

# **Protocoles d'essais d'inserts de levage intégrés pour dalles alvéolées**

**Partie 1 : Protocole d'essai d'arrachement**

**Partie 2 : Justification de l'impact des inserts de levage sur les performances de la dalle vis-à-vis de la résistance à l'effort tranchant - Protocole d'Essais comparatifs de résistance à l'effort tranchant**

## Partie 1

### Eléments de levage intégrés dans les dalles alvéolées

#### Protocole Essais arrachement

### 1. Principes

#### 1.1. Hypothèses générales

Le principe des essais de levage des dalles alvéolées se base sur l'hypothèse d'un système de levage en **4 points**

#### 1.2. Résistance Caractéristique $R_k$ (affichée dans l'Avis Technique)

Les essais de qualification permettent d'évaluer la Résistance Caractéristique des inserts et de définir une valeur objectif qui devra ensuite être surveillée dans le cadre du contrôle de production en usine.

La charge de ruine caractéristique est obtenue par traitement statistique des résultats d'essais à la ruine, avec un fractile de 5%.

La résistance caractéristique est calculée sur la base des essais selon l'article D 7.2 de la NF EN 1990 *Eurocodes Structuraux – Bases de calcul des structures*, avec les paramètres suivants :

- Un fractile de 5% des charges de rupture mesurées dans chaque série d'essais,
- Un niveau de confiance de 75%,
- Une distribution supposée normale,
- Un écart-type de la population inconnu.

$$Prk(n) = mPr \times (1 - knVPr)$$

Avec :

- $Pr$  charge de rupture
- $Prk(n)$  charge de rupture caractéristique pour un échantillon de taille  $n$ ,
- $mPr$  moyenne des charges de rupture de  $n$  échantillons,
- $kn$  facteur de fractile caractéristique (cf. tableau ci-dessous)

n	1	2	3	4	5	6	8	10	20
$V_x$ inconnu	/	/	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76

- $VPr$  coefficient de variation de  $Pr$ .

$VPr$  étant inconnu, il est estimé à partir de l'échantillon par la formule  $sPr / mPr$  avec :

- $sPr$  écart type des charges de rupture de  $n$  échantillons (estimation de l'écart type de la population).

#### 1.3. Charge Maximale d'Utilisation

NOTA : Le contenu de ce paragraphe est donné à titre indicatif, la CMU sera affichées dans le certificat NF ou équivalent. Pour les règles de calcul de la CMU et les évolutions de celle-ci voir le référentiel NF 384 Dalles Alvéolées ou équivalent.

La performance des inserts de levage est définie par leur Charge Maximale d'Utilisation, donnée par la formule ci-dessous :

$$CMU = \frac{R_k}{\gamma_r} \geq \frac{(p \cdot L + Q) \cdot \gamma_{ed} \cdot \gamma_{pp}}{nb}$$

- $R_k$  = charge de ruine caractéristique, mesurée suivant l'angle de levage le plus défavorable ramené en projection verticale [daN],
- $p$  = poids propre de la dalle [daN/ml]
- $L$  = longueur de la dalle [m]
- $Q$  = poids des équipements de sécurité éventuels [kN]
- $nb$  = nombre de points de levage effectifs (2 dans le cas de système non équilibrant, 4 dans le cas de système équilibrant et symétrique)
- $\gamma_{ed}$  = coefficient d'effet dynamique dû au levage = 1.15
- $\gamma_{pp}$  = coefficient d'incertitude sur poids propre = 1.05
- $\gamma_r$  = coefficient entre valeur caractéristique de ruine  $R_k$  et valeur de la CMU (3 pour le cas d'un seul site de production, 3,5 dans les autres cas)

## Coefficient de sécurité global sur la vérification des éléments de levage :

Le coefficient de sécurité global relatif à la vérification des éléments de levage comprend :

- un coefficient de sécurité de 3 ou 3,5 appliqué sur la valeur caractéristique (fractile de 5%, niveau de confiance de 75%) de la résistance à l'arrachement des éléments de levage
- un coefficient de sécurité de 1,15(coefficient d'effet dynamique)x1,05(incertitude sur le poids propre) = 1,21 appliqué sur les sollicitations (poids de la dalle et des équipements de sécurité éventuels)

Le coefficient d'effet dynamique de 1,15 est un coefficient dynamique forfaitaire indépendant des vitesses de manutention et valable pour des conditions de levage usuelles : grue à tour et grue mobile à poste fixe.

