

## **COMPORTEMENT DES BETONS SPECIAUX AU FEU**

**Ahmed GARGOURI\*, Abdelmonem MASMOUDI\*\***

*\*Technologue \*\*Maître technologue ISET de SFAX*

---

**RESUME :** L'objectif de ce travail est l'étude du comportement des bétons spéciaux au feu.. Cette étude est faite sur des bétons de différentes natures. Des mécanismes utilisés pour le déroulement des essais sont tout d'abord présentés. En premier volet, une série d'essai est réalisée pour quantifier l'évolution des températures à l'intérieur d'un élément en béton en fonction du temps et de l'exposition du feu. En deuxième volet, des essais sont effectués sur des éprouvettes pour mesurer leur degrés de résistance au feu. La comparaison des résultats obtenus a permis de dégager certaines recommandations pour réussir un béton résistant au feu.

**ABSTRACT :** The objective of this work is the study of the behaviour of the special concretes to fire. This study is made on concretes of various natures. Mechanisms used for the schedule test are presented. Out of first shutter, a series of test is made to quantify the change of the temperatures in a concrete element according to time and exposure to fire, in second shutter, tests are carried out on samples to measure their degree of fire resistance. The comparison of the results obtained made it possible to release some recommendations to make a success of a resistant concrete to fire.

**ملخص :** يهدف هذا البحث لدراسة تفاعلات الخرسانة الخاصة مع الحرائق . هاته الدراسة مكنت من مراقبة سرعة انتشار الحرارة داخل عينات مخبرية من الخرسانة المختلفة في مرحلة أولى ثم قياس خاصية المقاومة مع مرور الوقت بعد تعرض العينات للحرارة العالية في مرحلة ثانية. النتائج المحصلة تساعد على اقتراح توصيات تمكن من الحصول على خرسانة مقاومة الحرائق.

## **1 INTRODUCTION**

Pour l'ensemble des ouvrages en béton armé, la réglementation fixe un ensemble d'exigences sur la conception des bâtiments et sur le choix des matériaux.

L'utilisation des bétons spéciaux dans le domaine de génie civil est devenue primordiale vu le coût élevé des armatures. L'intérêt des intervenants est accru au point de vue comportement et résistance au feu de ses bétons. Les bétons spéciaux objet de cette étude sont :

- Le béton courant B30 (de référence).
- Le béton de sable autoplaçant BSAP
- Le béton à haute performance BHP
- Le béton de fibres métalliques BFM

Un matériau doit être défini suivant ses caractéristiques d'isolement, son pouvoir coupe feu et sa stabilité à haute température suivant un axe de temps bien défini. Ces critères permettent de déduire la résistance au feu, l'étanchéité aux flammes et le degré de propagation thermique dans le matériau.

Le pouvoir coupe feu d'un matériau nous amène à identifier les mesures possibles pour améliorer la sécurité incendie dans les bâtiments. Ces mesures comportent les constituants du matériau béton et notamment sa composition.

L'incendie est un phénomène aléatoire qui se propage dans un local qui peut être clos ou exposé, c'est à ce stade qu'il est important que les matériaux présentent des caractéristiques propres pour assurer la stabilité de la structure et réduire la propagation de la température.

La résistance au feu est la caractéristique qui permet d'apprécier le comportement des matériaux face à ces phénomènes.

## **2- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

Plusieurs travaux de recherche sur le comportement des bétons au feu ont été réalisés et qui ont aboutit à des recommandations pour une meilleure définition des règles de construction.

La résistance à la compression du béton reste, du point de vue de l'ingénieur, la propriété la plus importante du matériau [1]. La perte relative de la résistance à la compression est plus faible lorsque le rapport E/C est plus élevé [2]. Il n'y a pas de différence dans cette perte entre un béton confectionné avec un ciment portland seul et un autre comportant des ajouts tel que les cendres volantes ou le laitier de haut fourneaux etc.[2]. Cependant le béton à haute performance donne lieu à des éclatements explosifs associés à des hautes températures [2].

