



Maturométrie des bétons

Septembre 2020

La maturométrie est une méthode d'essai non destructive, appliquée au béton au jeune âge, et utilisée sur de nombreux chantiers de génie civil et dans les usines de préfabrication.

Principes de la maturométrie

La maturométrie permet d'évaluer et de prévoir la **résistance d'un béton** au jeune âge, en temps réel, à partir du suivi de sa température au cours de son **durcissement**.

Le suivi thermique du béton permet en effet :

- de déterminer par calcul le degré d'avancement des réactions d'hydratation correspondant au durcissement du béton ;
- de connaître l'état de « mûrissement » du béton, en intégrant les effets couplés de la température et du temps sur la cinétique de mûrissement du béton.

NOTA : La maturométrie a été développée à l'origine pour déterminer, par une autre méthode que la rupture des éprouvettes, la résistance des bétons traités thermiquement. Elle a permis ensuite d'optimiser les cycles de traitement thermique afin de réduire les coûts énergétiques et d'améliorer la productivité.

Le concept est basé sur la notion d'« âge équivalent » et sur la loi d'Arrhénius :

- l'« âge équivalent » correspond au temps durant lequel le béton doit être maintenu à une température de référence (20 °C) afin d'obtenir la même valeur de maturité et donc la même résistance que dans les conditions réelles dans l'ouvrage ;
- la réaction d'hydratation du ciment est une réaction chimique qui obéit à la loi d'Arrhénius, reliant la vitesse de la réaction chimique à la température du béton. L'application de la loi d'Arrhénius permet de transformer un historique de température quelconque en une valeur de maturité, à partir de laquelle on peut déduire la résistance mécanique.

Histoire thermique d'un béton

Le principe de la maturométrie est basé sur le postulat d'une corrélation entre l'histoire thermique du béton (et donc la quantité de chaleur dégagée par le béton) et ses performances mécaniques à la **compression**. Deux bétons de même **formulation** et présentant la même maturité auront les mêmes résistances, quelles que soient les températures qu'ils ont subies pendant leur mûrissement.

La résistance d'un béton au jeune âge ne dépend que de son histoire thermique qui décrit l'état de « mûrissement », c'est-à-dire l'avancement des réactions d'hydratation, en fonction du temps et de la température du béton à tout instant.

NOTA : les réactions d'hydratation du ciment sont exothermiques. Elles entraînent un dégagement de chaleur (chaleur d'hydratation) qui provoque un échauffement du béton plus ou moins important.

Cette histoire thermique dépend d'un grand nombre de facteurs que sont : le **type de ciment**, la température des constituants, la formulation du béton, les apports thermiques internes (chaleur d'hydratation) et externes (malaxeurs, coffrages, etc.). Plus la température est élevée, plus les réactions d'hydratation sont accélérées et le développement des résistances mécaniques rapide.

Pour un béton donné, après une phase d'étalonnage (mesure de l'énergie d'activation), un simple suivi thermique du béton va donc permettre de prédire les résistances mécaniques.

Application de la maturométrie

La maturométrie, méthode d'essai non destructive, consiste à déterminer le degré d'avancement des réactions d'hydratation correspondant au durcissement du béton en mesurant, à partir du suivi de la température au sein de l'ouvrage, la chaleur dégagée par le béton au cours de son durcissement.

Cette méthode d'essai s'applique au béton au jeune âge. Elle est basée sur des calculs et nécessite un ensemble de matériels dénommé le maturomètre, qui comprend des appareils de mesure (câbles thermocouple, sondes résistives) et de stockage des données, ainsi qu'un logiciel de traitement des données.

L'application consiste à évaluer en temps réel l'évolution thermique et donc mécanique du béton dans l'ouvrage en cours de réalisation.

Elle nécessite d'intégrer l'ensemble des facteurs influençant cette évolution :

- composition du béton (et son énergie d'activation apparente),
- géométrie de l'ouvrage,
- nature du coffrage,
- isolation ou chauffage du béton, température initiale du béton frais,
- effets couplés de la température et du temps sur la cinétique de mûrissement du béton.

L'utilisation de la maturométrie en différents points d'un ouvrage consiste à :

- déterminer préalablement la courbe d'étalonnage du béton : évolution de la résistance en compression, en fonction du temps de mûrissement, pour une température constante de 20 °C ;
- mesurer les variations de température en différents points de l'ouvrage ;
- transformer pour chaque échéance de mesure de la résistance, l'âge réel du béton en âge équivalent à 20 °C grâce à la loi d'Arrhénius ;
- transformer ces mesures en résistance mécanique réelle dans l'ouvrage.

Intérêt de la maturométrie

La maturométrie permet :

- d'obtenir une bonne représentativité des résistances du béton au jeune âge (informations quasi instantanées) dans les différentes parties d'un ouvrage grâce aux sondes positionnées dans les parties stratégiques de l'ouvrage ;
- de gérer avec précision les opérations de **décoffrage**.

Elle est très utile pour des opérations qui nécessitent une mesure fiable de la résistance du béton dans l'ouvrage afin de pouvoir optimiser les durées des cycles de production.

Domaines d'application de la maturométrie

La maturométrie permet, par la simulation du comportement thermomécanique du béton, de contrôler la régularité des productions de béton, de prédire les gradients thermiques dans différentes parties de l'ouvrage (détermination des risques de fissuration dus aux gradients thermiques sous le dégagement de chaleur généré par l'hydratation du ciment) et d'évaluer l'évolution des résistances avec une bonne représentativité.

Elle est utilisée pour gérer au mieux les opérations de **décoffrage** (dès que la résistance du béton est suffisante ou décoffrage à même maturité), la maturation des éléments préfabriqués et la mise en tension des câbles de précontrainte (mise en précontrainte dès que la résistance suffisante est atteinte).

Elle permet aussi de contrôler les aspects esthétiques de **parement** par décoffrage à maturité constante.

Document de référence

Guide Technique LCPC- Résistance du béton d'ans l'ouvrage : la maturométrie. Editions du LCPC, mars 2003.



Retrouvez toutes nos publications
sur les ciments et bétons sur
infociments.fr

Consultez les derniers projets publiés
Accédez à toutes nos archives
Abonnez-vous et gérez vos préférences
Soumettez votre projet