAR

8.1. The effect of the admixture on paste and mortar may not be the same as on concrete and in selecting an admixture for use in concrete the crucial tests are those on concrete. These tests on paste and mor-

de ciment et mortier peuvent donner des indications générales sur quelques effets des produits à examiner. On peut s'en passer quand les caractéristiques des produits sont déjà connues. Ils sont prévus cependant pour donner des éléments pour vérifier si des livraisons sont conformes à l'échantillon d'origine du produit. Il faut noter que pour les accélérateurs et retardateurs l'influence de la température est très importante. Par conséquent, la prise en considération des éventails de température sur le site du chantier, à la fois pour le béton et pour l'ambiance, ne devra pas être perdue de vue.

8.2. Tous les essais indiqués dans ce chapitre devront être effectués avec du ciment et du sable de même provenance que ceux qui seront utilisés pour chaque ouvrage ou avec du ciment de composition minéralogique et finesse similaire et avec un sable de granulométrie standard de type pétrographique et formes de particules similaires à celles qui existent sur le chantier. Un changement dans le ciment et les granulats peut affecter les résultats numériques.

8.3. Les essais indiqués dans ce chapitre doivent être effectués à la fois avec et sans l'adjuvant. Les essais sur un produit doivent être effectués parallèlement aux essais effectués sur un produit similaire bien connu et de bonne qualité. La pâte pour les essais doit être préparée avec la même quantité de produit en pourcentage de ciment que l'on utilise habituellement dans le béton. Les essais sur la pâtes sont :

8.3.1. Le temps de prise.

8.3.2. Le changement de volume.

8.3.3. La résistance à la traction ou la compression, ou les deux.

8.4. Ces essais devront être répétés au moins trois fois sur la pâte avec adjuvant et au moins trois fois sur la pâte sans produit. Un processus uniforme devra être adopté à la fois dans la méthode et dans le minutage de l'addition du produit et dans la méthode et la durée du malaxage. Le comportement de la vitesse de prise devra être déterminé sur la pâte par un essai de pénétration approprié. En particulier, le phénomène de fausse prise ou autre forme de prise rapide devra être noté. Les essais de changement de volume et de résistance à la traction ou la compression

tar may give general indications about some effects of the admixtures under examination. They may be omitted when general characteristics of the admixture are already known. They are intended, moreover, to give elements to check whether subsequent deliveries conform to the original admixture sample. It should be noted that for accelerating and retarding admixtures, temperature influences are most important. Therefore, consideration of the range of job-site temperatures, for both concrete and environment, should not be overlooked.

8.2. All the tests indicated in this section should be carried out with cement and sand from the same sources as those to be used for each specific work or with cement of similar mineralogical composition and fineness and with sand of standard grading, of similar petrographic type and particle shape to that which will actually be used for the work. A change in cement or aggregate may affect the numerical results.

8.3. Tests indicated in this section should be carried out both with and without admixtures. Tests on an admixture may be carried out in parallel with similar tests on a similar admixture which is well known and of good quality. Paste for tests should be prepared with the same ratio of admixture to cement as has to be used in the concrete. Tests on paste are :

8.3.1. Time of setting.

8.3.2. Change of volume.

8.3.3. Strength in tension or compression or both.

8.4. These tests should be repeated at least three times on paste with admixture and at least three times on paste without admixture. A uniform procedure should be adopted, both in the method and timing of the addition of the admixture and in the method and duration of mixing. The behavior of setting rate should be determined on paste by an appropriate penetration test. In particular, the phenomenon of false or other form of rapid setting must be recorded. The tests on expansion of volume and strength in tension or compression should

devront être effectués suivant la pratique courante de chaque pays. Des essais comparatifs supplémentaires sur la chaleur d'hydratation des pâtes de ciment avec ou sans adjuvant seront effectués si nécessaire.

