

GRANDUBE « MESURE DES GRANDEURS ASSOCIEES A LA DURABILITE DES BETONS »

G. Arliguie⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, Toulouse.

Résumé

L'objectif des travaux effectués dans le cadre de ce projet est principalement de définir des **modes opératoires recommandés** afin que les laboratoires d'essais puissent effectuer les **mesures** dans des conditions identiques, ou du moins clairement identifiées.

Cette démarche a été amorcée dans le cadre d'un groupe de travail de l'AFGC et poursuivie grâce au soutien du Réseau Génie civil et Urbain (RGCU). Tout d'abord, une réflexion a été menée sur les tests pertinents permettant de répondre aux questions relatives à la durabilité des ouvrages. Un travail exhaustif ne pouvant pas être réalisé, certaines grandeurs considérées comme les plus importantes ont été choisies. Puis, ceux des tests qui nécessitaient une harmonisation des procédures ont été sélectionnés, l'objet du travail n'étant pas d'effectuer des travaux de recherche pour mettre au point de nouveaux essais, mais d'harmoniser des procédures existantes ou de les faire évoluer dans le but de les adapter aux nouvelles approches de la durabilité, puis de les valider.

Mots-clés

Modes opératoires recommandés - Durabilité - Bétons - Indicateurs de durabilité

1. INTRODUCTION

La durabilité et la maintenance des ouvrages existants correspondent à des préoccupations de plus en plus fortes des Maîtres d'ouvrages tant pour augmenter la durée de vie de ces ouvrages que pour leur assurer un fonctionnement en toute sécurité et éviter les risques de défaillance.

Dans les projets de nouvelles constructions, ces préoccupations sont également présentes, et il est de plus en plus fréquemment demandé une garantie sur des durées de vie élevées, voire un contrat d'engagement de la part du constructeur.

Pour répondre à ces attentes, il est nécessaire de procéder, outre aux contrôles habituels de la qualité des matériaux, à la validation de critères de performance choisis. Dans ce but, des essais spécifiques, ne faisant actuellement l'objet d'aucune norme, doivent être conduits en laboratoire.

L'objectif des travaux effectués dans le cadre de ce projet est principalement de définir des **modes opératoires recommandés** afin que les laboratoires d'essais puissent effectuer les **mesures** dans des conditions identiques, ou du moins clairement identifiées.

Ce projet a pour ambition de mettre au point des méthodes de **mesures fiables** de certains paramètres jugés comme étant des **indicateurs utiles pour la durabilité des bétons**.

Dans ce travail, plusieurs aspects sont abordés:

- l'évaluation des performances de certaines méthodes de mesure utilisées dans les laboratoires en termes de bases théoriques, faisabilité technique, précision de mesure,
- la mise au point des modes opératoires recommandés.

Les méthodes ainsi mises au point pourront servir pour déterminer les grandeurs à injecter dans les modèles prédictifs, mais aussi pour mesurer les grandeurs clés sur lesquelles pourront être fixés des seuils. Dans l'immédiat, les procédures ont été en partie utilisées pour les travaux du groupe AFGC "*indicateurs de durabilité*". C'est dans la **mesure** de ces différents indicateurs (perméabilité, diffusivité des ions chlore, teneur en Ca(OH)_2 , taux d'hydratation, microfissuration, teneur en alcalins actifs...) que ces modes opératoires trouveront leur pleine justification.

Les produits délivrés sont donc des procédures standardisées avec domaine d'utilisation ainsi qu'un guide pour l'utilisation pratique de certaines méthodes de tests.

