



## Ciment bas carbone: Études de la carbonatation par les rayons X

**Spécialité** Matériaux cimentaires

**Niveau d'étude** Bac+5

**Formation** Ingénieur/Master

**Unité d'accueil** [NIMBE/LIONS](#)

**Candidature avant le** 28/11/2022

**Durée** 6 mois

**Poursuite possible en thèse** oui

**Contact** [Levenstein Mark](#)  
+33 1 69 08 57 34  
[mark.levenstein@cea.fr](mailto:mark.levenstein@cea.fr)

### Résumé

La carbonatation des ciments est une voie prometteuse pour réduire les émissions nettes de CO<sub>2</sub> de l'industrie du béton. Cependant, la carbonatation du ciment est mal comprise et étonnamment complexe. Ce stage sera axé sur l'utilisation de l'analyse de la diffraction des rayons X en temps réel pour mieux comprendre la voie de carbonatation de ciments modèles.

### Sujet détaillé

La production de ciments Portland classiques représente jusqu'à 10 % des émissions mondiales de CO<sub>2</sub>. Environ 40 % de ce CO<sub>2</sub> provient de l'énergie dépensée pour chauffer le calcaire et les argiles bruts nécessaires à la production du ciment, tandis que les 60 % restants sont libérés par les carbonates piégés dans le calcaire. Malheureusement, seule une petite fraction de ce CO<sub>2</sub> libéré est récupérée lorsque les ciments sont durcis par les processus d'hydratation standard. Pour réduire les émissions nettes de CO<sub>2</sub>, un nombre croissant de chercheurs et de jeunes entreprises (par exemple, CarbonCure, Solidia, Fortera) s'efforcent de durcir les ciments en combinant l'hydratation et la carbonatation pour récupérer le CO<sub>2</sub> libéré. Cependant, la carbonatation des ciments est mal comprise. En fait, nous avons récemment montré qu'elle peut se dérouler par des voies multi-étapes étonnamment complexes.

Ainsi, l'objectif de ce stage est d'étudier la carbonatation d'un système modèle simple de ciment Ca(OH)<sub>2</sub> en CaCO<sub>3</sub> en utilisant la diffraction des rayons X (DRX) couplée à un environnement d'échantillon microfluidique pour le contrôle du flux de CO<sub>2</sub> (Fig. 1b). D'autres formulations de ciment, y compris des additifs cimentaires et des agents de liaison, seront également étudiées. Les expériences microfluidiques seront complétées par des analyses microscopiques, pH et gravimétriques de morceaux de ciment plus grands.

### Mots clés

Chimie des matériaux, ciment durable, transition énergétique, cristallisation, diffraction des rayons X, microfluidique

---

## **Compétences**

Diffraction des rayons X, raffinement de Rietveld, microfluidique, microscopie électronique à balayage, microscopie optique, sorption dynamique en phase vapeur, lithographie douce.

## **Logiciels**

Matlab/Python, Profex, TOPAS

---

## Low-Carbon Cement: Real-Time X-ray Studies of Material Carbonation

### Summary

The carbonation of cements is a promising route to decreasing the net CO<sub>2</sub> emissions of the concrete industry. However, cement carbonation is poorly understood and surprisingly complex. This internship will be focused on using real-time X-ray diffraction analysis to understand the carbonation pathway of model cements.

### Full description

The production of conventional Portland cements accounts for up to 10% of global CO<sub>2</sub> emissions. Approximately 40% of this CO<sub>2</sub> comes from the energy expended by heating the raw limestone and clays needed to produce the cement, while the remaining 60% is released from the carbonates trapped within the limestone. Unfortunately, only a small fraction of this released CO<sub>2</sub> is re-captured when cements are hardened through standard hydration processes. To reduce net CO<sub>2</sub> emissions, a growing number of researchers and start-up companies (e.g., CarbonCure, Solidia, Fortera) are working to set cements through a combination of hydration and carbonation to re-capture released CO<sub>2</sub>. However, the carbonation of cements is poorly understood. In fact, we have recently shown that it can proceed through surprisingly complex multi-step pathways.

Thus, the aim of this internship is to investigate the carbonation of a simple Ca(OH)<sub>2</sub> cement model system into CaCO<sub>3</sub> using scanning X-ray diffraction (XRD) coupled with a microfluidic sample environment for control of CO<sub>2</sub> flow (Fig. 1b). Other cement formulations, including cementitious additives and binding agents will also be studied. Microfluidic experiments will be complemented by microscopy, pH, and gravimetric analyses of larger cement pieces.

### Keywords

Materials chemistry, sustainable cement, energy transition, crystallization, X-ray diffraction, microfluidics

### Skills

X-ray diffraction, Rietveld refinement, microfluidics, scanning electron microscopy, optical microscopy, dynamic vapor sorption, soft lithography.

### Softwares

Matlab/Python, Profex, TOPAS