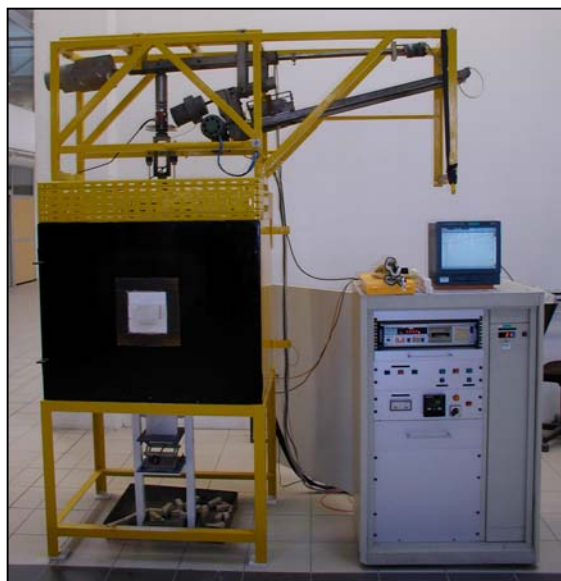




## Du côté des essais : la résistance à la flexion à chaud

Parmi les essais de caractérisation des produits réfractaires, la flexion à chaud permet de mesurer le module de rupture dans des conditions thermiques proches des conditions d'utilisation du matériau. Ce module correspond à la contrainte normale maximale que peut supporter une éprouvette lorsqu'elle est soumise à une charge au sein d'un dispositif de flexion 3 ou 4 points, placée dans une atmosphère à température contrôlée. A l'aide d'un appareillage légèrement différent, il est possible de déterminer, en flexion, le module d'élasticité plus simplement qu'avec un essai de traction pure. En effet, l'usinage et la mise en place des éprouvettes pour la traction est plus complexe.

### Essai Normalisé



Four de flexion à chaud normalisé

Le four de flexion à chaud normalisé nous permet d'évaluer le module de rupture jusqu'à 1500°C, en appliquant au maximum une charge de 5 000 N sur une éprouvette, avec des dimensions standards de 150 x 25 x 25 mm et un entraxe de 125 mm pour la flexion 3 points.

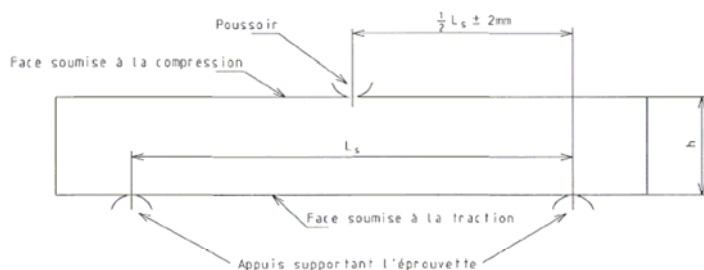


Schéma du dispositif d'application de la charge en flexion 3 points

#### Calcul du module de rupture en flexion 3 points

$$\sigma_F = \frac{3}{2} \times \frac{F_{\max} L_s}{bh^2}$$

$\sigma_F$  → Module de rupture (MPa)  
 $F_{\max}$  → Charge maximale (N)  
 $L_s$  → Entraxe (mm)  
 $b$  → Largeur de la section (mm)  
 $h$  → Hauteur de la section (mm)



Essai de flexion à chaud 4 points

Ce four de flexion à chaud répond aux exigences de différentes normes telles que ISO 5013, NF EN 993-7, EN 1402-6 et ASTM C 583. L'essai consiste à appliquer, jusqu'à la rupture, un accroissement continu de la contrainte. Selon la norme ISO 5013, cette vitesse d'accroissement varie en fonction du type de matériau :

- Pour un produit réfractaire dense : 0,15 MPa/s
- Pour un produit réfractaire isolant : 0,05 MPa/s

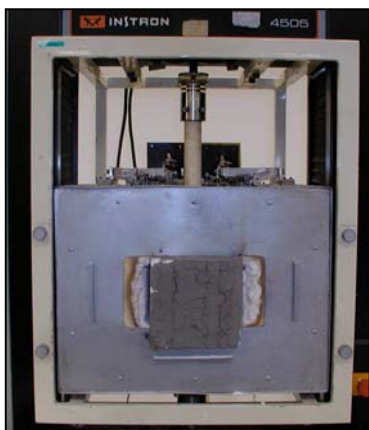
La choix de la norme repose principalement sur les caractéristiques des matériaux testés. Par exemple, l'ISO 5013 s'appliquera pour un produit façonné, alors que l'EN 1402-6 sera plus spécifique aux bétons réfractaires.

