

## RECHERCHE DE LA COMPACTITE MAXIMALE D'EMPILEMENTS GRANULAIRES PAR BATTAGE

**Objectif(s)** : Valider l'approche numérique discrète pour la recherche de la compacité maximale d'un mélange granulaire

**Client** : LAFARGE - Centre de Recherche

**Date** : 2005-2007

**Lieu** : Saint Quentin Fallavier (Isère)

**Partenaires** : Aucun

**Responsable du projet** : Fabian DEDECKER

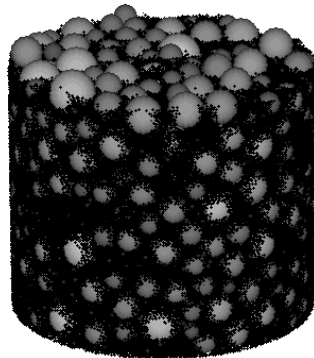
**Logiciel(s) utilisé(s)** : PFC<sup>3D</sup>

Dans le but de valider l'**approche numérique discrète**, ITASCA a développé un modèle **numérique 3D** à l'aide du logiciel PFC<sup>3D</sup> permettant de reproduire un essai de compactage. Le **compactage** est réalisé **par vibration verticale** (battage sur un plan horizontal) d'une cellule cylindrique jusqu'à obtention d'un volume constant.

Cette validation consistait en la comparaison des compacités maximales de **mélanges granulaires bi-modaux ou tri-modaux**, obtenues numériquement avec celles obtenues lors d'essais de laboratoire.

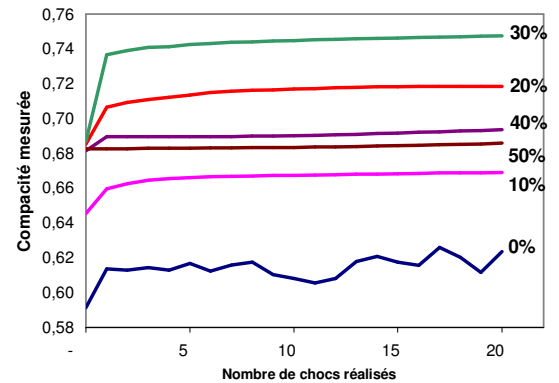
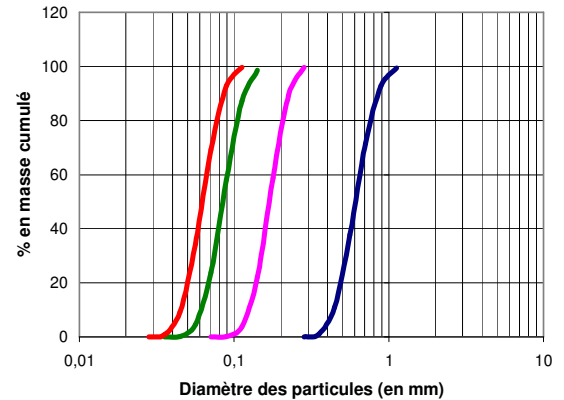
Les grains considérés sont des **billes de verre sphériques et incassables**, permettant ainsi une comparaison directe entre les essais numériques et expérimentaux. Les mélanges granulaires analysés sont composés **de une à trois classes granulométriques**. Le **rapport des diamètres moyens** entre la classe granulométrique supérieure et celles inférieures **varie de 4 à 10**.

Courbes granulométriques considérées (Lafarge) →



Echantillon bi-modal, 30% en masse de particules fines, rapport des diamètres moyens 10

Evolution de la compacité en fonction du nombre de chocs et du % en masse de la population la plus fine (mélange bi-modal, rapport des diamètres 10) →



### MOTS-CLÉS :

- Modélisation numérique discrète
- Compacité
- Essai de battage
- Mélanges bi-modaux et tri-modaux

### ⇒ RESULTATS :

Cette étude préliminaire a permis de :

- retrouver qualitativement les évolutions de la compacité en fonction du rapport en volume ou en taille des classes granulaires, dans des systèmes bi-modaux et tri-modaux ;
- constater que le premier choc compacte efficacement le milieu, et que les suivants modifient dans une moindre mesure (2% - 3%) la compacité de l'assemblage ;
- montrer que 20 chocs ne sont pas suffisants pour atteindre la compacité maximale d'un mélange granulaire.

