

La principale conséquence visible du retrait est la fissuration. Il existe plusieurs sortes de retraits. Le Lerm* dresse le portrait des mécanismes de cette pathologie particulière.

Pathologie

Le retrait des bétons

La durabilité des ouvrages en béton armé ou précontraint est fortement dépendante de la qualité du béton, et en particulier de la zone d'enrobage. C'est en effet au travers de la porosité que peuvent migrer des agents agressifs (sulfates, chlorures, CO₂, etc.) susceptibles d'interagir avec les constituants du ciment et de provoquer l'apparition de désordres. Néanmoins, la compacité des bétons ne peut, à elle seule, être garante de la bonne tenue dans le temps. En effet, la manifestation de phénomènes de fissuration ouverte dans la zone d'enrobage peut augmenter les propriétés de transfert des bétons, aussi compacts soient-ils, et ainsi nuire à leur durabilité. Dans cette optique, la maîtrise de la fissuration précoce des bétons, liée aux phénomènes de retrait, apparaît essentielle.

1 > Qu'est-ce que le retrait ?

Le retrait correspond à des variations dimensionnelles mettant en jeu des phénomènes physiques avant, pendant ou après la prise des bétons. Lorsqu'elles ne sont pas maîtrisées par le ferrailage ou la présence de joints, ces variations dimensionnelles donnent lieu à l'apparition de fissurations précoces, d'ouverture conséquente. Les fissurations liées au retrait doivent être différenciées des phénomènes de fissuration fonctionnelle des ouvrages, ces derniers étant généralement maîtrisés par les règles de calcul, et restent compatibles avec la bonne tenue des ouvrages dans le temps, notamment en raison des faibles ouvertures des fissures.

Quatre types de retrait peuvent être à l'origine de l'apparition de fissures sur la surface des parements : retrait plastique, retrait de dessiccation, le retrait thermique et le retrait d'auto-dessiccation.

a - Le retrait de plastique est en relation avec des déformations par tassement général du béton frais, déformations qui peuvent être gênées et créer une fissuration de surface au droit d'obstacles tels que des armatures par exemple (fig. 1). Ce retrait est limité à la période précédant la prise du béton, lorsque ce dernier reste suffisamment déformable pour subir des tassements.

b - Le retrait de dessiccation est lié au séchage qui se manifeste avant, pendant et après la prise du béton. Dans des conditions courantes, il est de l'ordre de 1 mm/m. La fissuration qui en résulte (fig. 2 et 3) est due à la dépression capillaire qui se produit lorsque des ménisques d'eau se forment dans les pores capillaires du béton frais. Ce retrait, qui est donc consécutif à l'évaporation de l'eau, peut se manifester quelques minutes après la mise en œuvre du béton, et se poursuivre quelques semaines après. Il est piloté par la cinétique de dessiccation.

c - Le retrait thermique est lié au retour à température ambiante des pièces en béton ayant au préalable subi une élévation de température due aux réactions exothermiques d'hydratation du ciment. Ce retour à température ambiante est accompagné par une contraction qui génère des déformations empêchées susceptibles de conduire à l'apparition de phénomènes de fissuration. Ce type de retrait, qui ne concerne que des pièces d'épaisseur supérieure à 60 à 80 cm, se manifeste de quelques dizaines d'heures après la mise en œuvre, jusqu'à quelques semaines, sa durée étant dépendante de la nature des éléments en béton considérés (plus une pièce est massive, et plus la contraction thermique sera lente).

d - Le retrait d'auto-dessiccation est lié à la contraction du béton en cours d'hydratation et protégé de tout échange d'eau avec le milieu environnant. Il provient en fait d'un phénomène d'auto-dessiccation de la pâte de ciment consécutif à la contraction Le Chatelier (le volume des hydrates formés est plus petit que le volume de l'eau et du ciment anhydre initial). Le phénomène conduisant à la contraction est dû à des forces de traction capillaires internes, similaires à celles responsables du retrait plastique. Ce dernier type de retrait concerne plus particulièrement les bétons à hautes performances (BHP) ou à très hautes performances (BTHP). Il devient négligeable pour les bétons ordinaires.

Ces quatre types de retrait peuvent se cumuler à l'échelle d'un même béton (on parle ainsi du retrait total comme la somme des différents retraits). Enfin, le retrait d'auto-dessiccation et le retrait thermique intéressent la masse du béton, alors que les deux autres types de retrait concernent la périphérie des éléments en béton.

Il existe un cinquième type de retrait, le retrait de carbonatation, pour lequel il n'existe que peu de données expérimentales à l'heure actuelle. Ce retrait est lié aux réactions de carbonatation des constituants du ciment.

Fig. 1 • Représentation schématique du retrait de ressuage.

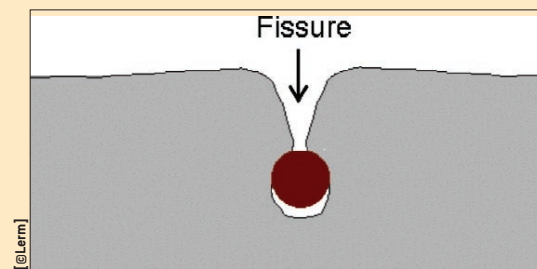


Fig. 2 • Retrait plastique à la surface d'une dalle en béton armé.

