

**DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL  
LABORATOIRE DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION ET DE BETON**



**TP 9 : ESSAIS DESTRUCTIFS SUR BÉTON DURCI**



**Masse volumique du béton durci  
Essai de compression sur éprouvette cylindrique  
Traction par fendage ou essai brésilien  
Traction par flexion 4 points**

# MANIPULATIONS

## 1. Mesure de la masse volumique du béton durci

### 1.1. But de l'essai

Cet essai permet de contrôler la qualité du béton durci.

### 1.2. Mode opératoire

Pour cet essai, il faut :

- Peser trois éprouvettes cylindriques.
- Calculer leur volume.
- Déduire leur masse volumique.
- Calculer la masse volumique moyenne du béton durci.

## 2. Essai de compression sur éprouvettes cylindriques

### 2.1. But de l'essai

Il s'agit de déterminer la résistance à la compression du béton de l'éprouvette. Cet essai, couramment utilisé en laboratoire, est réalisé sur trois éprouvettes cylindriques. De plus, il permet de connaître le module d'élasticité longitudinal (module d'Young) du matériau.

L'âge des éprouvettes est déterminé par rapport à la date de confection. S'il est supérieur à 28 jours, on prend arbitrairement l'âge égal à 28 jours.

La résistance à la compression est le rapport entre la charge de rupture et la section transversale de l'éprouvette.

### 2.2. Principe de l'essai

Il s'agit d'appliquer une charge croissante jusqu'à la rupture sur une éprouvette cylindrique posée verticalement. L'essai doit toujours se faire dans le sens du remplissage. Si les faces des éprouvettes ne sont pas planes et parallèles, elles doivent être rectifiées par usinage des extrémités ou par surfaçage à l'aide d'un mortier de soufre ou de ciment alumineux. Le produit de surfaçage doit être aussi mince que possible et ne devra pas éclater pendant l'essai.

### 2.2.1. Matériel nécessaire

Il comporte :

- Une machine d'essai de dimensions appropriées aux éprouvettes à testées et conforme aux normes en vigueur utilisées dans le laboratoire.
- Un dispositif pour rectifier les faces des éprouvettes.



### 2.2.2. Mode opératoire

Après avoir nettoyé les plateaux de la presse :

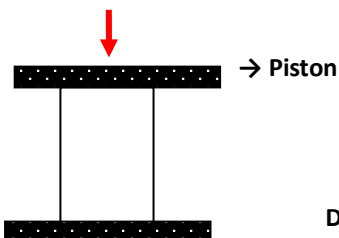
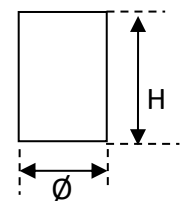
- Placer verticalement l'éprouvette rectifiée et la centrer sur le plateau.
- Amener le plateau supérieur au contact de l'éprouvette.
- Mettre en charge à vitesse constante jusqu'à la rupture. La vitesse de chargement est comprise entre 0,2 et 1,0 MPa/s. Pour des éprouvettes (11 x 22) cm cela signifie une montée en charge comprise entre 2 kN/s et 10 kN/s, et pour des éprouvettes (16 x 32) cm entre 4 kN/s et 20 kN/s.
- Nettoyer les abords de la presse à la fin de la manipulation.
- Remplir le document réponse.

#### Rappel

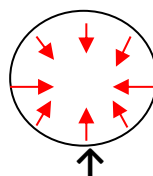
- Influence des dimensions

L'élanement ( $H/\varnothing$ ) des éprouvettes cylindriques doit être voisin de 2.

Si  $H/\varnothing < 2 \rightarrow$  Il y a prépondérance de l'effet de frottement, la résistance est surévaluée.



$\rightarrow$  Piston

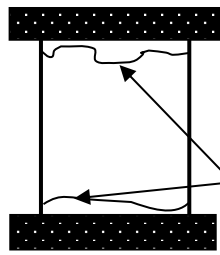


Développement de forces radiales dues au frottement (frottement des plateaux)

Si  $H/\varnothing > 2 \rightarrow$  Il y a risque de flambement, la résistance est donc sous-évaluée.

