

SYNAD

Infos

Le retrait des bétons

Edito



A l'occasion de cette 9^{ème} édition du SYNAD Infos, je suis heureux de signer mon 1^{er} édito en tant que Président du SYNAD.

Fort de ses 40 ans d'existence, le SYNAD est devenu un acteur reconnu et important au sein de la filière béton. Sa préoccupation permanente est le soutien de la profession au regard des avancées techniques, réglementaires et environnementales.

Depuis 10 ans, le SYNAD milite pour une plus grande facilité de mise en œuvre des bétons en préconisant les bétons fluides à autoplaçants tout en luttant contre les ajouts d'eau sur chantier afin de maintenir une qualité constante du béton. Ces bétons dits spéciaux sont d'ailleurs de plus en plus utilisés par les sociétés de construction, soucieuses d'améliorer le confort d'utilisation, la sécurité et les nuisances sur chantiers.

Le confort et la sécurité des utilisateurs sont les principales motivations du SYNAD qui ont donné lieu cette année à la création de la Commission Sécurité. Les objectifs de cette Commission sont de réaliser un état des lieux de l'accidentologie au sein de la profession et de l'interprofession afin de cibler les actions à mettre en place avec les syndicats concernés.

La filière béton connaît des évolutions permanentes et le SYNAD les accompagne au travers des différentes problématiques rencontrées.

Le béton est un matériau noble et le SYNAD souhaite en faire la promotion pour ses qualités intrinsèques. Nous voulons mettre en avant toutes ses facettes qui permettent, notamment aux prescripteurs et architectes, de réaliser des projets de forme complexes, durables et esthétiques.

La mise en valeur du béton passe aussi par l'utilisation de colorants et de fibres, c'est pourquoi le SYNAD a décidé d'ajouter ces deux familles de produits aux additifs suivis par les différentes commissions.

Enfin, le SYNAD se veut proactif et souhaite fournir à la filière les évolutions de la recherche pour répondre à leurs problématiques de terrain. Soucieux d'améliorer la qualité des bétons, le SYNAD a travaillé sur leur retrait. Un phénomène qui mérite toute notre attention car il influe considérablement sur la durabilité du matériau ainsi que l'esthétique des bâtis.

Nous souhaitons que ce SYNAD Infos, consacré aux différents types de retrait et à leur traitement, vous apporte les réponses pour la réussite de vos chantiers.

Claude Le Fur
Président du SYNAD





A la une

Le retrait des bétons et mortiers est un phénomène naturel complexe. En effet, il est inhérent en partie à l'essence même des matériaux hydrauliques mais aussi à d'autres paramètres (rapport E/C, dosage ciment, formule béton, conditions climatiques, etc.). Ses conséquences visibles sont des fissurations qui créent à court terme des désordres esthétiques, et parfois même structurels, et qui à long terme favorisent la pénétration d'agents extérieurs diminuant sa durabilité.

Historiquement, les joints de fractionnement ont d'ailleurs été développés pour limiter les conséquences de ce phénomène naturel. La technologie du béton a énormément évolué sur ces 3 dernières décennies et les connaissances actuelles permettent d'en maîtriser de nombreux paramètres grâce à l'ajout d'adjuvants et d'additifs.

Les adhérents du SYNAD travaillent depuis longtemps sur ces problématiques courantes que rencontrent les utilisateurs de béton. Ils ont développé des solutions permettant de limiter fortement son retrait et ses conséquences parfois graves.

Depuis l'invention du ciment hydraulique artificiel il y a près de 2 siècles, le béton, matériau le plus utilisé dans le monde, est toujours en constante évolution. On voit même aujourd'hui des recherches sur la « cicatrisation des fissures du béton » grâce à des phénomènes biochimiques impliquant des micro-organismes.

Ce SYNAD Infos a pour objet de décrire les principaux types de retrait et d'apporter quelques éléments de solutions simples et facilement applicables.