2. ORGANISATION

Ce projet regroupe quinze partenaires. Le laboratoire proposant est le Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions (LMDC), INSA-UPS Génie Civil, Toulouse. Les autres partenaires sont :

- Le Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur les Matériaux (LERM), Arles.
- Le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), Paris.
- Le Centre Expérimental du Bâtiment et des Travaux Publics (CEBTP), Saint Rémy lès Chevreuses.
- Le Centre d'études et de recherche de l'industrie du béton (CERIB), Epervan.
- Le Laboratoire de Mécanique et Matériaux du Génie Civil, Cergy-Pontoise.
- Le Laboratoire d'Etude des Phénomènes de Transfert Appliqués au Bâtiment (LEPTAB), La Rochelle.
- Le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), Champs sur Marne.
- Le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA).
- EDF-TEGG

- CTG - Italcementi
- GTM Construction
- LAFARGE Ciments
- VINCI Construction
- HOLCIM (ciments Obourg-Origny).

Le travail a été réparti dans quatre thèmes, ce qui a conduit à un fonctionnement en 4 sous-groupes. Chaque sous-groupe rassemble les personnes compétentes dans le domaine traité, et les travaux sont pilotés par deux animateurs.

- Thème "*Chlorures*" : Thierry Chaussadent (LCPC) et Jean-Louis Gallias (Université Cergy-Pontoise)
- Thème "*Ciment*" : Christophe Carde (LERM) et Loïc Divet (LCPC)
- Thème "*Réactions endogènes*" Patrick Rougeau (CERIB) et Hugues Hornain (MCI)
- Thème "*Microstructure*" : Véronique Baroghel-Bouny (LCPC) et Abdelkrim Ammouche (LERM)

Dans la phase de travail exploratoire, une première étape a consisté à définir les besoins existants et ceux qui devaient être pris en compte dans l'activité du groupe de travail.

Tout d'abord, une réflexion a été menée sur les tests pertinents permettant de répondre aux questions relatives à la durabilité des ouvrages. Un travail exhaustif n'étant pas réaliste, certaines grandeurs considérées comme les plus importantes ont été choisies.

Puis, ceux des tests qui nécessitaient une harmonisation des procédures ont été sélectionnés, l'objet du travail n'étant pas d'effectuer des travaux de recherche pour mettre au point de nouveaux essais, mais **d'harmoniser des procédures existantes** ou de les faire **évoluer** dans le but de les adapter aux nouvelles approches de la durabilité, puis de les valider.

Dans un premier temps une recherche bibliographique destinée à recenser les différentes méthodes existantes a été réalisée. En parallèle, une enquête sur les appareillages et les modes opératoires utilisés dans les différents laboratoires a été effectuée.

Le résultat de cette phase exploratoire a confirmé la **grande diversité des modes opératoires** mis en œuvre par les laboratoires d'essais, ainsi que la nécessité d'apporter des **améliorations** à la plupart des protocoles existants.

Sur la base de ces procédures et des modalités recensées, de nouveaux protocoles d'essais ont été élaborés puis testés dans certains laboratoires. L'étape suivante a consisté à effectuer des essais croisés afin de faire les réglages indispensables, puis à valider les modes opératoires proposés.

D'une façon générale, la démarche mise en œuvre pour élaborer les modes opératoires destinés à mesurer des différents paramètres que nous avons choisis est celle décrite ci-après.

1^{ère} étape : *recensement et revue critique des méthodes existantes.*

Par thème retenu, les méthodes existantes ont été répertoriées : nom de la méthode, domaine d'application, grandeur mesurée, limites, critiques, avantages, inconvénients.

2^{ème} étape : *examen des méthodes recensées*

Après examen et discussion sur les méthodologies présentées, les priorités ont été établies dans chaque thème et le choix des modes opératoires à mettre au point arrêté.

3^{ème} étape : *Tests préliminaires et amendements des modes opératoires*

4^{ème} étape : *Première série d'essais croisés*

Exploitation des résultats, amendements, extension

5^{ème} étape : *Essais croisés complémentaires*

6^{ème} étape : *Rédaction du texte final.*

3. TRAVAUX DEVELOPPES DANS CHAQUE THEME

3.1 Thème Chlorures

L'objectif de ce sous-groupe est de mettre au point des protocoles dans les domaines suivants :

- Extraction et dosage des ions chlorures du béton,
- Détection des ions chlorures sur ouvrage (tests rapides),
- Isothermes d'interaction ions chlorures-béton,
- Essais de migration des ions chlorures sous champ électrique.