### Détermination du module de Young

Le module de Young ou module d'élasticité longitudinale, pour un matériau, est la constante qui relie la contrainte normale à la section, à sa déformation longitudinale. En effet, ce coefficient caractérise la raideur de la matière. A contrainte égale, un matériau ayant un module d'élasticité élevé subira une déformation plus faible qu'un matériau ayant un faible module d'élasticité. Pour ce type de caractérisation, un four à résistance électrique a été adapté sur une presse INSTRON qui dispose de commandes centralisées pour un meilleur contrôle durant l'essai et peut être équipée au choix d'une cellule de 1 000 N ou 10 000 N.



Système d'acquisition



Four de flexion à chaud sur presse INSTRON

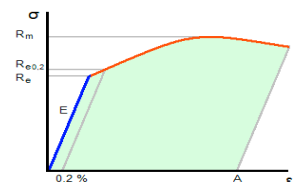
Ce dispositif de flexion à chaud permet d'enregistrer la flèche du matériau, grâce à un capteur de déplacement qui se place en contact direct de l'échantillon, ainsi que d'autres paramètres comme :

- l'application de la charge, le déplacement de la traverse via une centrale d'acquisition reliée au contrôle de la presse
- la température d'essai via un thermocouple positionné au plus près de l'éprouvette.

A partir de toutes ces données, nous pouvons déterminer le module d'élasticité à chaud jusqu'à 1550°C.

Le montage en alumine est modulable, en flexion 3 ou 4 points, avec des supports de différents entraxes (40, 80 ou 125 mm) nous permettant de réaliser des essais sur diverses tailles d'éprouvettes à condition de conserver un coefficient d'élançement\* cohérent.

(\*rapport entre la hauteur et la largeur de l'éprouvette)



Exemple de courbe contrainte-déformation

Vous souhaitez en savoir plus...

CONTACTEZ-NOUS...

### 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)



-MODA J., TANAKA K., KITAMURA S.

**Bétons réfractaires sans chrome pour fours de fusion de déchets** (Chrome-free castables for waste melting furnaces)

Journal of the Technical Association of Refractories, Japan, vol.28, n°3, 09/2008, p.204-209, 13 fig., 6 tab., bibliographie (7 réf.), ANG..

**Mots Clés :** Réfractaires non-façonnés, sans chrome, tenue, corrosion, déchets.

-OLIVEIRA I.R., PANDOLFELLI V.C.

**Additifs chimiques et leur comportement sur le traitement et les propriétés des bétons réfractaires** (Chemical additives and their behavior on the refractory castable processing and properties)

Refractories Applications and News, vol.14, n°1, 01-02/2009, p.9-16, 9 fig., 3 tab., bibliographie (27 réf.), ANG

**Mots Clés :** Béton réfractaire, ajout, conséquence, caractéristiques.

-BRAULIO M.A.L., BITTENCOURT L.R.M., POIRIER J., et-al

**Effets de la micro-silice sur les bétons réfractaires d'alumine-magnésie liés de ciment** (Microsilica effects on cement bonded alumina-magnesia refractory castables)

Journal of the Technical Association of Refractories, Japan, vol.23, n°3, 09/2008, p.180-184, 6 fig., 2 tab., bibliographie (16 réf.), ANG.

**Mots Clés :** Béton réfractaire alumine-magnésie, micro-silice, ciment, phase spinelle, propriétés.

-BRICHE G., TESSIER-DOYEN N., HUGER M., et-al

**Examen du comportement au dommage de modèles de matériaux réfractaires à température élevée par les techniques combinées d'échographie à pulsion et émission acoustique** (Investigation of the damage behaviour of refractory model materials at high temperature by combined pulse echography and acoustic emission techniques)

Journal of the European Ceramic Society, vol.28, n°15, 11/2008, p.2835-2843, 12 fig., 1 tab., bibliographie (23 réf.), ANG

**Mots clés :** Matériaux réfractaires, modèles, endommagement, haute température, échographie, émission acoustique.

### Formations à venir :

Du 16 au 19 juin 2009 à Moncel-lès-Lunéville

**La mise en œuvre des matériaux réfractaires..**

Du 16 au 20 novembre 2009 à Moncel-lès-Lunéville

**Tenue en service et traitement des réfractaires usagés.**

Du 15 au 18 septembre 2009 à Moncel-lès-Lunéville

**Les matériaux réfractaires : généralités.**

**Et toujours la possibilité de réaliser des stages intra-entreprises tout au long de l'année ...**

Vous souhaitez avoir de plus amples informations...

CONTACTEZ-NOUS...

2/2