## 2. Mode opératoire

### 2.1. Caractérisation

L'échantillon d'essai fera l'objet des mesures suivantes :

- Résistance du béton (béton de la dalle et du béton d'ancrage spécifique le cas échéant);
- Profondeur d'ancrage de l'insert.

L'interprétation des résultats d'essais tiendra compte de l'écart entre ces mesures observées et les valeurs affichées pour une utilisation de levage.

### 2.2. Conditions d'acceptation de l'échantillon

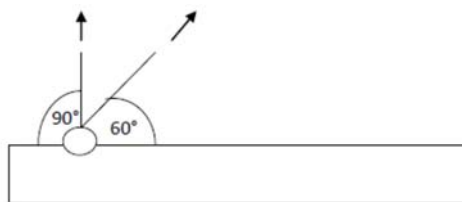
L'essai est considéré comme acceptable si les mesures de l'échantillon restent dans les tolérances suivantes :

- Résistance du béton : +/-20% de la résistance affichée au jeune âge (valeur garantie à la 1<sup>ère</sup> manutention via les inserts).

### 2.3. Mode opératoire

Les essais doivent être réalisés selon les modalités décrites ci-après.

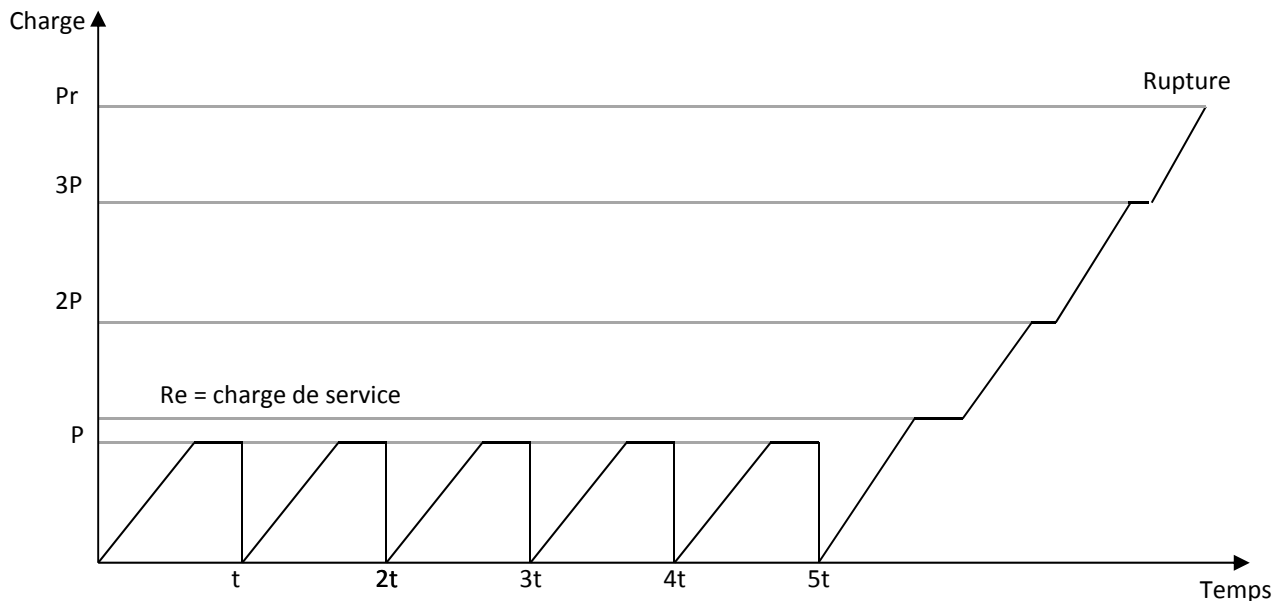
- Les essais doivent être conduits sur tous les profils de dalles de la gamme, et dont l'âge correspond au délai de livraison minimum (ou au délai de 1<sup>ère</sup> manutention via les inserts s'il est inférieur)
- L'effort de traction doit être mesuré directement au niveau de l'insert de levage sans dispositif de renvoi (poulie,...).
- Les essais doivent être réalisés insert par insert, et non simultanément sur plusieurs inserts, sauf dans le cas où la distance entre deux inserts est inférieure à  $3 \times h_p$  (=hauteur de pénétration de l'insert dans la dalle) et levage par 4 points avec dispositif équilibreur. En cas d'impossibilité technique à réaliser les essais sur deux inserts simultanément, le demandeur pourra proposer des dispositions alternatives afin de prendre en compte la concomitance des inserts.
- Les essais initiaux doivent être réalisés pour plusieurs angles d'inclinaisons de l'élingue, correspondant aux angles extrêmes possibles de levage, (exemple de  $\alpha_1 = 60^\circ$  et  $\alpha_2 = 90^\circ$ ), afin de déterminer l'inclinaison la plus défavorable. Les essais de suivis devront être réalisés avec l'inclinaison ayant été définie comme la plus pénalisante.