Le retrait est une déformation dimensionnelle (contraction) à l'état frais ou à l'état durci du matériau béton. Ce phénomène n'est pas lié à une application de charge extérieure. Le retrait se manifeste par une contrainte de traction qui, lorsqu'elle dépasse la résistance à la traction du béton, se traduit par des fissures *(NB : la résistance à la traction du béton est environ 10 fois plus faible que sa résistance à la compression)*.

Ces fissures nuisent alors au béton :

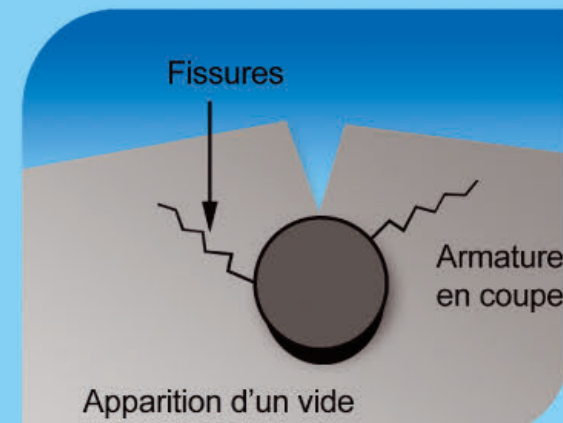
- Baisse de la résistance de la structure.
- Réduction de la durabilité du béton :
 - Facilitation de la pénétration d'agents extérieurs tels que chlorures, pluies acides, etc.
 - Plus grande sensibilité au gel/dégel.
- Dégradation de l'esthétique du béton.
- Coûts additionnels de réparation.

Tassement plastique

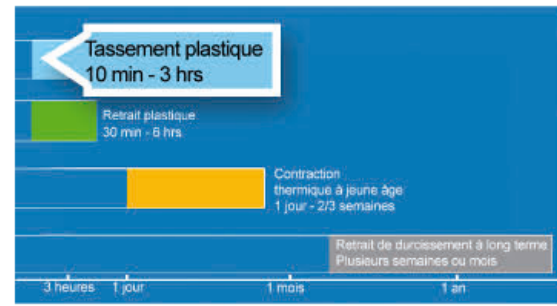
Il intervient juste après le coulage et se manifeste par un tassement vertical du béton (avec ou sans ségrégation) accompagné de ressasse.

Causes possibles

- E/C trop élevé.
- Mauvaise distribution granulair (courbe discontinue ou irrégulière).
- Manque de fines.
- Epaisseurs de bétons différentes.



Tassement du béton



Principales solutions préventives sur le béton*



Béton fibre

Travailler sur la formulation béton :

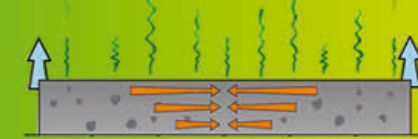
- Réduire le E/C : ajout d'un plastifiant-réducteur d'eau ou d'un superplastifiant-haut réducteur d'eau.
- Optimiser le squelette granulaire et la quantité de fines.
- Prévention du tassement par ajout d'un agent de cohésion ou de fibres synthétiques (type polypropylène).



Micro-fibres synthétiques

Retrait plastique

Aussi appelé retrait d'évaporation, il se manifeste par un départ d'eau plus ou moins rapide du béton frais selon les conditions climatiques (température extérieure et température du béton, humidité relative, vent).