- Influence de l'état de surface des éprouvettes

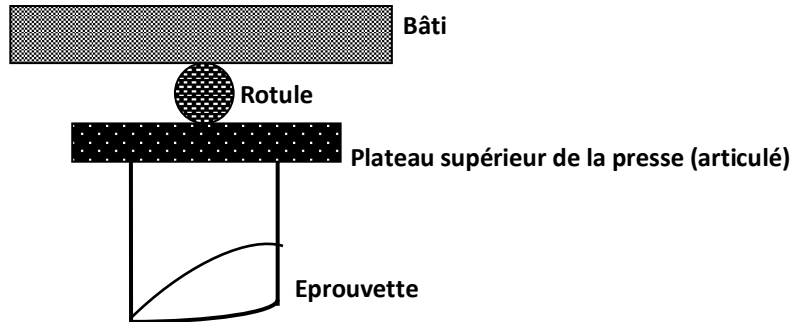
Les faces de l'éprouvette doivent être planes et perpendiculaires aux génératrices si on veut obtenir un chargement uniforme.



Concentration de contraintes dans certaines zones

Pour éviter cette concentration, Il est nécessaire de rectifier ou surfacier les extrémités des éprouvettes soumises à l'essai de compression afin que les plateaux de la presse assurent un contact plan.

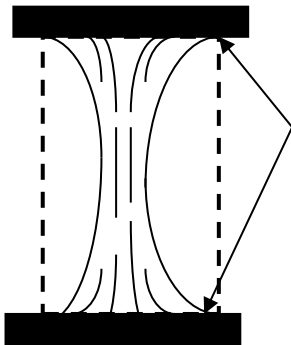
- Influence du décentrement



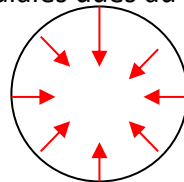
Un décentrement de la charge peut provoquer une variation de la résistance. Une diminution de 10 % de la résistance peut avoir comme origine un mauvais centrage de l'éprouvette.

- Influence d'une contrainte latérale

Le frettage est un phénomène lié aux frottements du plateau en acier relativement indéformable sur la base de l'éprouvette. Ces frottements empêchent les déformations transversales de l'éprouvette au voisinage des plateaux.



Développement de forces radiales dues au frettage (frottement des plateaux)



L'éprouvette se rompt alors suivant deux cônes en *diabolo*. Il est possible de limiter ce phénomène en utilisant des plateaux en *pinceaux*. Les fissures de rupture sont alors parallèles à l'effort sur toute la hauteur de l'éprouvette.

- Influence de la vitesse de mise en charge et d'effort répétés

La charge de rupture augmente avec la vitesse de mise en charge :

Vitesse rapide → Résistance surévaluée

Vitesse lente → Résistance sous-évaluée

Par ailleurs, une éprouvette soumise à des efforts répétés voit sa résistance en compression et en traction diminuer de moitié.

## 2.3. Traitement des résultats

Sachant que la résistance  $F_c$  a pour expression  $F_c = P/S$  ( $P$  charge de rupture enregistrée au cours de l'essai,  $S$  section orthogonale de l'éprouvette) :

- Déterminer la résistance à la compression en faisant la moyenne des valeurs de rupture obtenues.
- Comparer cette moyenne avec la valeur visée lors de la formulation du béton.
- Faire un croquis des éprouvettes rompues avec commentaires et description des plans de rupture.
- Expliquer pourquoi pour un même béton, il y a une différence entre la résistance sur cylindre et la résistance sur cube.

## 3. Essai de traction par fendage ou essai brésilien

### 3.1. But de l'essai

L'essai brésilien est réalisé sur trois éprouvettes cylindriques. Il permet de déterminer expérimentalement la résistance à la traction de l'éprouvette.

### 3.2. Principe de l'essai

L'essai de fendage est un essai de traction indirecte consistant à appliquer à l'éprouvette un effort de compression le long de deux génératrices opposées (Fig.1d). Cet effort de compression génère ainsi des contraintes de traction horizontales dans le plan passant par ces deux génératrices par effet Poisson. La rupture, due à ces contraintes, se produit dans ce plan. Le calcul permet d'estimer la contrainte de traction correspondant à cette rupture.

