



## Du côté des essais : Le Fluage en compression

Le facteur *charge* constitue une sollicitation importante pour une maçonnerie réfractaire qui supporte toujours au moins la compression des assises supérieures du garnissage. Le fluage, au même titre que l'affaissement sous charge, fait partie des propriétés de compression à chaud d'un matériau réfractaire qui ne sont pas directement reliées à sa résistance à température ambiante. Il convient donc, dans certains cas, de le mesurer, surtout lorsque tout ou partie de l'épaisseur d'une construction est sous charge à haute température.

Réalisé sur un dispositif équivalent à celui de l'affaissement sous charge, le fluage (creep test en anglais) consiste simplement à déterminer les déformations du matériau en fonction du temps à une température fixe donnée et sous une charge constante.

L'appareillage comprend un four muni d'un système de régulation, des thermocouples pour contrôler la température ainsi qu'un dispositif permettant de placer l'éprouvette sous une charge axiale et de mesurer sa variation de hauteur. Un système d'acquisition enregistre toutes les données du dispositif.

Typiquement, l'essai sera conduit à une température multiple de 50°C (1300-1350°C-...) sauf spécification particulière (ex : domaine de l'aluminium : 1280°C (haute teneur en alumine de groupe 2 par exemple), 1400°C (haute teneur alumine de groupe 1, ...), voire à plus haute température. La charge appliquée est de 0.2 MPa dans la plupart des cas.



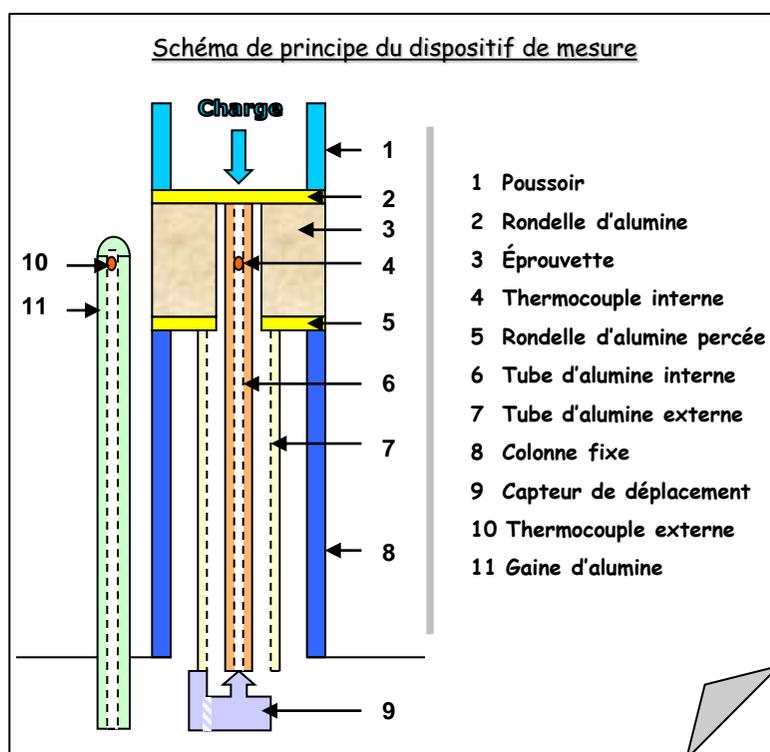
Équipement concerné à ICAR et détail du montage de l'éprouvette

### Normes utilisées :

**EN 993-9** : Méthode d'essai pour produits réfractaires façonnés denses – Partie 9 : Détermination du fluage à la compression

**EN 1402-6** : Produits réfractaires non façonnés – Partie 6 : Détermination des propriétés physiques

**ISO 3187** : Produits réfractaires – Détermination du fluage à la compression



Il est nécessaire d'effectuer un essai d'au moins 25h, et mieux 48h (et jusqu'à 100h) si on veut obtenir la déformation réelle sous charge. Cet essai, plus long et donc plus coûteux, est néanmoins primordial dans le cas d'un élément de garnissage soumis à haute température et sous charge dans toute sa masse : exemple : pièce de rûchage de cowper en sidérurgie, pièce de régénérateur dans le domaine de la verrerie, ...

Pour cela, on mesure la dilatation d'un produit réfractaire soumis à une charge constante (0,2 MPa) à une vitesse de montée en température prédéfinie.