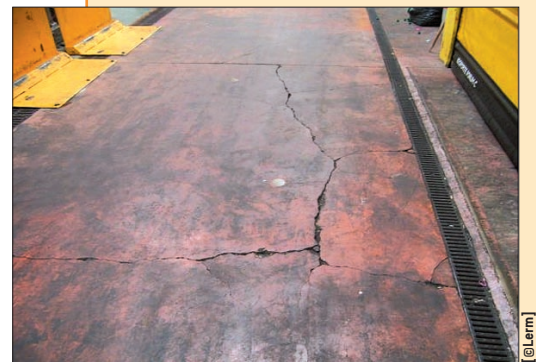


Fig. 3 – Ouverture importante des fissures de retrait.

Conséquence de la fissuration sur la durabilité des bétons armés

(les zones carbonatées sont incolores, et les zones non carbonatées sont roses).



Fig. 4 • Profondeur de carbonatation hors fissure.



Fig 5 et 6 • Carbonatation le long des fissures avec armatures corrodées (soulignées par les flèches vertes).

La mise en place d'une cure du béton permet de réduire la dessiccation.



La réparation des désordres liés au retrait correspond à un colmatage des fissures à l'aide de produits spécifiques.



2 > Quelles sont les conséquences du retrait ?

Dans tous les cas, la conséquence essentielle du retrait est l'apparition de phénomènes de fissuration (fig. 2) pouvant diminuer la durabilité des structures en béton armé ou précontraint, et/ou limiter leur capacité portante, notamment dans le cas de manifestation dans la masse. Cette fissuration peut conduire à limiter l'adhérence entre un matériau rapporté en surface (revêtement par exemple) et le support en béton.

Les conséquences de la fissuration sur la durabilité des structures en béton sont dues à l'augmentation de la cinétique de pénétration des agents agressifs présents dans le milieu environnant, au travers des fissures ouvertes sur les parements. La figure 3 montre ainsi l'impact que peut avoir une fissuration ouverte de surface sur un voile en béton armé affecté par un

phénomène de retrait plastique. En dehors de la fissure, la profondeur de carbonatation, liée à la diffusion du CO₂ atmosphérique dans le béton, est limitée à quelques millimètres sur les deux faces, et aucun désordre n'est observé. En revanche, le phénomène de carbonatation est accéléré le long des fissures traversantes, entraînant ainsi la corrosion des armatures recoupées par les fissures.

3 > Comment éviter, réduire ou contrôler le retrait ?

Dans la mesure où la fissuration de retrait est due à des mécanismes différents en fonction du type de retrait, les mesures préventives à considérer sont différentes. Il convient donc, en premier, d'identifier le ou les types de retraits susceptibles de se manifester pour un ouvrage donné. La limitation des effets liés au retrait de ressuage peut être obtenue en optimisant la formulation des bétons, en terme de dosages en ciment, de dosage en éléments fins et de dimension maximale des granulats, ainsi qu'en maîtrisant la quantité d'eau de gâchage afin de limiter le ressuage. Dans cette optique, l'utilisation d'adjuvants réducteurs d'eau, ainsi qu'une étude soignée des plans de ferrailage et de la géométrie des pièces, constituent des solutions préventives indispensables.

La prévention des effets liés au retrait thermique peut être obtenue en utilisant des ciments à faible chaleur d'hydratation, tels que définis par la norme NF EN 197-3. Une protection de la surface des parements afin de limiter les risques de dessiccation accentués par l'élévation de la température de la masse du béton, constitue une mesure préventive complémentaire efficace. Enfin, la fissuration due au retrait d'auto-dessiccation peut être limitée en prenant en compte, dans le calcul, les contraintes engendrées, et en les maîtrisant par l'ajout d'armatures passives ou de précontrainte.

La prévention des effets liés au retrait plastique est obtenue en limitant la dessiccation du béton, c'est-à-dire l'évaporation de l'eau avant et pendant le durcissement. Dans cette optique, la mise en place d'une cure du béton, dans le cas où les risques d'évaporation sont optimaux (températures ambiantes élevées, vent), permet de réduire la dessiccation. Les procédés de cure peuvent correspondre à une humidification régulière du parement, à la mise en place d'une feuille de polyane, ou encore à l'utilisation de produits de cure. La maîtrise de l'humidité des granulats et des coffrages, l'utilisation de fibres, ainsi que l'utilisation de quantités d'eau de gâchage peu élevées (emploi d'adjuvants réducteurs d'eau) permettent aussi de réduire la fissuration associée au retrait plastique.

La limitation des effets liés au retrait thermique peut être obtenue en utilisant des ciments à faible chaleur d'hydratation, tels que définis par la norme NF EN 197-3. Une protection de la surface des parements afin de limiter les risques de dessiccation accentués par l'élévation de la température de la masse du béton, constitue une mesure préventive complémentaire efficace. Enfin, la fissuration due au retrait d'auto-dessiccation peut être limitée en prenant en compte, dans le calcul, les contraintes engendrées, et en les maîtrisant par l'ajout d'armatures passives ou de précontrainte.

4 > Que faire lorsque le retrait est avéré ?

Lorsqu'une fissuration de retrait est avérée sur un ouvrage, il est essentiel de vérifier que le phénomène est stabilisé, sous peine de réaliser des réparations peu durables.

La réparation des désordres liés au retrait, lorsqu'elle est possible, correspond à un colmatage des fissures à l'aide de produits spécifiques dont certains peuvent présenter une élasticité permettant de reprendre, dans une certaine mesure, les déformations liées à la poursuite du phénomène s'il n'est pas complètement stabilisé.

Christophe Carde, directeur technique du LERM