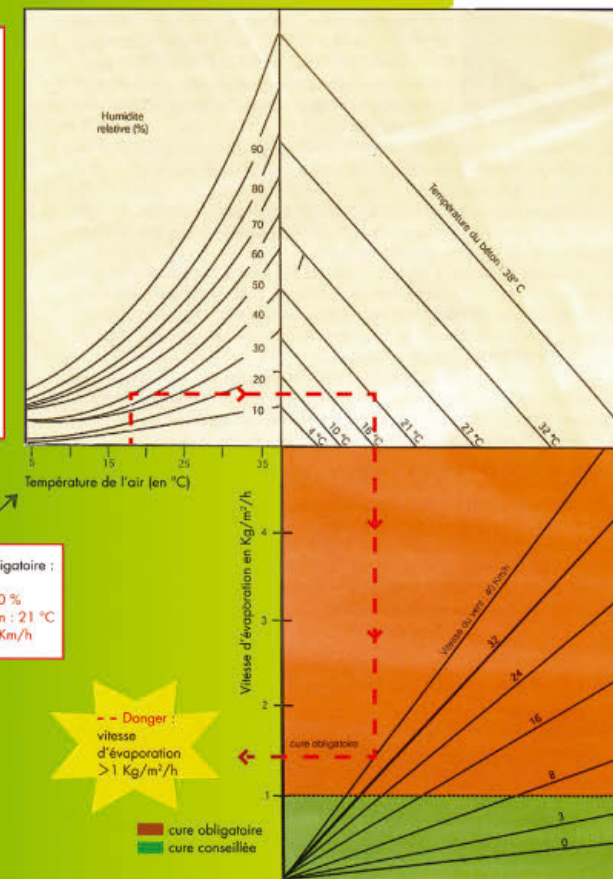


Causes possibles

- Forte évaporation (températures élevées, vent fort, atmosphère sèche).
- Absorption du support.
- E/C trop élevé.

Document ACI 305

Abaque permettant de calculer la vitesse d'évaporation de l'eau à la surface du béton en fonction des conditions atmosphériques (température, humidité relative, vitesse du vent et température du béton).

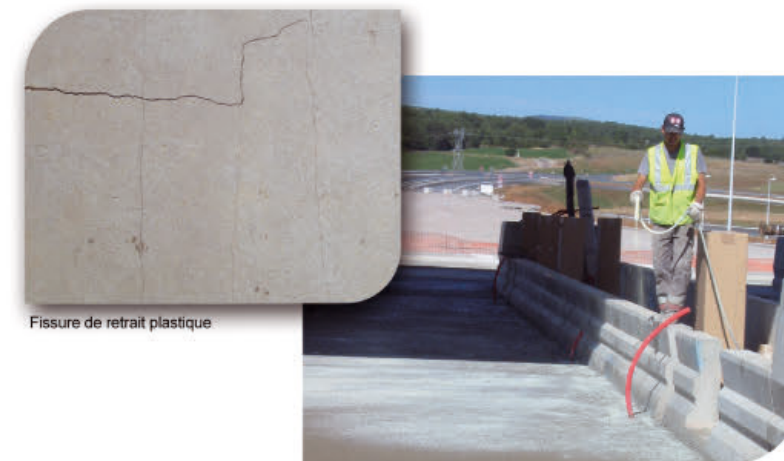


Exemple de cure obligatoire :
air à 18 °C
humidité relative : 50 %
température du béton : 21 °C
vitesse du vent : 40 Km/h

== Danger ==
vitesse d'évaporation > 1 Kg/m²/h

■ cure obligatoire
■ cure conseillée

Principales solutions préventives sur le béton*



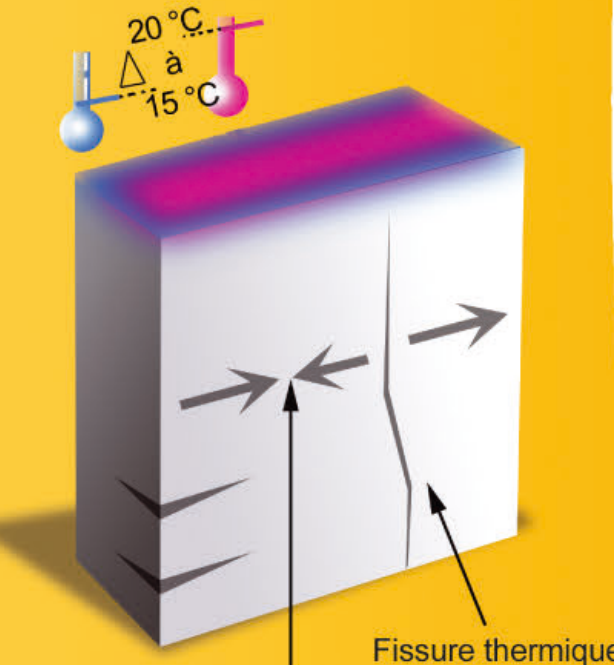
Pulvérisation d'un produit de cure

- Utiliser un produit de cure.
- Mouiller le fond de forme ou mettre un polyane.
- Ajouter un plastifiant-réducteur d'eau ou un superplastifiant-haut réducteur d'eau.
- Ajouter des fibres synthétiques.
- Ajouter un accélérateur de prise (température < 10 °C).