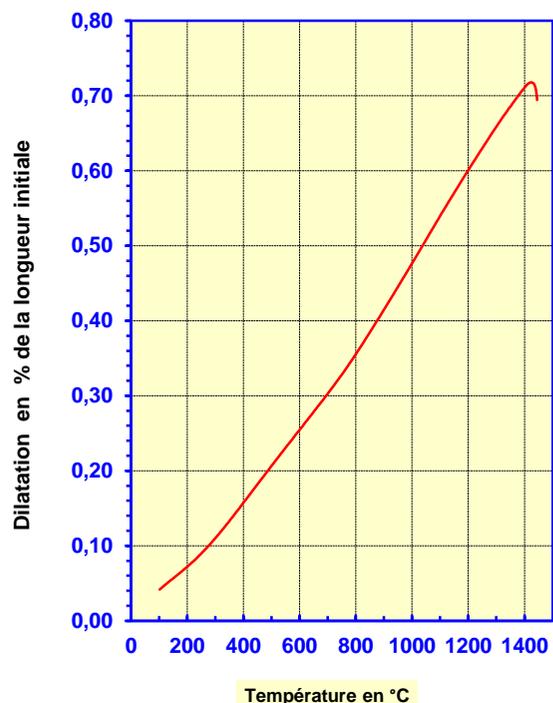
Bien que les mécanismes soient différents, la plupart des matériaux (métaux et céramiques) présentent une courbe de fluage typique qui est habituellement divisée en 3 régions appelées primaire, secondaire et tertiaire.

Le stade secondaire est souvent considéré comme un fluage stationnaire puisque la vitesse de déformation est presque constante. Cette région est donc la plus importante pour la compréhension des mécanismes de fluage.

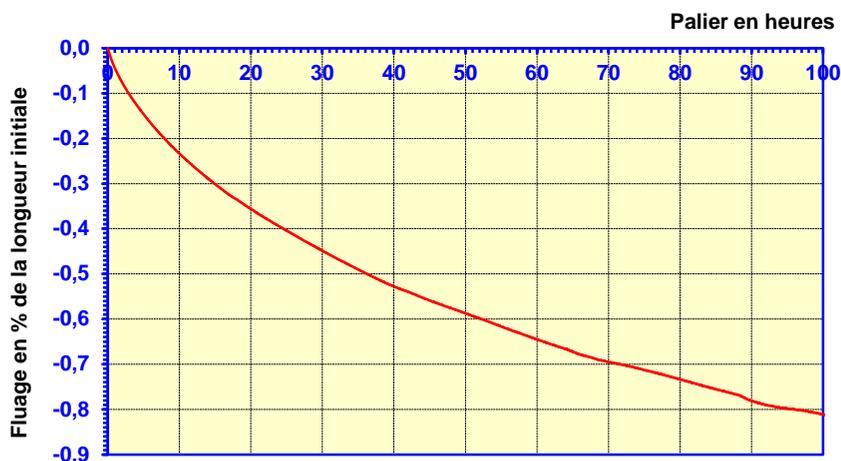
Les informations concernant la vitesse de fluage sont essentielles pour prévoir la durée de vie d'un matériau donné quand il est employé dans des conditions particulières de température et de contrainte.



**Exemple de courbes résultats**



Pourcentage de fluage à l'issue des 100 heures : 0,81  
 Pourcentage de fluage entre la 5ème et la 100ème heure : 0,66



**Conclusions**

L'essai de fluage constitue un test à chaud qui apporte des informations importantes sur la tenue en température sous contraintes. Il apparait comme primordial dans certaines utilisations.

**Vous souhaitez en savoir plus... CONTACTEZ-NOUS**

**Quelques prochains évènements sur la thématique réfractaire**

-Colloque International d'Aachen, « Refractories for Metallurgy », 19-20 septembre 2012, Aix-La-Chapelle (55<sup>ème</sup> édition).

Rassemblement annuel des différents métiers du monde des matériaux réfractaires à l' Eurogress d'Aachen avec pour thématique principale cette année, les Matériaux Réfractaires pour la métallurgie.

-Journées Spécialisées sur les Céramiques Réfractaires, 28 et 29 novembre 2012, MONS (Belgique). Organisé par le Belgian Ceramic Research Center (BCRC) avec l'Université de Mons, sous l'égide de la commission mixte GFC-SF2M « Matériaux Céramiques Réfractaires ».

Après Paris en 2000, Orléans en 2004, Lunéville en 2008, cette 4<sup>ème</sup> édition a pour but de présenter des travaux scientifiques concernant les matériaux réfractaires et leurs applications. Un des objectifs principaux reste de nouer et d'entretenir des relations entre les instituts de recherche et l'ensemble des acteurs industriels du secteur (producteurs, bureaux d'études, fumistes, utilisateurs).