8.5. Les essais sur mortier sont :

8.5.1. Qualités plastifiantes.

8.5.2. Qualités d'entraînement d'air.

8.5.3. Résistance à la compression, la flexion, la traction.

8.5.4. Changement de volume.

8.5.5. Temps de prise.

8.6. Un processus uniforme doit être adopté à la fois dans la méthode et dans le minutage de l'addition du produit et dans la méthode et la durée de malaxage. Un mortier de référence peut être utilisé, c'est-à-dire un mortier de même dosage et composition que le mortier type adopté dans chaque pays (sans additif). La qualité de plastifiant (réducteur d'eau) d'un adjuvant au mortier peut être exprimée en pourcentage de réduction d'eau pour la plasticité standard pour chaque unité de produit qui est ajoutée. La plasticité peut être mesurée avec le processus et le matériel adoptés dans chaque pays. La qualité d'entraînement d'air d'un adjuvant au mortier est exprimée en pourcentage d'air entraîné en comparaison au mortier de référence, pour chaque unité de produit qui est ajoutée. La quantité d'air entraînée peut être mesurée avec le matériel et selon les processus adoptés dans chaque pays. On devra déterminer non seulement le volume des bulles d'air, mais aussi leur distribution lorsque l'entraînement d'air doit être obtenu pour une raison de résistance au gel. Les essais de résistance à la compression, à la flexion et au changement de volume doivent être effectués sur mortier standard à la fois avec et sans adjuvant. Le mortier avec adjuvant doit être préparé avec la même quantité de produit (par rapport à la quantité de ciment) que celle fixée pour utilisation dans le béton, et avec deux fois cette quantité pour mettre en évidence la sensibilité au surdosage.

Dans quelques cas, il peut aussi être désirable de faire les essais avec quatre fois la quantité de produit désirée, pour fournir de plus amples données sur la sensibilité au surdosage. La résistance à

follow accepted practice in each country. Supplementary comparative tests on heat of hydration of cement pastes with and without admixture will be carried out as necessary.

8.5. Tests on mortar are :

8.5.1. Plasticizing quality.

8.5.2. Air-entraining quality.

8.5.3. Compressive, flexural and tensile strengths.

8.5.4. Change of volume.

8.5.5. Time of setting.

8.6. A uniform procedure shall be adopted both in the method and timing of the addition of the admixture and in the method and duration of mixing. A reference mortar may be used, i.e., a mortar of the same grading and composition as adopted as standard in each country (without admixtures). The plasticising (water-reducing) quality of an admixture on mortar may be expressed by the percentage of water-reduction for standard plasticity, for each unit of admixture that is added. The plasticity may be measured by the apparatus and procedure adopted by each country. The air-entraining quality of an admixture on mortar is expressed by the percentage of entrained air, in comparison with reference mortar, related to each unit of admixture that is added. The quantity of entrained air may be measured by the apparatus and procedure adopted in each country. Not only volume of pores but also their distribution should be determined when air-entrainment is to be obtained in order to provide frost resistance. Tests for compressive and flexural strength and volume change should be performed on standard mortar both with and without admixture. The mortar with admixture should be prepared with the same quantity of admixture (referred to the amount of cement) as determined for use in concrete and with twice the quantity, to make clear the sensitivity to overdosage.

In some instances it may also be desirable to make tests with four times the desired quantity of admixture to develop further data on sensitivity to over dosage. Compressive strength should be determin-

la compression doit être déterminée à 3, 7, 28 et 90 jours. Six éprouvettes doivent être essayées à chaque âge. La résistance à la flexion ou les essais à la traction par fendage doivent être effectués à 3, 7, 28, 90 et 180 jours. Six éprouvettes doivent être essayées à chaque âge. Les éprouvettes doivent être conservées dans de l'eau saturée de chaux à 20 °C jusqu'au moment des essais. Le changement de volume doit être déterminé à 7, 28, 60, 90 et 180 jours sur des éprouvettes et conformément au processus adopté dans chaque pays. Les performances relatives du produit choisi doivent être contrôlées au moyen d'essais sur béton utilisant les matériaux de même provenance que ceux qui seront utilisés sur le chantier. Les essais de temps de prise sur le mortier peuvent être supprimés s'il est de pratique courante dans la région de n'effectuer de tels essais que sur des pâtes et mortiers obtenus par tamisage de béton fraîchement malaxé, ce dernier processus étant recommandé.

9. ESSAIS SUR BÉTON

9.1. Il est important d'utiliser des composants du béton de même provenance que ceux qui seront utilisés sur le chantier considéré. Le but principal en utilisant des accélérateurs ou retardateurs de prise étant de contrôler le temps de prise du béton, les essais pour évaluer cette propriété sont particulièrement importants. On n'insistera jamais assez sur l'importance qu'il y a à reproduire fidèlement les matériaux du site de l'ouvrage, la fabrication du béton, sa mise en place et sa cure. Les effets de température du site sont peut-être encore plus importants dans l'utilisation des retardateurs et accélérateurs de prise pour les bétons que les adjuvants pour d'autres buts, et l'on devra en tenir compte dans toute préparation de programme d'essais. Il est souhaitable, chaque fois que ce sera possible, de compléter les études de laboratoire par des essais de chantier à grande échelle pour contrôler le comportement du béton réel avec les accélérateurs ou retardateurs de prise.