- La distance entre le périmètre extérieur de l'insert de levage et l'appui de l'installation d'essai (au intérieur du profilé d'appui du bâti d'essai) doit être au minimum de  $1,5 \times h_p$ ,  $h_p$  étant la hauteur de pénétration de l'insert dans la dalle.
- Si les essais sont réalisés sur des inserts de diamètres différents, l'extrapolation pour d'autres diamètres n'est pas admise.

### 2.4. Chargement

L'effort de traction appliqué par un crochet sur un insert de levage ancré dans la dalle alvéolée, est effectué suivant un cycle de chargement/déchargement, allant jusqu'à la rupture par arrachement de l'insert :



La charge  $P$  correspond à l'effort exercé suivant l'angle de tirage, pour la CMU visée.

Après 5 cycles de chargement/déchargement à la charge  $P$ , on réalise un palier de charge à la valeur  $R_e$  définie par le demandeur de l'Avis Technique.

A ce palier, il est procédé à un examen visuel pour s'assurer de l'absence de dégradation apparente ou de fissuration. Si l'on observe une dégradation un nouvel essai doit être réalisé avec une charge  $P$  plus faible (et donc une valeur de CMU visée et une charge  $R_e$  plus faible).

Commentaire :

*En pratique la charge  $R_e$  devrait être prise égale à  $1.1XP$ . Il est loisible de définir plusieurs paliers d'observation.*

Le nombre de cycles, la durée des cycles, et la durée des paliers peuvent être revus en fonction du comportement du système observé lors des essais initiaux et de leur exploitation. La montée en charge doit être progressive, la durée de montée en charge jusqu'à la ruine ne devant pas être inférieure à 10 minutes, déduction faite de la durée du(des) palier(s) d'observation à la charge  $R_e$ . La durée de maintien en charge lors des paliers à la charge  $P$  est d'environ 30 sec.

Le nombre de cycle, la durée des cycles, et la durée des paliers peuvent être revus lors des essais de suivis, en fonction du comportement du système observé lors des essais initiaux et de leur exploitation.

Après le palier d'observation à la charge  $R_e$ , la montée en charge jusqu'à la rupture peut être réalisée de manière progressive sans réaliser de paliers intermédiaires à  $2P$  et  $3P$ .

### 2.5. Matériel d'essai

Le matériel utilisé lors des essais doit être clairement défini dans le rapport d'essais.

L'étalonnage du matériel se fera sous le contrôle de l'organisme agréé pour l'étalonnage.

## 3. Rapport d'essai

### 3.1. Supervision

Le rapport d'essai doit être établi par un organisme tiers compétent dans le domaine.