**ICAR, c'est aussi :**



Des tests physiques et mécaniques à basse et haute température



De l'endoscopie à chaud



De la supervision

**Bibliographie :**

Cette sélection de publications est issue de la Veille Technologique exercée par le Service Documentation de la SFC (Société Française de Céramique). Pour plus d'information sur ces produits documentaires de Veille Scientifique, Technique ou Concurrentielle : bulletin de Veille Mensuel, Veilles spécifiques ciblées, accès à la base de données de Veille "CeramBase", contacter la SFC à l'adresse : [soc.fr.ceram@ceramique.fr](mailto:soc.fr.ceram@ceramique.fr)



YAMAGUCHI A.

**Fondamentaux et microstructure des briques de silice** (Fundamentals and microstructure of silica brick)

Journal of the Technical Association of Refractories, 05/2012, ANG.

Les caractéristiques cristallographiques de la silice sont présentées ainsi que les paramètres à prendre en compte pour la production des briques. Les mécanismes intervenant durant le frittage des briques sont discutés et la microstructure de briques avant et après utilisation est commentée.

**Mots Clés : Réfractaire, silice, brique, microstructure, frittage.**

-GUNGOR A.

**Propriétés physiques et mécaniques de béton réfractaires à base d'alumine à très faible teneur en ciment** (The physical and mechanical properties of alumina-based ultralow cement castable refractories)

Ceramics International, 07/2012, ANG.

Des bétons réfractaires à très faible teneur en ciment ont été préparés en mélangeant de l'alumine brune fondue, de l'alumine tubulaire ou de la bauxite à du carbure de silicium, du carbone, du ciment et de la microsilice. La densité, la porosité et la résistance à la compression à froid des bétons ont été mesurées après séchage à 110°C puis cuisson à 1450°C. Des essais de résistance à la pénétration des laitiers ont été effectués. L'influence du type d'alumine sur les propriétés des bétons est discutée.

**Mots Clés : Béton réfractaire, alumine, résistance corrosion, propriété mécanique, basse teneur ciment.**

-SOUZA T. M.

**Analyse systémique des effets de l'hydratation de MgO sur des bétons réfractaires d'alumine-magnésie** (Systemic analysis of MgO hydration effects on alumina-magnesia refractory castables)

Ceramics International, 07/2012, ANG.

L'utilisation d'une source de magnésie dans un système  $Al_2O_3$ -MgO induit une formation plus rapide des spinelles ce qui améliore la résistance à la corrosion des laitiers. Cependant la grande réactivité de cette matière première conduit à une augmentation de volume ce qui affecte les propriétés du béton durant le séchage et la prise. Des essais de résistance mécanique et des mesures thermogravimétriques et du module d'Young ont été effectués, durant les étapes de séchage et de prise, sur des bétons de différentes compositions contenant 3 sources de magnésie. Ainsi, l'influence de la source de magnésie sur les propriétés des bétons réfractaires et leur capacité en tant que liant dans des compositions sans ciment est discutée.

**Mots Clés : Réfractaire, magnésie, origine, béton réfractaire, hydratation, liant, propriété mécanique, spinelle.**

- BAG M.

**Etude de réfractaires de MgO-C à faible teneur en carbone : utilisation de nano carbone** (Study on low carbon containing MgO-C refractory: use of nano carbon)

Ceramics International, 03/2012

Le développement de réfractaires de magnésie carbone contenant du nano carbone a été étudié pour réduire la teneur totale en carbone afin de diminuer la perte de chaleur durant la production d'acier et obtenir des réfractaires plus respectueux de l'environnement. Différentes teneurs en nanocarbone ont été utilisées comme source de carbone pour la production de réfractaires de MgO-C. La densité, la porosité, la résistance à l'oxydation et à la corrosion par des laitiers des produits ont été déterminées. Les propriétés du réfractaire avec la teneur optimale en nanocarbone ont été comparées à celles d'un produit avec une composition conventionnelle et obtenu dans des conditions similaires.

**Mots Clés : Réfractaire magnésie-carbone, carbone, nano, résistance corrosion, propriété physique.****Formations à venir :**

-Du 18 au 21 septembre 2012 à Moncel-lès-Lunéville

**Les matériaux réfractaires : Généralités.**

-Du 19 au 22 mars 2013 à Moncel-lès-Lunéville

**Les matériaux réfractaires : Généralités.**

-Du 19 au 23 novembre 2012 à Moncel-lès-Lunéville

**La tenue en service et l'aspect environnemental.**

-Du 18 au 21 juin 2013 à Moncel-lès-Lunéville

**La mise en œuvre des matériaux réfractaires.****Vous souhaitez avoir de plus amples informations...****CONTACTEZ-NOUS ...**

3/3