9.2. *Remarques Générales.* Si les granulats du chantier ne sont pas disponibles au moment des essais des produits d'addition, les granulats utilisés devront être analogues à ceux du chantier quant à la

ed at 3, 7, 28 and 90 days. Six specimens should be tested for each age. Flexural strength or splitting tensile strength should be determined at 3, 7, 28, 90 and 180 days. Six specimens should be tested for each age. The specimens should be cured in lime-saturated water at 20 °C until the time of testing. Volume change should be determined at 7, 28, 60, 90 and 180 days on specimens and according to procedure adopted in each country. The relative performance of the selected admixture would need to be checked by means of tests on concrete using materials from the same sources as those to be used on the job. Time of setting tests on mortar may be omitted if it is current practice in the area of use to perform such tests only on pastes or mortars sieved from freshly mixed concretes, which latter procedure is recommended.

9. TESTS ON CONCRETE

9.1. It is important to use concrete ingredients from the same sources as those to be used in the particular job under consideration. Since a principal purpose of using accelerators and retarders is to control the setting time of the concrete, tests to evaluate this property are particularly important. The importance of closely simulating job-site materials, concrete production, placement and curing cannot be over-emphasized. Job-site temperature effects are perhaps more critical in concretes utilizing accelerating or retarding admixtures than admixtures for other purposes, so should be considered in any planning of a testing programme. It is desirable, whenever possible, to supplement laboratory studies with large scale field experiments to test the behavior of real concrete with accelerating or retarding admixtures.

9.2. *General remarks.* If job-aggregates are not available at the time of admixture tests, the aggregates used should be similar to the job-aggregates with respect to petrographic and physical properties and

péetrographie, aux propriétés physiques et à la granulométrie. Si le laboratoire ne peut pas préparer et essayer des échantillons utilisant les granulats de dimension maximum adoptés pour le chantier, les échantillons peuvent être obtenus par criblage de béton frais en éliminant les éléments supérieurs à 40 mm (ou 1,50 pouce) ou en reconstituant un béton avec la dimension maximum acceptable. La dimension minimum d'une éprouvette doit être au moins trois fois la dimension nominale maximum des granulats qui y seront compris. Les effets des adjuvants seront déterminés par comparaison des diverses propriétés d'un béton avec produit avec celles d'un béton semblable sans produit. La comparaison avec les effets d'un produit bien connu de bonne qualité sera aussi très utile. Le béton sans adjuvant est considéré comme béton de référence. Les proportions des composants pour le béton de référence devront être normalisées pour les essais de ce chapitre, et elles devront être analogues à celles que l'on utiliserait sur le chantier s'il n'y avait pas d'adjuvant. En général, les quantités de ciment et d'eau seront les quantités minimum pour obtenir la résistance, la maniabilité et la résistance aux conditions de température requises pour le chantier.

Un processus uniforme devra être utilisé pour le mélange du béton et pour l'ajout du produit.

9.3. *Essais sur le béton frais.* Le béton frais devra avoir, visuellement, une maniabilité convenable et les essais suivants devront être faits sur ce béton :

9.3.1. Essais de qualité réductrice d'eau.

9.3.2. Essais de qualité d'entraînement d'air.

9.3.3. Essai de stabilité de l'air entraîné.

9.3.4. Essai de ressuage.

9.3.5. Essai de vitesse de durcissement.

9.4. Les propriétés énumérées ci-dessus doivent être déterminées sur trois gâchées différentes et des résultats uniformes doivent être obtenus sur chaque gâchée comportant la même quantité de produits.

9.4.1. La propriété de réduction de la quantité d'eau d'un produit peut être définie comme le pourcentage de réduction d'eau pour un béton à la plasticité de référence

grading. If the laboratory cannot prepare and test specimens using the maximum size of aggregates adopted for the job, the specimens may be obtained by screening the freshly mixed concrete over 40 mm (or 1½ in.) sieve or reconstitution with the maximum convenient aggregate size. The minimum dimension of a test specimen should be at least three times the nominal maximum size of coarse aggregate to be contained therein. The effects of the admixtures will be determined by comparing the various properties of a concrete with admixture with those of a similar concrete without admixture. A comparison with the effects of a well-known admixture of good quality will also be very useful. The concrete without admixture is referred to as the reference concrete. The mixture proportions for the reference concrete should be standardized for the purpose of the tests of this section and they should be similar to those suitable for use on site if no admixture were available. In general, the quantities of cement and water should be the minimum to obtain the strength, workability and weathering resistance required for the job.

A uniform procedure should be adopted for mixing the concrete and for adding the admixture.

9.3. *Tests on freshly mixed concrete.* The freshly mixed concrete should be visually rated for workability and the following tests should be made on it :

9.3.1. Test for water-reducing quality.

9.3.2. Test for air-entraining quality.

9.3.3. Test for stability of entrained air.

9.3.4. Test for bleeding.

9.3.5. Test for rate of stiffening.

9.4. The properties listed above should be determined on three separate batches and uniform results should be obtained for each batch using the same amount of admixture.

