

obtenir une texture spéciale, on applique un désactivant, ou retardateur de surface, à la surface, afin d'éviter le durcissement des premières millimètres. Une fois la masse prise, on nettoie la partie superficielle pour exposer les granulats, choisis pour leurs qualités esthétiques.

Enfin l'emploi de fongicides ou de bactéricides dispersés dans la masse ou dans les couches superficielles ralentit le développement des micro-organismes dans les pores du béton : on évite des contaminations dans les corps de ferme ou dans les usines de produits alimentaires ou pharmaceutiques.

Un matériau vivant

L'ajout de composés variés au béton a ainsi imposé des études qui ont montré à quel point le béton est un matériau «vivant». Sa structuration progressive, de l'état plastique à celui de roche artificielle, se caractérise par le développement d'une masse hydratée, en grande partie composée de silicate de calcium hydraté, mais cette formation n'est que la conclusion d'une série d'effets.

La prise s'effectue en plusieurs étapes. La première est la diminution de l'eau présente entre les particules

solides, consommée par l'hydratation, et par la «contraction Le Chatelier», qui rapproche les grains. Cette contraction, du nom du physicien français Henry Le Chatelier (*voir l'encadré ci-dessous*) correspond à la création de vides : au total, le volume final de ciment hydraté est inférieur d'environ 10 pour cent à la somme du volume d'eau et du volume de ciment anhydre.

Puis les particules solides et les hydrates naissants s'agrègent ; les cristaux hydratés qui croissent finissent pas se rencontrer et par se souder, de sorte qu'un réseau s'étend progressivement dans tout le matériau. Quand l'hydra-

Henry Le Chatelier et le ciment

Henry Le Chatelier fut le premier physico-chimiste à s'intéresser au béton. Né en 1850 à Paris, il effectua, comme son père, ses études supérieures à l'École polytechnique. Sorti deuxième de sa promotion, il passa ensuite trois années à l'École des mines de Paris. À partir de 1895, il fut le conseiller scientifique de la Société Lafarge. De son œuvre, on retient surtout son action en faveur de l'introduction de la science dans le milieu industriel, ses études du grisou, de la chaux, des plâtres et des ciments, de la mécanique chimique, de la chimie industrielle, de la pyrométrie.

Sa thèse, soutenue en 1887, portait sur les matériaux hydrauliques, tel le plâtre. Il découvrit que, quand on chauffe le gypse (du sulfate de calcium hydraté, de formule $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) à une température de 150 °C, on ne forme pas le composé anhydre CaSO_4 (l'«anhydrite»), qui n'apparaît que vers 200 °C, mais un sulfate de calcium faiblement hydraté $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$, ou semi-hydrate. C'est le plâtre usuel.

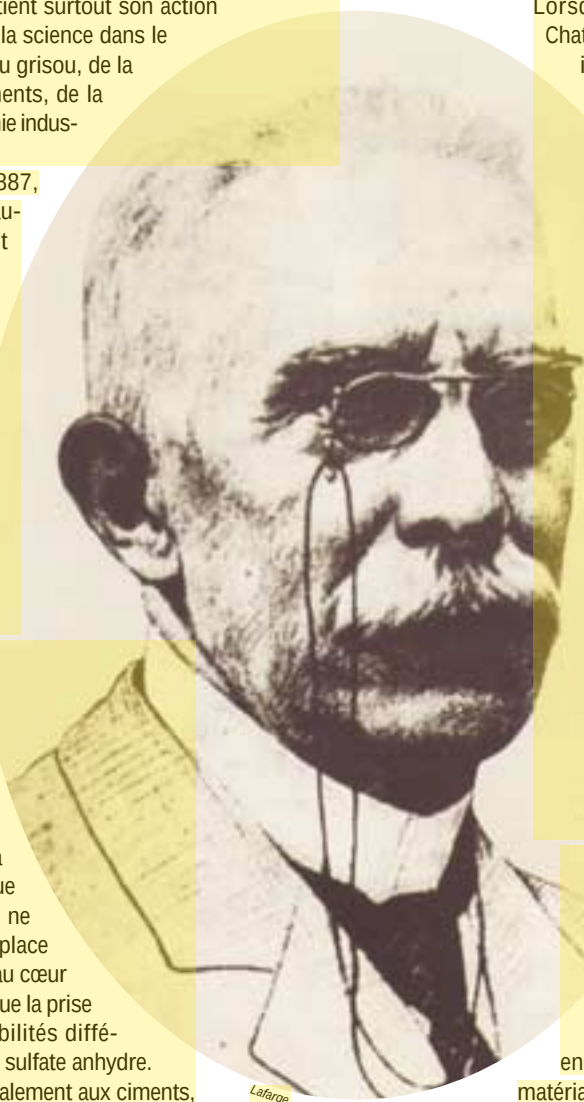
Suite à cette découverte, il s'intéressa à un fait curieux : l'hydratation du plâtre conduit à la formation d'une masse d'hydrates douée de caractéristiques mécaniques, tandis que l'hydratation de la chaux conduit à sa désagrégation. Il s'étonna que les amas d'hydrates de plâtre ne cristallisent pas en lieu et en place de l'anhydrite, mais plus loin, au cœur de la solution. Il montra alors que la prise du plâtre est due à des solubilités différentes du sulfate hydraté et du sulfate anhydre. Cette découverte s'applique également aux ciments,

qui prennent de la façon suivante : les minéraux anhydres se dissolvent dans l'eau ; comme leur solubilité est supérieure à celle du silicate de calcium hydraté, ce dernier précipite ; cette précipitation réduit les concentrations en éléments dissous et provoque une nouvelle dissolution qui engendre une nouvelle précipitation, etc.

Lorsqu'il poursuivit ses études du ciment, Le Chatelier découvrit un autre phénomène auquel il laissa son nom : «C'est un fait bien connu, écrit-il, que le durcissement des liants hydrauliques [plâtre ou ciment, par exemple] est accompagné de changements de volume plus ou moins importants ; mais les résultats obtenus jusqu'ici paraissent à première vue assez contradictoires, parce que l'on néglige habituellement de faire une distinction indispensable entre le volume absolu et le volume apparent. On suppose *a priori* qu'ils doivent varier dans le même sens ; cela n'est nullement nécessaire, et même, en réalité, c'est le contraire qui se passe.»

Le Chatelier montra que l'hydratation du ciment s'accompagne d'une diminution notable du volume absolu, et que ce phénomène permet de suivre la cinétique d'hydratation du ciment anhydre.

Aujourd'hui cette contraction, qui est resté longtemps un fait ayant peu de conséquences pratiques, devient importante : avec l'essor des bétons hautes performances, qui sont souvent caractérisés par une quantité d'eau réduite, la fissuration engendrée par le retrait dû à l'hydratation du matériau, est à éviter absolument.



Lafarge