

N° d'ordre :

**UNIVERSITE TOULOUSE III – PAUL SABATIER**

**THESE**

En vue de l'obtention du grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE TOULOUSE III**

**Spécialité GENIE CIVIL**

Soutenue par Mademoiselle Sandra BONNET

Le 28 janvier 2004

**MATERIAUX CIMENTAIRES A HAUTE DEFORMABILITE  
PAR INCORPORATION DE GRANULATS ISSUS DU  
BROYAGE DE PNEUS USAGES**

Directeur de thèse : M. Anaclet TURATSINZE

**JURY**

Rapporteurs :	<b>François BUYLE-BODIN</b>	Professeur - Université des Sciences et Technologies de Lille
	<b>Richard CABRILLAC</b>	Professeur - Université de Cergy-Pontoise
Examineurs :	<b>Jean-Louis GRANJU</b>	Professeur - IUT A (Université Paul Sabatier) - Toulouse
	<b>Gérard PONS</b>	Professeur - INSA de Toulouse
	<b>Anaclet TURATSINZE</b>	Maître de conférences - IUT A (Université Paul Sabatier) - Toulouse
Membres invités :	<b>Eric LECOINTRE</b>	Ingénieur - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
	<b>Joël POUGET</b>	Directeur général P.U.N.R - Manufacture Française des Pneumatiques Michelin
	<b>Catherine CLAUZADE</b>	Responsable Recherche et Développement - ALIAPUR

**AUTEUR :** Melle Sandra BONNET

**TITRE :** Matériaux cimentaires à haute déformabilité par incorporation de granulats issus du broyage de pneus usagés

**DIRECTEUR DE THESE :** M. Anaclet TURATSINZE, Maître de conférences à l'Université Paul Sabatier

**Thèse soutenue le 28 janvier 2004, à 10h30 à l'université Paul Sabatier**

---

**RESUME :**

Les matériaux cimentaires sont handicapés par leur faible résistance à la traction et par leur fragilité, qui les rendent particulièrement sensibles à la fissuration notamment la fissuration de retrait. Si la fragilité est souvent palliée par le renforcement par des armatures, leur mise en place est difficile voire impossible dans certains cas. Le renforcement par des fibres est une solution alternative qui reste perfectible dans ce sens où celle-ci n'empêche pas la fissuration mais en limite l'ouverture.

La solution idéale est un matériau cimentaire capable de supporter des déformations importantes avant localisation de la fissure. Pour cet objectif, nous avons opté pour l'incorporation de granulats déformables et nous avons décidé d'utiliser des granulats caoutchouc issus du broyage de pneus usagés. Ces granulats ont été introduits en substitution volumique partielle des granulats naturels. Dans les deux cas, la dimension maximale du plus gros grains est de 4 mm (mortiers). Leur association avec un renfort par des fibres a été aussi étudiée.

En contre partie des chutes de résistances en compression et en traction, la capacité de déformation avant localisation de la macrofissuration est nettement plus élevée en présence de granulats caoutchouc. Il a été également montré que la capacité portante post-pic attendue du renfort par des fibres n'est pas remise en cause par la présence des granulats caoutchouc : leur association donne lieu à une synergie limitant la fragilité du composite cimentaire.

Les variations dimensionnelles de retrait des mortiers de ciment incorporant des granulats caoutchouc sont plus élevées mais mises en compétition avec la capacité de déformation, par des essais de retrait empêché à l'anneau, les résultats ont démontré que le composite obtenu a une plus grande résistance à la fissuration de retrait. Cette dernière est tardive et lorsqu'elle survient, elle apparaît sous forme de fissurations multiples, courtes et peu ouvertes, c'est à dire moins préjudiciables.

Ainsi, lorsque la résistance à la fissuration est une priorité, l'incorporation de granulats caoutchouc dans les matériaux cimentaires est une réponse pour des applications plus durables et constitue une nouvelle voie de valorisation des pneumatiques usagés non réutilisables.

---

**MOTS-CLES :**

Matériaux cimentaires, Fragilité, Fissuration, Granulats caoutchouc, Capacité de déformation, Fibres métalliques, Retrait, Recyclage

---

**Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Spécialité Génie civil, préparée au Laboratoire Matériaux et Durabilité des Constructions**

INSA – UPS Département de Génie civil  
135, Avenue de Rangueil  
31077 Toulouse cedex 04

---

**ABSTRACT :**

Cement-based materials suffer from their low tensile strength and their brittleness. They are highly sensitive to cracking particularly to shrinkage cracking. Steel bars are suitable to limit the brittleness, nevertheless their placement is difficult and even impossible in some cases.

Fibres reinforcement is generally used to limit the detrimental effect of cracking but the ideal solution would be to improve the straining capacity of the material before macrocracking.

In this regard, incorporation of aggregates with low deformation modulus was considered as a solution. We used rubber aggregates obtained from shredded used tyres partly replacing natural aggregates. Association of rubber aggregates and of fibre reinforcement was also investigated.

Despite a detrimental effect on compressive and tensile strengths, rubber aggregates incorporation confers to the composite an improved straining capacity before the macrocracking localisation. It was also demonstrated that the residual post peak strength due to fibre reinforcement is not jeopardised by rubber aggregates incorporation. Their association gives rise to a synergy enhancing the composite ductility.

The shrinkage length changes of rubberised cement based mortars are higher, but they are in competition with a boosted straining capacity. Ring tests showed that the new composite is highly resistant to shrinkage cracking: the cracking is delayed and when it occurs, it appeared as multiple and short cracking with thinner crack opening less detrimental to structural and durability properties.

For all reasons, when the cracking resistance is a priority, rubber aggregates incorporation to cement based material is suitable to design durable applications. By this way, it also offers an opportunity to recycle used tyres.

---

**KEYWORDS :**

Cement-based materials, Brittleness, Cracking, Rubber aggregates, Straining capacity, Steel fibres, Shrinkage, Recycling