9.4.1. The water-reducing action of an admixture in concrete may be defined as percentage of water reduction at the plasticity of reference concrete for each unit

pour chaque unité de quantité de produit qui est ajoutée. La compacité peut être mesurée au moyen du matériel et avec le processus adoptés dans chaque pays.

9.4.2. La qualité d'entraînement d'air d'un produit est définie comme le pourcentage d'augmentation de l'air entraîné par comparaison avec le béton de référence et pour chaque unité de quantité de produit qui est ajoutée. L'entraînement d'air doit être mesuré au moyen du matériel et en utilisant le processus adoptés dans chaque pays. Les essais doivent être effectués en utilisant les quantités de produit recommandées par le fabricant. La stabilité de la teneur en air occlus doit être mesurée sur des éprouvettes compactées par vibration, avec la quantité de produit indiquée par le fabricant. Le rapport entre l'air occlus dans ces éprouvettes vibrées et l'air occlus dans des éprouvettes repiquées est l'index de stabilité de l'air occlus. Pour des raisons de comparaison, il est important de normaliser non seulement le mélange, mais aussi le type et la durée de la vibration.

9.4.3. Le ressuage doit être déterminé au moins sur trois gâchées. Pour cet essai, une méthode appropriée peut être utilisée suivant les usages adoptés dans le pays considéré. Le ressuage étant essentiellement fonction de la température, des précautions convenables devront être prises pour contrôler la température, et dans certains cas, il peut être désirable d'observer le ressuage dans plusieurs conditions de température.

9.4.4. Le durcissement doit être exprimé en termes de diminution du « slump » du béton en cours d'examen. Des éprouvettes devront être prises et essayées quant au « slump » immédiatement après le malaxage et 30 minutes après la fin de celui-ci. Pour le dernier essai, l'échantillon doit être prélevé et l'essai de « slump » effectué à 30 minutes d'âge.

9.5. *Essais sur le béton durci.* Les essais sur le béton durci doivent être effectués sur la base des données imposées pour le béton sur le chantier. Le type et la quantité de produit à ajouter pour obtenir les conditions imposées sur le chantier doivent être déterminés seulement après avoir effectué les essais suivants :

9.5.1. Résistance à la compression.

of admixture that is added. The consistency may be measured by means of apparatus and using the procedure adopted in each country.

9.4.2. The air-entraining quality of an admixture in concrete is defined as the percentage of increase of entrained air in comparison with reference concrete related to each unit of admixture that is added. Air-entraining action should be measured by means of the apparatus and by using the procedure adopted in each country. Tests should be performed using the quantities of admixture recommended by the manufacturer. Stability of entrained-air content should be measured on samples compacted by vibration with an amount of admixture indicated by the manufacturer. The ratio between air content in these vibrated samples and air content in rodded samples is the index of stability of air content. For comparison purposes, it is important to standardize not only the mixture but also the type and duration of vibration.

9.4.3. Bleeding should be determined on at least three batches. For this test, an appropriate method can be used as adopted in the given country. Since bleeding rate is quite temperature dependent appropriate precautions should be taken to control temperature and, in some cases, it may be desirable to observe bleeding at more than one temperature condition.

9.4.4. Stiffening should be expressed in terms of the loss of the slump of the concrete mixture under examination. Samples should be taken and tested for slump immediately after mixing and 30 minutes after mixing has been completed. For the latter test the sample should be taken and the slump test made at the 30-minute age.

9.5. *Tests on hardened concrete.* Tests on hardened concrete should be performed on the basis of concrete requirements at the job. The type and amount of admixture to meet the job-requirements should be selected only after such of the following tests as may be relevant :

9.5.1. Compressive strength.

9.5.2. Résistance à la traction.

9.5.3. Résistance à la flexion.

9.5.4. Résistance au gel.

9.5.5. Imperméabilité (perméabilité).

9.5.6. Retrait au séchage.

9.6. Tous les autres essais doivent être effectués suivant les conditions imposées pour le béton sur le site de construction considéré. Les essais indiqués ci-dessus doivent être effectués à la fois sur le béton avec adjuvant et sur le béton de référence. Dans le béton de référence tel que défini précédemment, les quantités de ciment et d'eau seront généralement les quantités minimales nécessaires pour obtenir la résistance, la maniabilité et la résistance aux conditions atmosphériques requises pour le travail. Dans le béton avec les adjuvants, ou bien les quantités de ciment et d'eau doivent être ajustées pour obtenir le même E/C et la même maniabilité que le béton de référence, ou bien le béton avec additif et le béton de référence doivent contenir une même quantité de ciment et les deux bétons doivent avoir la maniabilité requise pour le travail en question. On devra apprécier si les effets quantitatifs d'un produit sont différents suivant que la comparaison est faite à E/C constant ou à dosage en ciment égal. Les échantillons nécessaires pour le programme d'essais devront provenir d'au moins trois gâchées différentes. La maniabilité et la quantité d'air occlus devront être déterminées sur chaque gâchée. Le malaxage doit être fait mécaniquement, de préférence dans un tambour mélangeur. Les formes et les dimensions des éprouvettes devront être conformes aux normes adoptées par chaque pays.