LAFARGE possède désormais un outil complémentaire aux outils expérimentaux, pour améliorer la compacité des mélanges granulaires et donc la performance des ciments/bétons.

## MAXIMUM COMPACTION OF A GRANULAR PACKING OBTAINED BY VERTICAL VIBRATIONS

**Purpose(s):** Validate the discrete numerical approach to estimate the maximum compaction of a granular packing

**Client:** LAFARGE - Centre de Recherche

**Date:** 2005-2007

**Location:** Saint Quentin Fallavier (Isère)

**Partners:** None

**Project executive manager:** Fabian DEDECKER

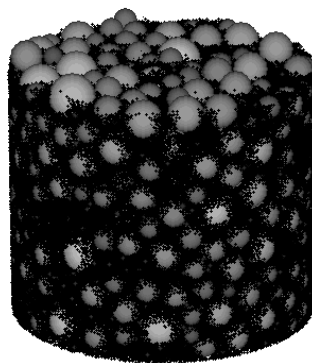
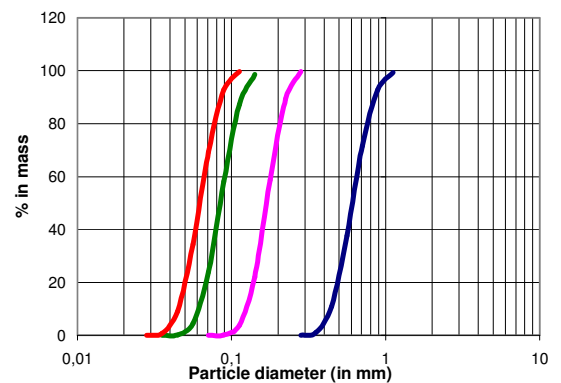
**Code(s) used:** PFC<sup>3D</sup>

In order to validate the **discrete numerical approach**, ITASCA built a **3D numerical model**, using PFC<sup>3D</sup>, of a "shock test". The "shock test" was performed by applying a **vertical vibration** (successive shocks on a horizontal plane) on a cylindrical cell until a constant volume was reached.

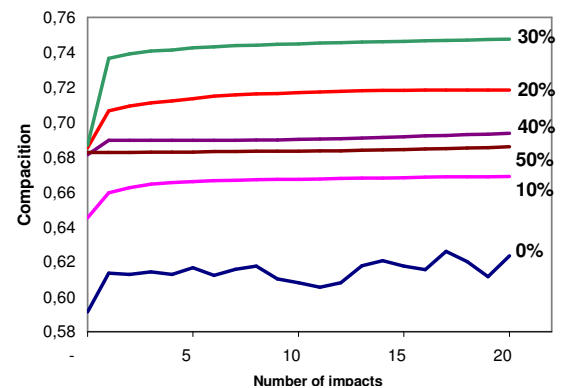
This validation consisted of comparing the measurements of the maximum compaction of a **bi-modal or tri-modal packing** obtained from numerical models to those obtained from laboratory tests.

To limit the differences between the numerical and experimental tests, and to compare the results of both directly, **spherical and unbreakable glass balls were used** to perform these tests. The granular mixtures modeled were composed from **one to three granulometric classes**. The **diameter ratio** between the upper class and the lower varied from **4 to 10**.

Granulometric distribution curve (Lafarge) →



Bi-modal sample (with 30% fine particles, diameter ratio = 10)



Compaction versus number of impacts and % of fine particles in mass (bi-modal packing, diameter ratio = 10) →

**KEYWORDS:**

- Discrete numerical modeling
- Compaction
- Shock test
- Bi-modal and tri-modal packing

⇒ **RESULTS:**

- The numerical value of compaction evolves qualitatively as do the experimental results according to the volume and size ratio of particles for both bi-modal and tri-modal packings.
- The first shock efficiently compacts the packing, whereas the next knocks moderately increase the compaction (2% - 3%).
- Twenty shocks are not enough to reach the maximum compaction but allow the maximum to be approached.

LAFARGE now has a new tool, complementary to its experimental tools, for improving the compaction of granular packings and, thus, the mechanical performance of cement/concrete.