

N° D'ORDRE : 553

# **THESE**

Présentée devant

**L'INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE TOULOUSE**

en vue de l'obtention

**du DOCTORAT INSA**

spécialité GENIE CIVIL

par

**Philippe MUNOZ**

## **RHEOLOGIE DES BETONS DURCIS : APPROCHE COUPLEE DE LA MODELISATION DES RETRAITS ET FLUAGES DE BETONS A HAUTES ET TRES HAUTES PERFORMANCES**

Soutenu le 11 Janvier 2000 devant la commission d'examen composée de Messieurs :

**Raoul FRANCOIS  
François BUYLE BODIN  
Yves DELMAS  
Didier BRAZILLIER  
Gilles ESCADEILLAS  
Yves MALIER  
Gérard PONS**

**Président  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur  
Examineur  
Directeur de thèse**

**Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions  
INSA-UPS - 134 Avenue de Rangueil - 31077 TOULOUSE CEDEX.**

**NOM : MUNOZ**

**PRENOM : Philippe**

**SUJET : Rhéologie des bétons durcis : approche couplée de la modélisation des retraits et des fluages de bétons à hautes et très hautes performances**

**Nombre de pages : 201**

Thèse de doctorat INSA, Génie Civil, INSA Toulouse, 2000, n° 553

---

**RESUME :**

Les bétons à hautes et très hautes performances sont souvent utilisés pour des éléments de structure sollicités en compression ou des ouvrages précontraints pour lesquels la connaissance du comportement différé est de la plus haute importance.

Notre étude expérimentale porte sur le comportement instantané et différé de bétons dont les résistances en compression varient entre 80 et 140 MPa. Deux modes de conservation ont été étudiés. Des essais de fluage, à 7 jours sous contrainte constante, ou sous chargements variables, ont été effectués.

Pour des ciments à faible chaleur d'hydratation, il est possible d'adopter une loi d'évolution des résistances en compression unique prenant en compte l'âge de la prise du béton. La formule réglementaire de prévision du module de déformation instantanée est validée pour les bétons à très hautes performances.

Les résultats de retrait suivent les tendances généralement admises. Néanmoins, pour les bétons à très hautes performances, les effets de l'autodessiccation et de la dessiccation se stabilisent d'autant plus vite que la résistance du matériau est élevée. Le modèle réglementaire permet d'évaluer correctement l'amplitude et la cinétique du retrait endogène au-delà de 28 jours pour les bétons contenant de la fumée de silice mais sous-estime l'amplitude du retrait de dessiccation. Une formule applicable aux bétons à très hautes performances est proposée.

Le fluage dépend essentiellement de la complaisance instantanée au chargement pour les deux ambiances. En terme de cinétique, l'évolution des déformations est d'autant plus rapide que le matériau est performant et qu'il contient de la fumée de silice. Le modèle réglementaire est validé au niveau de l'amplitude et des cinétiques du fluage propre et de dessiccation. Cependant, l'amplitude du fluage de dessiccation est sous-estimée dans le cas des bétons avec fumée de silice. Le principe de superposition (additivité des déformations différées) est respecté.

Nous proposons une modélisation globale des déformations différées, basée sur l'analyse phénoménologique des déformations sous charge en fonction du retrait. Celle-ci met en évidence trois phases d'évolution des déformations. La première phase, relative au comportement différé à court terme, dépend de la maturité du béton au chargement et pourrait être associée à un mécanisme de redistribution d'eau dans le milieu poreux. La deuxième phase, qui dépend de la contrainte de chargement et de la résistance en compression du béton à 28 jours, constitue une amplification des déformations de retrait sous charge. La troisième phase, qui traduit le fait que les déformations sous charge se développent alors que le retrait est stabilisé, dépend du taux de charge à long terme. Ces deux dernières phases seraient associées à des phénomènes de dislocations entre particules solides.

---

**MOTS CLES :**

**bétons à hautes performances, bétons à très hautes performance, résistance en compression, module, retrait, fluage, autodessiccation, dessiccation, modélisation, réglementation.**

---

préparée au Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions, INSA-UPS  
134 Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex  
soutenue le 11 Janvier 2000

devant MM.

**Raoul FRANCOIS**

**François BUYLE BODIN**

**Yves DELMAS**

**Didier BRAZILLIER**

**Gilles ESCADEILLAS**

**Yves MALIER**

**Gérard PONS**

**Président**

**Rapporteur**

**Rapporteur**

**Examineur**

**Examineur**

**Examineur**

**Directeur de thèse**

**DEPOT à la Bibliothèque Universitaire en 4 exemplaires**

**Subject :** Rheology of hardened concrete : coupling approach of the modelling of creep and shrinkage of high performance and very high performance concrete

---

**Abstract :**

High and very high performances concrete are often used for structure elements loaded in compression or prestressed works for which the knowledge of the delayed behaviour is of the highest importance.

Our experimental study relates to the instantaneous and delayed behaviour from concrete whose compressive strength varies between 80 and 140 MPa. Two modes of conservation were studied. Creep tests, at 7 days under constant stress, or variable loading, were carried out.

For cements with low heat of hydration, it is possible to adopt a law of compressive strength evolution taking of account the age of the concrete set. The code model type formula of forecast of the instantaneous modulus is validated for very high performance concrete.

The results of shrinkage follow the generally allowed tendencies. Nevertheless, for very high performance concrete, the effects of the self-desiccation and the desiccation are stabilized all the more quickly that the strength concrete is high. The lawful model makes it possible to correctly evaluate the amplitude and the kinetic of the autogenous shrinkage beyond 28 days for the concrete containing silica fume but underestimates the amplitude of the desiccation shrinkage. A formula applicable to the concrete with very high performances is proposed.

Creep depends primarily on instantaneous compliance at the loading for the two environments. In term of kinetics, the evolution of the strains is all the more fast since the material is powerful and that it contains silica fume. The lawful model is validated on the level of the amplitude and the kinetics of autogenous and desiccation creep. However, the amplitude of the desiccation creep is underestimated in the case of the concrete with silica fume. The principle of superposition (additivity of the delayed strains) is respected.

We propose a total modelling of the delayed strains, based on the phenomenological analysis of the strains under load according to the shrinkage. This one highlights three phases of evolution of the strains. The first phase, relating to the delayed behaviour in the short run, depends on the maturity of the concrete to the loading and could be associated with a mechanism of water redistribution in the porous continua. The second phase, which depends on loading stress and compressive strength of the concrete to 28 days, constitutes an amplification of the shrinkage strains under load. The third phase, which translates the fact that the strains under load develop whereas the shrinkage is stabilised, depends on the long-term load rate. These two last phases would be associated with phenomena of dislocations between solid particles.

---

**Keywords :**

**High performance concrete, very high performance concrete, compressive strength, modulus, shrinkage, creep, self-desiccation, desiccation, modelling, code model type.**

---