### 3.2. Description de l'échantillon, et des conditions d'essais

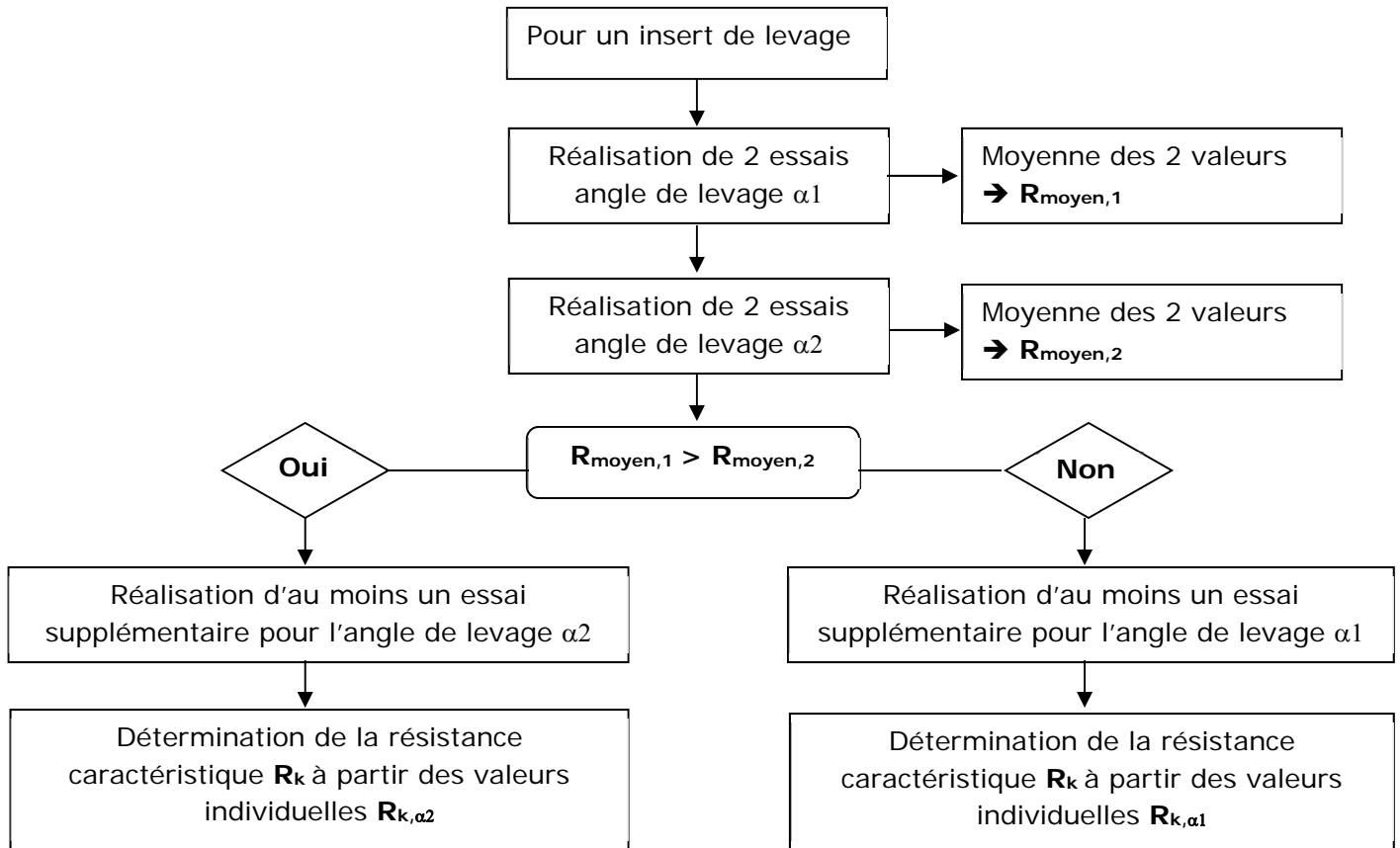
Les inserts de levages, les crochets et les dalles doivent être clairement décrites dans le rapport d'essai, et en particulier :

- Le matériau des inserts
- La géométrie des inserts
- La position des inserts sur la dalle
- La dimension des dalles
- La description du ferrailage et de la précontrainte de la dalle, qui doivent induire les contraintes les plus pénalisantes vis-à-vis des modes de ruptures observés.

Les paramètres suivants doivent être également indiqués dans le rapport d'essais :

- Résistance du béton de la dalle le jour des essais, et le cas échéant du béton d'ajout ;
- Angle de tirage ;
- Description des modes de rupture associées à chaque type d'essai.

#### 4. Logigramme de réalisation des essais



## Partie 2

### Justification de l'impact des inserts de levage sur les performances de la dalle vis-à-vis de la résistance à l'effort tranchant - Protocole d'Essais comparatifs de résistance à l'effort tranchant

#### 1. Généralités

L'objectif de la campagne d'essai est de déterminer, à l'aide d'essais comparatifs, un coefficient de réduction  $\alpha$  à appliquer à la capacité de résistance à l'effort tranchant des dalles alvéolées (pour une gamme de dalles ayant un nombre d'alvéoles identique et avec une suppression d'un nombre de nervure identique lors de l'intégration de l'insert), pour tenir compte de l'impact des inserts de levage.