Les éprouvettes pour les essais mécaniques et les essais au gel et dégel doivent être conservées à une température de $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ et à une humidité relative au moins égale à 95 % jusqu'au moment de l'essai. Les échantillons nécessaires pour être conservés dans l'eau doivent être stockés à la température prescrite dans de l'eau saturée de $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Les échantillons pour les essais de retrait doivent être de même conservés en atmosphère humide pendant au moins 7 jours avant le début du séchage à 20°C et à une humidité relative de $50 \pm 5\%$. Les essais à la com-

9.5.2. Tensile strength.

9.5.3. Flexural strength.

9.5.4. Frost resistance.

9.5.5. Watertightness (permeability).

9.5.6. Drying shrinkage.

9.6. Any other tests should be carried out according to the requirements for concrete at the given construction site. Tests should be conducted using the appropriate methods adopted in the given country. The tests indicated above should be carried out both on concrete with admixture and on reference concrete. In the reference concrete, as previously defined, the quantities of cement and water will generally be the minimum to obtain the strength, workability and weathering resistance required for the job. In the concrete with admixture the quantities of cement and water should be adjusted to give either the same water-cement ratio and workability as in reference concrete, or the concrete with admixture and the reference concrete should contain equal quantities of cement, and both concretes should have the workability required for the specific work. It should be appreciated that the quantitative effects of an admixture will be different depending on whether the comparison is made at constant water-cement ratio or constant cement content. The specimens required for the testing programme should be made from at least three separate batches. The workability and air content should be determined on each batch. Mixing should be done by mechanical means, preferably in a tilting-drum mixer. The shape and dimensions of test specimens should conform to the recognized standards of each country.

The specimens for mechanical tests and for freezing and thawing tests should be moist-cured at $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and not less than 95 percent relative humidity until the time of test. Specimens required to be "moist-cured" may be stored at the stipulated temperature under water that is saturated with calcium hydroxide. The specimens for shrinkage tests should be similarly moist-cured for at least 7 days before start of drying at 20°C and 50 ± 5 percent relative humidity. Compressive, tensile and flexural strength specimens will be tested at 3, 7, 28, 90 days and at 6 months.

pression, à la traction et à la flexion doivent être effectués à 3, 7, 28 et 90 jours et à 6 mois. Le nombre d'éprouvettes à essayer pour chaque béton et à chaque âge doit être au moins de trois. La résistance à la traction doit être déterminée par l'essai de fendage. Un minimum de six éprouvettes doit être essayé pour les deux bétons, béton avec additif et béton de référence. La Méthode pour les essais au gel doit être conforme à la pratique acceptée dans chaque pays. En plus de la détermination du module d'élasticité dynamique, on pourra effectuer, comme faisant partie des essais de résistance au gel, des essais de résistance, de perméabilité, de poids et de changement de volume. Le retrait doit être déterminé sur des prismes ou des cylindres et calculé en pourcentage de changement de dimensions linéaires d'après les mesures initiales au début du séchage. Les éprouvettes doivent être essayées à la flexion ou la compression après la période de 180 jours de séchage et retrait.

10. ESSAIS DE CONTROLE D'UNIFORMITÉ

10.1. *Généralités.* Les essais de cette catégorie sont recommandés dans le but d'assurer la régularité de la qualité des accélérateurs et retardateurs et des performances spécifiées, au cours des livraisons successives. Le programme d'essais sera basé sur la connaissance de la composition du produit en question de préférence. Ainsi, pour un accélérateur au chlorure de calcium la détermination de la teneur en chlorure et de la quantité totale de produits solides peut être suffisante. Cependant, des essais rapides sur le calcium et le sodium pourront aider à éviter les cas où le mauvais sel est utilisé. Pour les additifs organiques, la spectroscopie infrarouge peut être de grand intérêt. Cependant, les essais plus simples peuvent être prévus pour les composants spécifiques. Pour les lignosulphonates, une mesure optique d'absorption peut procurer les meilleurs renseignements quantitatifs. Les mesures d'absorption à la longueur d'onde de 280 et 360 nm ont été utilisées. Les essais au sucre de Benedict peuvent également être utiles. Plusieurs additifs étant des sous-

The number of specimens to be tested for each concrete and age should be at least three. Tensile strength should be determined by the tensile-splitting test. Frost resistance should be determined by a freezing and thawing test. A minimum of six specimens should be tested for both concrete with admixture and reference concrete. The method of making the frost-resistance tests should follow the accepted practice in each country. As part of the frost-resistance test, in addition to the determination of dynamic modulus of elasticity, tests on strength, permeability, weight loss and volume change may be made. Shrinkage should be determined on prisms or cylinders and be calculated as percentage change in linear dimension based upon the initial measurement at the start of drying. The specimens should be tested for flexural or compressive strength after the 180-day drying shrinkage test period.