Pour tous les granulats, le pourcentage de perte de résistance est indépendant de la résistance initiale du béton. La séquence de chauffage et de

chargement influence la résistance résiduelle. Spécifiquement, un béton chauffé sous chargement conserve une plus grande part de sa résistance, alors que le chauffage des éléments non chargés conduit à de plus faibles résistances par la suite lorsque le béton refroidit [2]. L'application d'une charge sur un béton encore chaud mène à des valeurs intermédiaires.

L'application d'eau sur un béton chaud lors de la lutte contre un incendie est équivalent à une trempe, elle provoque une grande chute de la résistance en raison des très importants gradients thermiques créés dans le béton [3].

Le béton peut disposer entre 50% et 60% de sa capacité de résistance à 600°C. Ce qui constitue un avantage par rapport à l'acier, qui à cette température présente un affaiblissement de ses caractéristiques mécaniques de 75% à 80% [4].

### **3 EXPERIMENTATIONS**

#### **3-1 MATÉRIAUX**

Quatre types de béton formulés avec un ciment CPI 42.5	
Béton classique B30	G/S=1.37
Béton haute performance- BHP	G/S=1.67
Béton de sable autoplaçant-BSAP	G/S=0.25
Béton aux fibres métalliques- BFM	G/S=1.2

#### **3-2 ESSAI DE CHAUFFAGE**

Le chauffage est effectué sur des éprouvettes cylindriques 16 x 32 à 28 jours d'âge dans des fours, et cela pour des paliers de température de 100 ; 200 ; 400 et 800°C. La durée de chauffage pour chaque température et pour chaque béton est de 0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 ; 3 et 4 heures. L'écrasement des éprouvettes s'effectue après refroidissement naturel à l'air ambiant.



*Fig (1) : Four électrique : 600°C*

### 3-3 ESSAI DE PROPAGATION DU FEU

Un dispositif que nous avons conçu est monté pour mesurer la propagation de la chaleur de l'extérieur jusqu'à l'intérieur des éprouvettes.

*Fig (2) : Dispositif de chauffage*

Cinq capteurs de température de type j et k sont placés dans l'éprouvette à des intervalles de deux centimètres. Ces capteurs de température sont liés à un analyseur thermique et une chaîne d'acquisition qui permet de tracer en temps réel la courbe de propagation de la chaleur.

*Fig (3) Disposition des thermo-couples*

Une source de flamme est fixée sur une glissière qui permet de contrôler le degré de chauffage. Un bloc en plâtre et laine de verre est prévu pour focaliser la flamme sur la face de l'éprouvette. La température de la flamme est mesurée avec un enregistreur de température.

L'essai est arrêté lorsque la température au thermocouple le plus proche devient stable pour un intervalle de 20 mesures. Cette courbe est complétée par un palier de refroidissement jusqu'à stabilisation à la température ambiante.



Fig(4) : Source de flamme

#### 4- RESULTATS ET INTERPRETATION

##### 4-1 EVOLUTION DES TEMPÉRATURES DANS UN BÉTON DURCI

Soumis à une haute température correspondant à celle d'un incendie, l'évolution de la chaleur à l'intérieur d'un élément en béton chauffé d'une seule face passe par trois paliers.

- Un palier de pente accentuée jusqu'à 100°C
- Un palier de stabilisation à 100 °C
- Un palier parabolique qui se stabilise à partir de 390°C

Dans le premier palier, le béton classique B30 n'atteint au bout d'une heure que 375°C à 2 cm de profondeur et 80°C à 8 cm. Le BFM présente une plus grande résistance à la propagation de la chaleur, en effet il n'atteint au bout d'une heure que 260°C à 2 cm de profondeur.

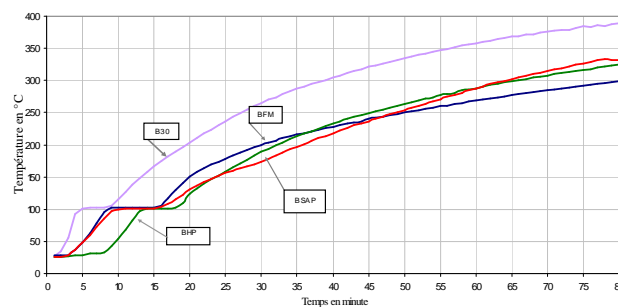


Fig (5): Propagation de la chaleur à une profondeur de 2 cm

Pour les quatre bétons, les plus grandes températures atteintes en masse au bout de 3 heures de chauffage est de 420°C pour le BAP et 370°C pour le BFM. Le BHP et le B30, sont respectivement 400 et 420°C. Ces températures sont très en déca de celle pour lesquelles les caractéristiques du matériau sont affectés de façon sensible (environ 600°C). Elles montrent l'efficacité de la protection assurée par une paroi en béton aussi bien du point de vue de sa stabilité que de la propagation du feu (fig6).