* Cette liste d'actions préventives sur le béton est non exhaustive et ne prend pas en compte d'autres paramètres extérieurs qui pourraient aussi influencer de manière significative la diminution du retrait (mise en œuvre, vibration, coffrage, conception, etc.). Elle est principalement orientée sur la formulation du béton.

Retrait thermique

Il se produit lors du refroidissement du béton après avoir atteint le pic de température maximal lors de l'hydratation. Le gradient thermique entre le cœur du béton et sa surface peut alors engendrer des contraintes supérieures à celles que peut encaisser le matériau à ce moment là.

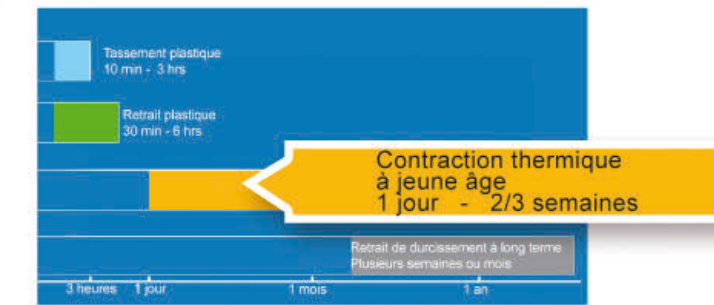


Contrainte de traction

Fissure thermique

Causes possibles

- Gradient de température trop important :
 - Nature et dosage ciment.
 - Volume de coulage trop important.
 - Delta entre température extérieure et température du béton frais.



Principales solutions préventives sur le béton*



Réduire l'exothermie du béton :

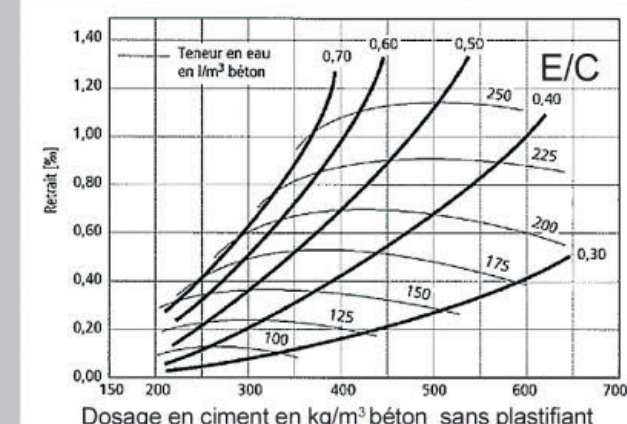
- Utiliser des ciments "lents" et à faible chaleur d'hydratation.
- Ajouter un retardateur de prise pour éviter de cumuler le pic de température diurne avec le pic maximal dû à l'hydratation.
- Abaisser la température du béton frais (gâcher avec de la glace ou de l'eau froide par exemple).
- Eviter également un refroidissement trop rapide de la surface du béton après décoffrage.

Retrait de durcissement

• **Retrait endogène** dû à l'hydratation du ciment (Contraction de « Le Chatellier ») : le volume des hydrates formés est inférieur à la somme des volumes des 2 constituants de départ, ciment et eau).

Causes possibles

- Inhérent à la nature du ciment Portland.