10. TESTS FOR CHECKING UNIFORMITY

10.1. *General.* Tests within this category are recommended for purposes of assuring continuity of specified quality and performance of successive shipments of accelerating and retarding admixtures. The testing programme is best based upon knowledge of the composition of the admixture in question. Thus, for a calcium-chloride accelerator, chloride and total solids determinations may be sufficient. However, quick tests for calcium and sodium would aid in preventing cases where the wrong salt is used. For organic admixtures, infrared spectroscopy may be of great value. However, simpler tests can be devised for specific components. For lignosulfonates, an optical absorption measurement may provide the best quantitative information. Absorption measurements at wave lengths of 280 and 360 nm have been used. Benedict's sugar test, likewise, might be useful. Because many admixtures are by-products, and because the analytical tests are not always easily reproduced, the data on the sample being checked should not be expected to match exactly that obtained on

produits et en raison du fait que les essais analytiques ne sont pas toujours faciles à reproduire, les données sur l'échantillon essayé ne doivent pas être considérées comme représentant exactement celles obtenues sur l'additif original. La signification des variations doit être examinée avant l'acceptation ou le rejet.

10.2. Ces essais ont pour but de contrôler l'uniformité des livraisons successives du produit employé durant le chantier. Les essais consistent à faire la comparaison avec les caractéristiques déterminées sur l'échantillon origine. Tout ou partie des essais indiqués ci-dessous peuvent être exécutés suivant les accords particuliers intervenus entre l'acheteur et le fabricant et la nature du produit. Il faut remarquer que plus le nombre d'essais décidés est important, plus la probabilité de confirmer la régularité des échantillons successifs avec l'original est importante.

10.3. *Caractéristiques physiques et chimiques.* Les déterminations et les essais des caractéristiques physiques et chimiques par les méthodes décrites ci-dessus doivent être effectués sur des échantillons du produit prélevé sur les livraisons successives.

10.4. *Essais sur la pâte de ciment.* Des essais de durée de prise doivent être exécutés comme décrit ci-dessus. Le ciment pour ces essais doit être le même que celui utilisé pour les essais préliminaires et doit être stocké avec beaucoup de soin pour éviter la détérioration.

10.5. *Essais sur le mortier.* Les essais sur le mortier pour la résistance à la compression et la flexion avec les méthodes décrites ci-dessus doivent être effectués en utilisant des échantillons du produit obtenu dans les livraisons successives. Le ciment à utiliser pour ces essais doit être le même que celui utilisé dans les essais préliminaires et doit être conservé dans des récipients scellés avec beaucoup de soin pour éviter la détérioration. Le sable doit provenir de la même source et posséder essentiellement des caractéristiques physiques et pétrographiques identiques à celles du sable utilisé dans le mortier pour les essais préliminaires.

the original admixture. The significance of the variation should be considered before acceptance or rejection.

10.2. These tests aim at checking the uniformity of successive shipments of admixtures employed during the job. The tests consist of a comparison with the characteristics determined on the original sample. All or parts of the tests outlined below may be made, depending upon the specific arrangements agreed upon between the purchaser and the manufacturer and the nature of the admixture. It should be noted that the greater the number of tests decided upon, the greater the probability of establishing uniformity of subsequent samples with the original.

10.3. *Physical and chemical characteristics.* Determinations and tests of physical and chemical characteristics by the methods outlined above should be performed on samples of the admixture from subsequent deliveries.

10.4. *Tests on cement paste.* Setting-time tests should be performed as described above. Cement for these tests should be the same as used in preliminary tests and be stored with extreme care to prevent deterioration.

10.5. *Tests on mortar.* Tests on mortar for compressive and flexural strength with the methods described above, should be performed using samples of the admixture obtained from subsequent deliveries. Cement to be used for these tests should be the same as used in preliminary tests and be stored in sealed containers with extreme care to prevent deterioration. Sand should be from the same source and have essentially identical physical and petrographic characteristics with those of the sand used in tests on mortar in preliminary checks.