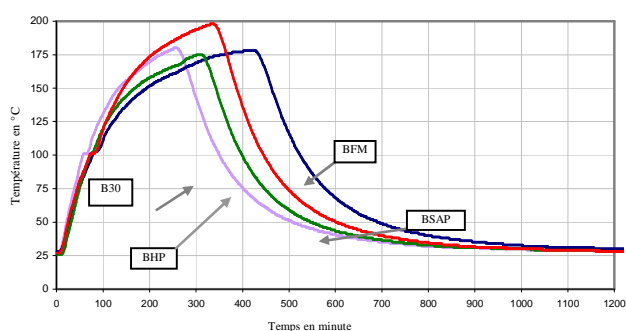
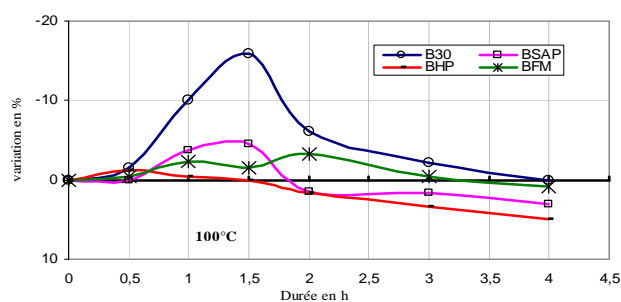


Fig (6) ; Propagation de la chaleur à une profondeur de 8 cm

#### VARIATION DE LA RESISTANCE

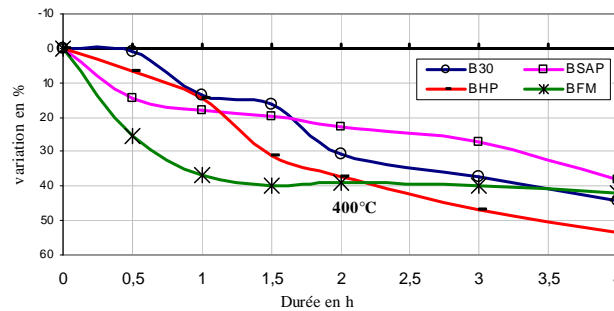
Un béton classique exposé à une température de 100°C pendant 1.5 heures présente une augmentation de résistance de l'ordre de 16%. Pour le BHP, il ne présente aucune augmentation, le BFM et le BAP présentent respectivement une augmentation de l'ordre de 2% et de 5% (fig7).



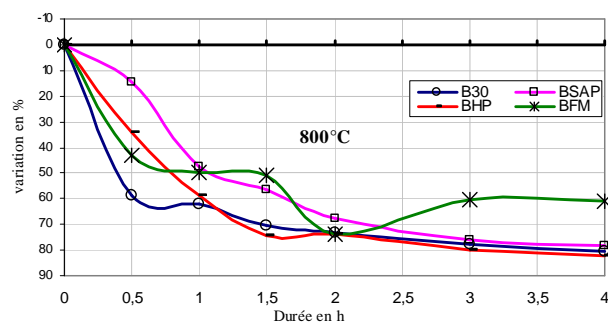
Fig(7):Variation de la résistance en fonction du temps de chauffage

A partir de 400°C et jusqu'à 800°C, tous les bétons présentent une diminution de résistance considérable allant de 15% pour le béton classique

jusqu'à 80 % et ceci pour une durée de chauffage d'une heure et demi fig (8 et 9).



**Fig (8) :** Variation de la résistance en fonction du temps de chauffage.



**Fig (9) :** Variation de la résistance en fonction du temps de chauffage

La résistance à la compression du BFM est très affectée à 400°C. En effet, la chute de résistance est supérieure à 25% par rapport à un B30. L'utilisation du BFM est déconseillée pour les éléments en compression et les poutres supportant un moment qui dépasse le moment résistant du béton. Leur utilisation au contraire, pourrait être bénéfique pour les dallages.