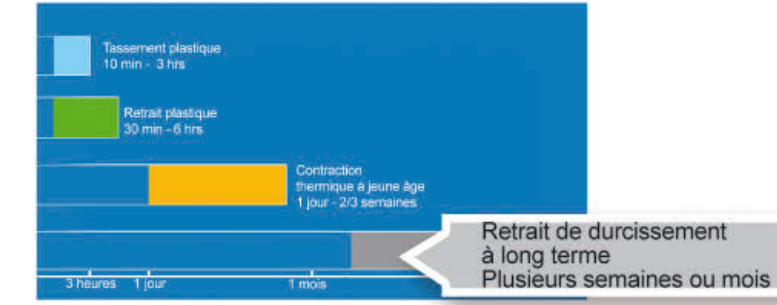
Influence du dosage en ciment et du rapport e/c sur le retrait de dessiccation des bétons et mortiers (prismes 100 mm x 100 mm x 400 mm, 5 jours de conservation en milieu humide suivis de conservation à 50 % hum. rel. [12, 14]). Dessin 178

« Bulletin du Ciment, N°4/2001, TFB, Wildegg Suisse »

• **Retrait de séchage de durcissement (départ d'eau) ou retrait exogène.**

Causes possibles

- E/C élevé.
- Volume de pâte trop élevé.
- Conditions de vie du béton. (milieu humide ou sec).



Principales solutions préventives sur le béton*



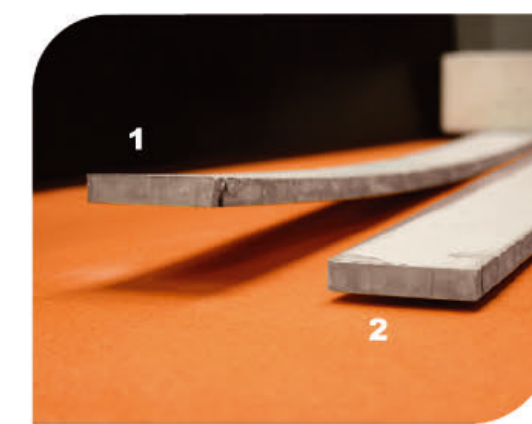
Retrait endogène

- Utiliser un superplastifiant-haut réducteur d'eau pour optimiser le dosage en ciment et le E/C.
- Choisir un ciment à retrait le plus faible possible.



Retrait de séchage

- Utiliser un plastifiant-réducteur d'eau ou un superplastifiant-haut réducteur d'eau.
- Utiliser un agent réducteur de retrait.



1 - Phénomène de gauchissement sur béton témoin.
2 - Béton avec agent réducteur de retrait.

Face à face



François de Larrard
Directeur de Recherche
à la Direction Scientifique
de l'IFSTTAR

Comment avez-vous vu évoluer le traitement du retrait des bétons au cours de votre carrière ?

Tout d'abord, je souhaite préciser que je répondrai avec le regard et l'expérience d'un chercheur. Je n'ai pas la connaissance opérationnelle et terrain que certains de vos lecteurs peuvent avoir, même si je suis intervenu sur de nombreux chantiers au cours de ma carrière.

Depuis le début des années 1990, on distingue mieux les différents types de retrait tels que le retrait endogène, le retrait de dessiccation et le retrait thermique grâce notamment aux bétons à hautes performances BHP. Cette meilleure connaissance des retraits a permis de développer des méthodes de contrôle adaptées pour chaque type. Cependant, ce phénomène n'est pas suffisamment pris en compte dans les cahiers des charges, notamment sur les questions liées à la résistance ou la durabilité des bétons.

Quelle doit être, selon vous, la prise en compte du paramètre retrait dans l'élaboration d'une formule de béton ?

Cela dépend de l'application.

Pour une pièce de béton préfabriquée, stockée durant une certaine période, la majeure partie du retrait a déjà eu lieu avant la mise en place dans l'ouvrage. Le retrait n'a pas eu d'impact car la pièce est stabilisée lors de son utilisation.

En revanche, lors de la construction d'une structure par phase, avec parties solidaires les unes des autres, cela est plus contraignant. Ainsi l'IFSTTAR a travaillé sur*

la construction d'un ouvrage massif avec des épaisseurs de plus d'un mètre, impliquant des levées successives. Les retraits, notamment thermique et endogène, doivent être partie intégrante du cahier des charges, afin de maîtriser leurs effets. La formulation des bétons est un bon moyen de contrôler les retraits.