11. BIBLIOGRAPHIE CHOISIE

Il y a lieu de noter que la présente liste de références (en anglais et en français, langues officielles de la C.I.G.B.) est volontairement limitée dans le but d'avoir un document aussi court que possible.

VENUAT Michel. *Adjuvants et Traitements des Mortiers et Bétons*. 1^{re} édition, Paris, 1971, 430 pp.

JAROCKI Walenty et MLODECKI Jaroslaw. *Badanie Srodkow uszczelniających, uplastyczniających i napowietrzających jako dodatkow do betonu hdrotechnicznego*, Prace instytutu techniki budowlanej. Seria I. Materiały Budowlane i Ich Zastosowanie, n° 22, 1965, 116 p. Traduction en Anglais "Tests on Sealing, Plasticizing and Air-Entraining Agents Used as Admixtures to Mass Concrete in Hydraulic Structures", par Maria Hoser, pour le U.S. Dept. of the Interior et la National Science Foundation, 1968, 137 p. pp. 59-93 (de la traduction) traitent des mélanges aux lignosulfonates. Un total de 34 références est donné.

Symposium sur les effets des adjuvants réducteurs d'eau et retardateurs de prise sur les propriétés du béton. Amer. Soc. for Testing and Mats, Spec. Tech. Publ., n° 226, 1960. Ce symposium consiste en dix rapports et un résumé. Il est intéressant de noter que quatre des rapports représentent la contribution commune des quatre principaux producteurs d'additifs. Les autres rapports ont été préparés par des représentants des consommateurs, des organismes de recherche et de l'industrie du ciment. Ces rapports comprennent :

- Introduction - Bruce Foster.
- Action du sulfate de calcium et des adjuvants dans les pâtes de ciment Portland - W. C. Hansen.
- Bétons maigres de masse et d'ouvrages modifiés par des agents réducteurs d'eau ou retardateurs de prise. George B. Wallace et Elwood L. Ore.
- Observations dans les essais et l'utilisation de retardateurs réducteurs d'eau - Lewis H. Tuthill, Robert F. Adams, et John M. Hemme, Jr.

11. SELECTED BIBLIOGRAPHY

It should be noted that the present list of references (in English and French, the official languages of ICOLD) is intentionally limited with the aim of producing a document as brief as possible.

VENUAT, Michel. *Adjuvants et traitements des mortiers et bétons*. 1st Edition, Paris, 1971, 430 pp.

JAROCKI, Walenty and MLODECKI, Jaroslaw. *Badanie Srodkow uszczelniających, uplastyczniających i napowietrzających jako dodatkow do betonu hdrotechnicznego*. Prace instytutu techniki budowlanej. Seria I. Materiały Budowlane i Ich Zastosowanie, No. 22, 1965, 116 pp. Translation to English "Tests on Sealing, Plasticizing and Air-Entraining Agents Used as Admixtures to Mass Concrete in Hydraulic Structures" by Maria Hoser, for the U.S. Dept. of the Interior and the National Science Foundation, 1968, 137 pp.; pp. 59-93 (of the translation) deal with lignosulfonate compounds. A total of 34 references is given.

Symposium on Effect of Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures on Properties of Concrete. Amer. Soc. for Testing and Mats. Spec. Tech. Publ, N° 226, 1960. This symposium consists of ten papers and a summary. It is of interest to note that four of the papers represent the joint contribution of four principal producers of admixtures. The remaining papers were prepared by representatives of consumer interests, research organizations and the cement industry. The papers include :

- Introduction — Bruce Foster
- Action of Calcium Sulfate and Admixtures in Portland Cement Pastes. — W.C. Hansen
- Structural and Lean Mass Concrete as Affected by Water-Reducing, Set-Retarding Agents — George B. Wallace and Elwood L. Ore
- Observations in Testing and Use of Water-Reducing Retarders — Lewis H. Tuthill, Robert F. Adams, and John M. Hemme, Jr.