Les essais croisés réalisés sur l'extraction et le dosage des chlorures totaux et « libres » dans des bétons avec ajout a permis de valider la procédure mise au point par l'AFPC-AFREM dans le cas des ciments Portland sans ajout.

Par ailleurs, des essais de mise en évidence des chlorures par colorimétrie ont montré que cette méthode pouvait être utilisée. S'il n'est pas possible de la considérer d'un point de vue quantitatif, l'utilisation d'indicateurs colorés permet, entre autres, d'identifier les zones d'un béton sur lesquelles il est intéressant de faire des analyses plus complètes.

Les deux autres protocoles d'essais (isothermes d'interaction ions chlorures-béton et essais de migration des ions chlorures sous champ électrique) ont été plus délicats à élaborer en raison d'une grande diversité dans les tests pratiqués dans les laboratoires.

Les procédures d'essai rédigées sont maintenant testées sur un béton d'ouvrage.

3.2 Thème Ciment

L'objectif de ce sous-groupe est de mettre au point des protocoles pour déterminer les grandeurs suivantes :

- Dosage en ciment dans un béton durci,
- Détermination de la teneur en portlandite,
- Détermination du degré d'hydratation du ciment.

Par ailleurs, des travaux ont été également menés sur la détermination de la porosité accessible à l'eau afin d'essayer d'harmoniser la méthode de séchage des échantillons avec la méthode retenue pour les grandeurs citées précédemment.

L'harmonisation des protocoles pour les trois grandeurs étudiées a été finalisée : des modes opératoires ont ainsi été rédigés.

La dernière campagne d'essais croisés porte sur la validation définitive des modes opératoires à partir d'un cas réel de béton coulé sur chantier.

3.3 Thème Réactions endogènes

Les objectifs du sous-groupe « Réactions endogènes » sont :

- d'étudier la reproductibilité du projet de méthode d'essai LPC n°59 « Réactivité d'une formule de béton vis-à-vis d'une réaction sulfatique interne » ;
- de proposer un mode opératoire pour le dosage des alcalins dans les bétons durcis ;
- de rédiger un guide sur le diagnostic des dégradations du béton liées à l'action des sulfates et à l'alcali-réaction.

L'objet du guide est de fournir une aide au diagnostic des dégradations des bétons dues aux sulfates internes et externes ainsi qu'à l'alcali-réaction. Il s'adressera aux techniciens et ingénieurs de laboratoire auxquels il fournira notamment une trame pour la conduite des diagnostics, ainsi qu'aux industriels et aux gestionnaires d'ouvrages auxquels il apportera une aide à la formulation de leurs demandes d'études.

3.4 Thème Microstructure

Les travaux du groupe RGCU « Microstructure » ont trois objectifs principaux :

- mettre en place une méthodologie harmonisée pour la quantification de la **microfissuration des bétons** par les techniques microscopiques ;
- harmoniser les **mesures par intrusion de mercure** pour l'investigation de la structure poreuse des bétons ;

- tester et valider un mode opératoire visant à caractériser **la perméabilité à la vapeur d'eau** des bétons.

4. CONCLUSION

Les protocoles d'essais ont été rédigés. Ils sont en cours de validation sur des bétons de chantier. Les modes opératoires recommandés seront publiés dans un ouvrage. Un colloque de restitution clôturera ce projet : il aura lieu les 11 et 12 octobre 2006 à Toulouse.

Le programme d'essais croisés a pu être réalisé grâce au soutien du Réseau Génie Civil et Urbain (RGCU) et du Ministère de la Recherche.

5. BIBLIOGRAPHIE

Les recherches bibliographiques qui ont été effectuées ont montré qu'il n'existait pas de mode opératoire normalisé ou recommandé pour chaque détermination qui a été retenue, ou que les modes opératoires disponibles ne faisaient pas l'unanimité à l'échelle française.

La bibliographie sera disponible dans l'ouvrage qui sera édité sur les travaux du groupe.