Dans le projet en question, chaque levée nécessitait un temps de repos d'environ une semaine, pour permettre aux retraits thermique et endogène de se faire. L'IFSTTAR a proposé une formulation de BHP permettant de réduire le taux de fissuration, à l'aide de CEM I, d'additions calcaires, de fumée de silice et d'un superplastifiant / haut réducteur d'eau. Cette formulation a permis de développer des résistances à la compression supérieures, tout en dégageant moins de chaleur d'hydratation, grâce aux additions, et donc de diviser par deux le taux de fuite de l'ouvrage.

Dans certains cas, le retrait peut parfois être utile s'il est maîtrisé. C'est le cas d'un procédé de chaussée mince en béton à hautes performances dit « moquette BHP », pour laquelle le cahier des charges impose un retrait minimum à long terme de 700 à 800 $\mu\text{m}/\text{m}$, afin d'éviter le flambement des dalles en cas de dilatation par temps chaud.

Quels rôles peuvent jouer les adjuvants dans une formulation de béton pour limiter le retrait ?

Pour expliquer l'importance des adjuvants, nous pouvons prendre l'exemple du tassement, qui est une forme de retrait vertical gravitaire du béton se produisant avant la prise, par perméation de l'eau à travers le squelette granulaire. Tout constituant pouvant empêcher le mouvement de l'eau aura un effet bénéfique. Par exemple, les fillers, les agents de cohésion ou les rétenteurs d'eau vont retenir l'eau et de ce fait, empêcher la formation du tassement. Les accélérateurs de prise peuvent aussi diminuer le tassement en laissant moins de temps au ressuage pour se produire, les retardateurs ayant l'effet contraire.

(suite au dos)

Face à face



(suite de l'interview)

Il y a également les plastifiants et les superplastifiants, qui permettent d'atteindre la consistance désirée, sans ajout d'eau évitant ainsi un ressuage excessif.

Il y a bien sûr les agents réducteur de retrait, qui ont un effet significatif, surtout lors des 3 premiers mois. Nous en avons justement utilisé récemment, lors d'essais pour la formulation de béton d'une dalle de piste d'aéroport comprenant uniquement des granulats issus de la démolition. Le retrait est certainement la cause principale de détérioration des dalles de piste. Une dalle sans retrait verrait sa durée d'utilisation augmenter de façon spectaculaire !

Où en sommes-nous aujourd'hui dans la maîtrise du retrait du béton et comment voyez-vous l'avenir sur ce sujet ?

Il y a eu beaucoup de progrès ces dernières années tant au niveau de la prévision que du contrôle du retrait, mais il reste beaucoup à faire ! Il existe par exemple la méthode, toujours en développement, des polymères super absorbants. Intégrées dans le béton au moment du malaxage, ces

molécules peuvent absorber plusieurs fois leurs poids en eau. Elles relarguent ensuite leur eau au fil des besoins du ciment, ce qui réduit d'autant le retrait endogène.

Suivant le même principe déjà utilisé pour les bétons légers, il y a les granulats poreux (schistes ou argiles expansés). Nous voyons en ce moment plusieurs publications sur le sujet, qui soulignent l'intérêt de la méthode pour réaliser des ouvrages durables.

Enfin, la prise en compte du développement durable peut aussi remettre à l'honneur certains matériaux comme les bétons compactés au rouleau, qui consomment peu de liant et présentent des retraits très faibles.

En conclusion, moins de fissurations signifie une meilleure durabilité !

François de Larrard
Directeur de Recherche
à la Direction Scientifique
de l'IFSTTAR



Affilié à la Fédération
Européenne des Adjuvants

SYNAD
3 rue Alfred Roll
75849 Paris Cedex 17
Tél. 01 44 01 47 01 - Fax 01 44 01 47 47
Président : Claude Le Fur

Directeur de la publication : Julien Schloupt
Rédactrice en Chef : Karine Buatois
Imprimeur : Colorline - Louhans (71)
Parution : Octobre 2011
Dépôt légal : 4^{ème} trimestre 2011
ISSN : En cours d'enregistrement

*(anciennement le LCPC, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées devenu maintenant IFSTTAR : Institut Français des Sciences et Technologie des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux)

Adjuvants du béton :
C'est toute la différence