- Effets des adjuvants réducteurs d'eau et des retardateurs de prise suivant l'influence de la composition du ciment Portland - Miles Polivka et Alexander Klein.
 - Expériences de chantier sur l'utilisation des réducteurs d'eau dans des bétons prêts à l'emploi - E. L. Howard, K. K. Griffiths, et W. E. Moulton.
 - Détection des lignosulfonates retardateurs dans les suspensions de ciment et les pâtes - E. G. Swenson et T. Thorvaldson.
 - Documents d'information des producteurs sur les adjuvants réducteurs d'eau et retardateurs de prise pour béton - M. E. Prior et A. B. Adams.
 - Effet des adjuvants réducteurs d'eau et retardateurs de prise sur les propriétés du béton plastique. Charles A. Vollick.
 - Effet des adjuvants réducteurs d'eau et des retardateurs de prise sur les propriétés du béton durci. D. R. MacPherson et H. C. Fisher.
 - Les adjuvants réducteurs d'eau et les adjuvants retardateurs de prise pour le béton : utilisations; spécifications : buts des recherches - Richard C. Mielenz - Résumé - Bruce Foster.
- Les adjuvants pour le béton. Rapport de l'American Concrete Institute, Committee 212, Rapport n° 1, A.C.I. Proc. Vol. 41, nov. 1955, p. 73-88; Rapport n° 2, ibid, Vol. 51, Oct. 1954, p. 113-146; Rapport n° 3, Ibid, Vol. 60, nov. 1963, pp. 1481-1523 (concerne les accélérateurs pp. 1486-1490 et les réducteurs d'eau et contrôleurs de prise pp. 1491-1494, contient 97 références).*
- Le Chlorure de Calcium dans le béton de ciment Portland.* Calcium Chloride Institute, Washington, D. C., U.S.A., Sept. 1969, 39 p. (49 références).
- Les adjuvants et les ciments spéciaux.* Chap. IV, Section 1, 5° Symposium International sur la chimie du ciment, Tokyo, Japon, 1968, « Utilisation des agents tensio-actifs dans le béton » par R. C. Mielenz, 102 pp. (118 références), et documents supplémentaires IV-5, 45, 51, 89 et 107.
- Effect of Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures as influenced by Portland Cement Composition — Miles Polivka and Alexander Klein*
- Field Experience Using Water-Reducers in Ready-Mixed Concrete — E. L. Howard, K. K. Griffiths and W. E. Moulton*
- Detection of Lignosulfonate Retarder in Cement Suspensions and Pastes — E. G. Swenson and T. Thovaldson*
- Introductory Producers' Paper on Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures for Concrete — M. E. Prior and A. B. Adams*
- Effect of Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures on the Properties of Plastic Concrete — Charles A. Vollick*
- The Effect of Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures on the Properties of Hardened Concrete — D. R. MacPherson and H. C. Fisher.*
- Water-Reducing Admixtures and Set-Retarding Admixtures for Concrete : Uses; Specifications : Research Objectives — Richard C. Mielenz Summary — Bruce Foster*
- Admixtures for Concrete.* Report of American Concrete Institute Committee 212, Report N° 1, ACI Proc. Vol. 41, Nov. 1955, pp. 73-88; Report N° 2, *ibid*, Vol. 51, Oct. 1954, pp. 113-146; Report N° 3, *ibid*, Vol. 60, Nov. 1963, pp. 1481-1523 (covers accelerators, pp. 1486-1490 and water-reducing and set-controlling admixtures, pp. 1491-1494, includes 97 references).
- Calcium Chloride in Portland Cement Concrete.* Calcium Chloride Institute, Washington, D.C., U.S.A., Sept. 1969, 39 pp (49 references).
- Admixtures and Special Cements.* Part IV, Session 1, Fifth International Symposium on the Chemistry of Cement, Tokyo, Japan, 1968, "Use of Surface-Active Agents in Concrete", by R. C. Mielenz, 102 pp. (118 references), and supplementary papers IV-5, 45, 51, 89, and 107.

Guide pour l'utilisation des adjuvants dans le béton, préparé par le Comité n° 212 de l'ACI sur les additifs, Proc. Amer. Conc. Inst. Vol. 68, 1971, p. 646.

Symposium International sur les adjuvants pour les mortiers et bétons, Bruxelles, 1967, Comptes rendus. Paris 1968, 8 volumes, Rilem. (Spécialement « Quelques propriétés et choix des adjuvants pour le béton » par V. V. Stolnikov, Vol. I, pp. 29-37.)

Guide for Use of Admixtures in Concrete. Prepared by ACI Committee 212 on Admixtures, Proc. Amer. Conc. Inst. Vol. 68, 1971, p. 646.

International Symposium on Admixtures for Mortar and Concrete, Brussels, 1967 Proceedings. Paris 1968, 8 volumes, RILEM. (Especially "Some Properties and Selection of Admixtures for Concrete", by V. V. Stolnikov, Vol. 1, pp. 29-37.)

IMPRIMERIE LOUIS-JEAN
Publications scientifiques et littéraires
05002 GAP - Tél. : (92) 51.35.23
Dépôt légal : 504 - Octobre 1982

ISSN 0534 - 8293

Copyright © ICOLD - CIGB

Archives informatisées en ligne  *Computerized Archives on line*

The General Secretary / Le Secrétaire Général :
André Bergeret - 2004



International Commission on Large Dams
Commission Internationale des Grands Barrages
151 Bd Haussmann -PARIS -75008
<http://www.icold-cigb.net> ; <http://www.icold-cigb.org>