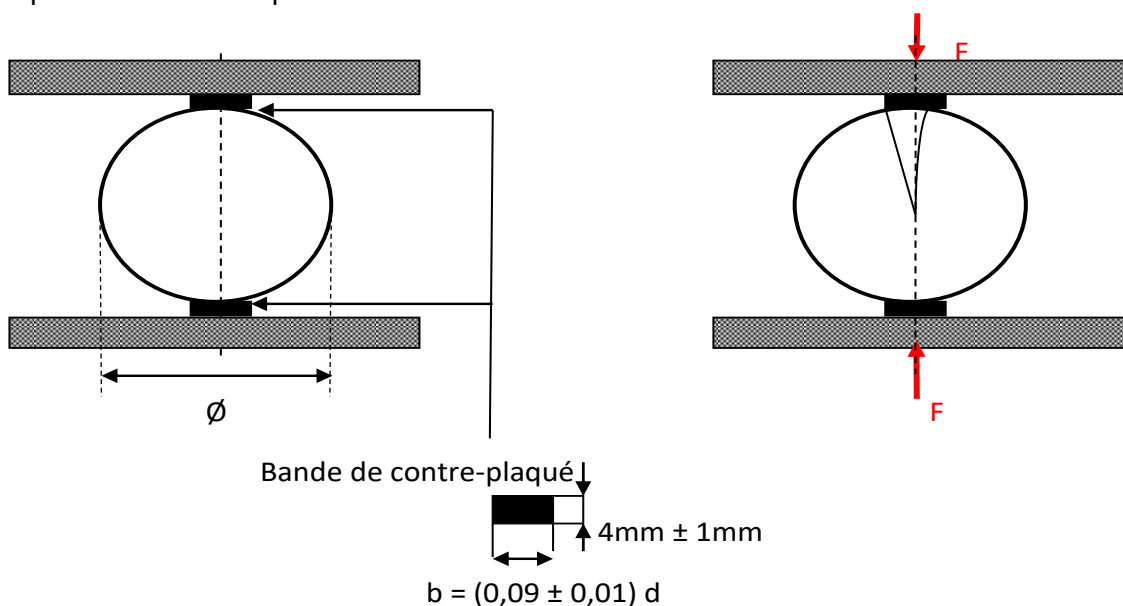


Figure 1d : Dispositif pour essai de traction par fendage

#### 3.2.1. Matériel nécessaire

Il comprend :

- Une machine d'essai appropriée conforme aux normes en vigueur utilisées dans le laboratoire.

- Des bandes de chargement en contreplaqué ayant une section dont les dimensions sont mentionnées ci-dessus (Fig.1d) avec une longueur au moins égale à celle de l'éprouvette.
- Trois éprouvettes cylindriques confectionnées à partir de moules en acier (les moules en carton ne garantissent pas une bonne précision de la rectitude des génératrices).

### 3.2.2. Mode opératoire

Le mode opératoire consiste à :

- Peser les trois éprouvettes cylindriques réservées à l'essai de traction par fendage.
- Placer l'éprouvette horizontalement entre les deux plateaux de la presse comme indiqué sur la Figure 1d. Le contact entre les plateaux et l'éprouvette se fait par l'intermédiaire des deux bandes de contre-plaqué.
- Centrer l'éprouvette. Le centrage doit se faire à 0,5 mm à l'aide d'un gabarit de centrage.
- Effectuer l'essai de rupture en traction par fendage à une vitesse de chargement constante pendant toute la durée de l'essai. Elle est prise égale à  $(4,0 \pm 0,8)$  kN/s pour les cylindres 16 x 32 cm. Cela correspond, environ, à un accroissement de la contrainte de traction de 0,05 MPa/s avec une tolérance de  $\pm 20\%$ .
- Relever la force de rupture pour chaque éprouvette.
- Remplir le document réponse.