Soumis à une incendie, l'utilisation des BHP dans les bâtiments, donne lieu à des éclatements brusques. Ce phénomène n'est pas observé pour le BSAP pourtant, il est classé parmi les bétons à haute performance. La stabilité du BSAP est due principalement à son faible rapport G/S. En effet, le BSAP présente le plus faible pourcentage de chute de résistance même après quatre heures de chauffage à 400°C.

Le calcaire se transforme en  $\text{CaO} + \text{CO}_2$  c'est à dire  $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$  à partir de 500°C, donc le béton présentant la matrice granulaire calcaire la

plus réduite est le plus efficace du point de vu résistance et stabilité au feu. Cette recommandation permettra l'étude de l'influence du rapport G/S dans le paragraphe qui suit.

#### 4-3 INFLUENCE DU RAPPORT G/S

Après les essais d'écrasement nous avons remarqué que le béton dont le rapport G/S le plus faible est le moins influencé par le feu. Ceci reste à confirmer par d'autres essais. C'est pour cette raison que nous avons complété les essais sur un béton classique B30 tout en variant le rapport G/S de 0,25 à 1,37. Soit au total 48 éprouvettes 16x32 qui sont testées à différents temps d'exposition pour une température de 800°C.

Les résultats trouvés sont représentés par les courbes suivantes.

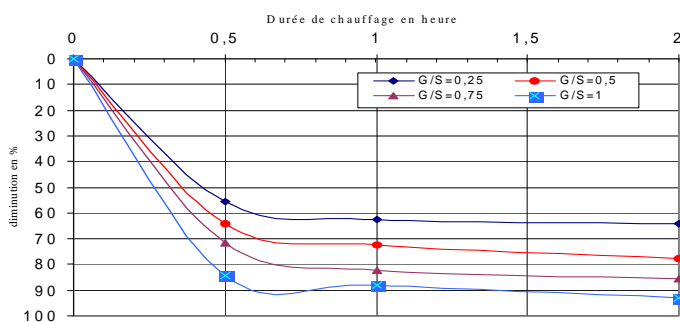


Fig (10) :Variation de la résistance en fonction de G/S

D'après les courbes de la variation de la résistance en fonction de G/S, on remarque que si le rapport G/S diminue, la chute de résistance sera moins importante. Ceci peut s'expliquer par la décomposition de la matrice granulaire (gravier) à 800°C.

#### 5-CONCLUSION

L'évolution des températures à l'intérieur d'un élément en béton, en fonction du temps d'exposition au feu, est sensiblement la même pour les quatre bétons étudiés.

Au dessous de 600°C, la résistance d'un béton n'est pas trop affecté, ce qui montre l'efficacité de la protection assurée par une paroi en béton aussi bien du point de vue stabilité que de la propagation du feu.

A partir de 600°C et jusqu'à 800°C, la perte de résistance est considérable aussi bien pour un béton classique que pour un béton spécial. Ceci conduit à préconiser des bétons dont le rapport G/S est le plus faible possible avec un

D<sub>max</sub> le moins élevé. Un béton trop résistant avec un D<sub>max</sub> et G/S élevés est déconseillé pour les ouvrages à haut risque d'incendie. En cas des granulats calcaires.

#### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1) François Delarard Bulletin du LPC
- 2) George Dreux & Jean Festa, 1995 Nouveau guide du béton : Eyrolles
- 3) Ben Jdidia.M & Masmoudi A , 2002 ,Influence de la température sur le comportement de béton ,Annales de l'équipement Volume XII-N°2 2ème semestre
- 4) Masmoudi A & Ben Jdidia.M ,2004 , Formulation des bétons de sable autoplacant ,actes du colloque MS<sup>2</sup> , LGC de l'ENIT Hammamet
- 5) Baron.J & Raymond Sauterey, 1982Le béton hydraulique connaissance et pratique .Presse ENPC
- 6) Adam.M.neville, 2000 Propriétés des bétons : Eyrolles
- 7) Baron & Olivier 1996 Les bétons .Bases de données pour leur formulation: Eyrolles Fiches techniques CIMBETON RB3 béton sécurité confort