### 3.2.3. Traitement des résultats

Il s'agit de :

- Calculer la contrainte de rupture  $f_{t, \text{fendage}}$  de chaque éprouvette.
- Commenter le faciès de rupture des éprouvettes.
- Calculer  $f_{t28}$  à partir de la valeur  $f_{c28}$  donnée par l'essai de compression et en utilisant la formule des BAEL :  $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$  (si  $f_{c28} \leq 60$  MPa).
- Vérifier son application à partir des résultats obtenus et conclure.

### Rappel

La contrainte de rupture à la traction par fendage se calcule comme suit :

$$f_{t, \text{fendage}} = \frac{2 F_{\text{rupture}}}{\pi \varnothing L} = \frac{0,637 F_{\text{rupture}}}{\varnothing L}$$

Où :

$f_{t, \text{fendage}}$  : contrainte de rupture en traction à l'essai brésilien en MPa



$F_{rupture}$  : force de rupture en traction en newton

$\varnothing$  : diamètre du cylindre en mètre

$L$  : hauteur de l'éprouvette =  $2 \times \varnothing$

Cette contrainte doit être estimée à 0,1 MPa près.

### Remarque

La résistance en traction directe  $f_t$  peut être déterminée à partir de  $f_{t, \text{ fendage}}$  par la relation :  $f_t = 0,9 f_{t, \text{ fendage}}$

Le fait que  $f_{t, \text{ fendage}}$  soit plus élevée que  $f_t$  s'explique par un effet d'échelle. En effet, dans l'essai de fendage le plan de rupture est imposé par l'essai, alors que dans l'essai de traction directe, c'est le plan le plus faible qui va se rompre. Il y a donc plus de chance d'avoir un plan plus faible dans ce dernier essai.

## 4. Essai de traction par flexion 4 points

### 4.1. But de l'essai

Cet essai permet de déterminer la résistance à la traction par flexion du béton. Il s'applique uniquement aux éprouvettes prismatiques.

L'éprouvette, de section carrée et d'élançement 4, est placée sur l'appareil de chargement conformément au schéma ci-dessous (Fig.2d).

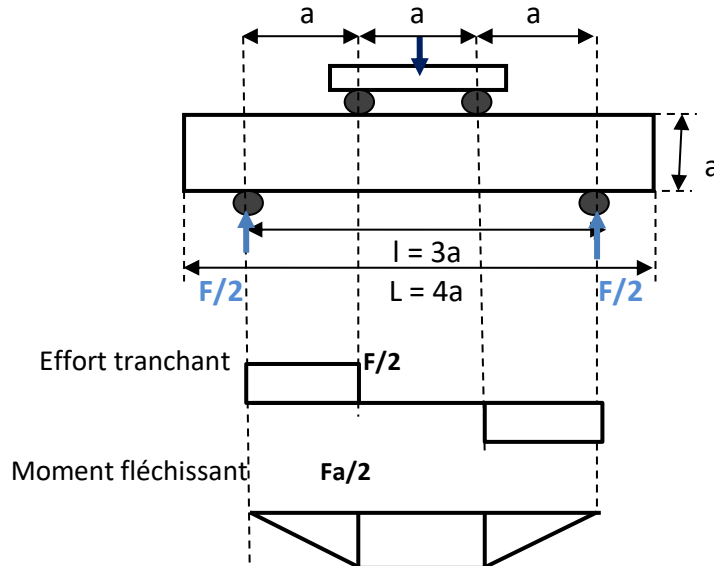


Figure 2d : Dispositif pour essai de traction par flexion

### 4.2. Principe de l'essai

#### 4.2.1. Matériel nécessaire

Il comprend :

- Une machine d'essai appropriée conforme aux normes en vigueur utilisées dans le laboratoire (Fig.3d).

- Trois éprouvettes prismatiques.
- Des rouleaux en acier de 20 mm de diamètre pour servir d'appuis.

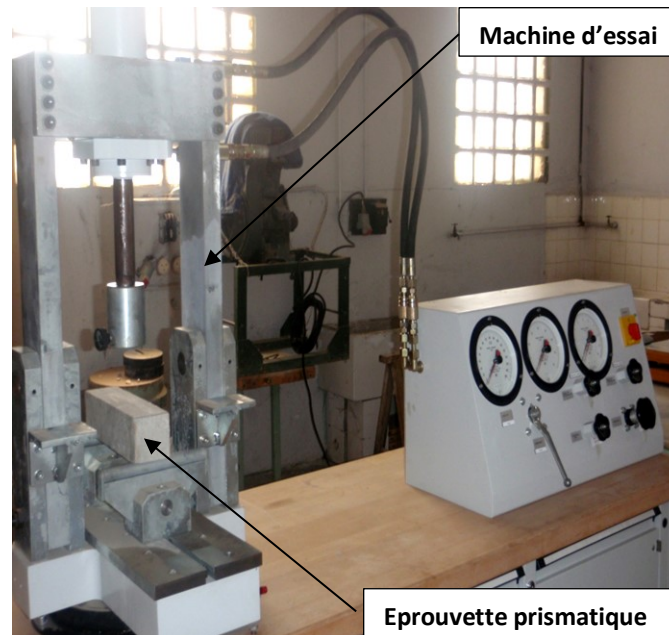


Figure 3d : Machine d'essai

#### 4.2.2. Mode opératoire

L'essai se fait transversalement par rapport au sens de remplissage des éprouvettes. Il consiste à :

- Peser les trois éprouvettes prismatiques pour déterminer leur masse volumique apparente.
- Placer l'éprouvette prismatique 10 x 10 x 40 cm conformément à la Figure 2d.
- Effectuer l'essai de traction par flexion. La charge doit être appliquée de manière continue et sans choc (cadence = 0,17 kN/s pour une éprouvette prismatique 10 x 10 x 40 cm).
- Relever la force de rupture pour chaque éprouvette.
- Remplir le document réponse.

#### 4.3. Traitement des résultats

Pour l'essai de traction par flexion :

- Noter la force maximale  $F_{\max}$  atteinte pour chaque éprouvette et calculer la contrainte de rupture  $f_{t, \text{flexion}}$  correspondante.
- Que peut-on dire de la résistance à la flexion ?
- De quoi dépend cette résistance ?



## Rappel

À la rupture, la contrainte de traction par flexion sur la fibre la plus tendue est donnée par l'expression suivante :

$$f_{t, \text{flexion}} = \frac{Mv}{I} = \frac{6 M}{a^3}$$

Avec :

$$v = a/2$$

$$I = a^4/12$$

$$M = Pa/2$$

La contrainte de traction par flexion est donc égale à :

$$f_{t, \text{flexion}} = \frac{3 F_{\max}}{a^2}$$

Où :

$F_{\max}$  : force maximale

$a$  : largeur = hauteur (section de l'éprouvette  $a \times a$ )

## Remarque

La formule ci-dessus suppose que le matériau a un comportement élastique linéaire. Pour cette raison, certains auteurs proposent un coefficient correcteur de 0,6 pour tenir compte du fait que lorsqu'on s'approche de la rupture, la loi de Hooke ne s'applique pas. Avec cette correction, on obtient la formule suivante :

$$f_{t, \text{flexion}} = \frac{3 F_{\max}}{a^2} \times 0,6 = \frac{1,8 F_{\max}}{a^2} \rightarrow f_{t, \text{flexion}} = \frac{1,8 F_{\max}}{a^2}$$

# CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES DU BÉTON : ESSAIS DESTRUCTIFS

## DOCUMENT RÉPONSE 2r

### Résistance à la compression sur cylindre 16X32

Eprouvette	Masse (kg)	Charge de rupture $F_c$ (kN)	Résistance $f_{cj}$ (MPa)	$f_{cj}$ (BAEL en MPa)
1				
2				
3				
Moyenne				

### Traction flexion sur éprouvette prismatique 10x10x40

Eprouvette	Masse (kg)	Charge de rupture $F_t$ (kN)	Résistance $f_{tj}$ (MPa)	$f_{tj}$ (BAEL en MPa)
1				
2				
3				
Moyenne				