Pour un nombre d'alvéole donné (avec suppression d'un nombre de nervure identique lors de l'intégration de l'insert) :

- les essais doivent être réalisés sur le profil de dalle ayant la largeur de nervure la plus faible et ayant la plus forte précontrainte.

- deux séries d'essais comparatifs doivent être réalisées pour évaluer l'ensemble de la gamme : avec la dalle alvéolée ayant l'épaisseur la plus grande de la gamme visée et avec la dalle alvéolée ayant l'épaisseur la plus faible de la gamme visée (soit au minimum  $2 \times (2 \times 3) = 12$  essais).

Les essais devront être effectués conformément à l'Annexe J de la NF EN 1168 et suivant les prescriptions complémentaires définies ci-après.

Pour une gamme de dalles ayant un nombre d'alvéoles identique et avec une suppression d'un nombre de nervure identique lors de l'intégration de l'insert, le coefficient de réduction  $\alpha$  est déterminé de la façon suivante :

Pour chaque couple d'essais sur dalle avec et sans inserts, on calcul :  $\alpha_{ind} = V_{R,inserts,i} / V_{R,sans\ inserts,i}$

Pour chaque série d'essais comparatifs de  $2 \times 3$  essais, on a :  $\alpha_i = Moy \{ \alpha_{ind} \}$

Avec :

$V_{R,inserts,i}$  : Résistance individuelle à l'effort tranchant obtenue sur dalles avec inserts de levage

$V_{R,sans\ inserts,i}$  : Résistance individuelle à l'effort tranchant obtenues sur dalles sans inserts de levage

On retient  $\alpha = \min \{ \alpha_i \}$  pour l'ensemble de la gamme de dalles (nombre d'alvéoles identique et suppression du même nombre de nervure suite à l'intégration des inserts).

Les échantillons testés doivent être issus de couples de dalles avec et sans inserts fabriqués dans le même banc de fabrication en alternant les dalles avec et sans inserts.

#### 2. Appareillage

La machine d'essai doit être au minimum une machine de classe 3 conformément au paragraphe 4.2 de l'EN 12390-4:2000.

#### 3. Dispositions d'essai

L'essai doit être effectué à une température comprise entre 0 °C et 40 °C. Cette température doit être enregistrée.

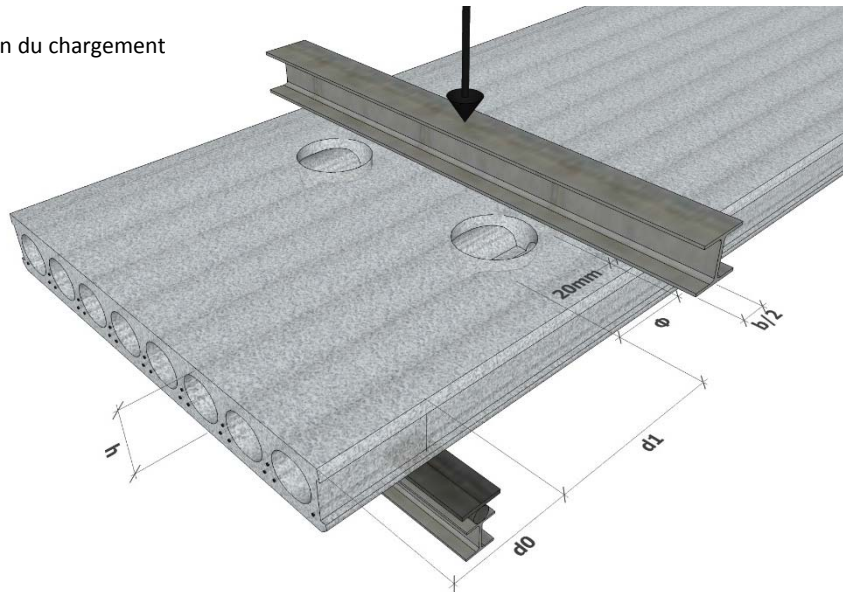
Le corps d'épreuve doit être un élément de dalle de largeur entière avec une portée égale à la plus grande des deux valeurs : 4 m ou  $15 \times h$ ,  $h$  étant la hauteur de l'élément (cf Figure 1), avec une tolérance de  $\pm 100$  mm.

L'appui le plus proche du point d'application de la charge doit être un appui à rouleau, de manière à ce qu'aucune force axiale ne soit générée par la rotation de l'élément au niveau de l'appui.

La charge doit être appliquée via une poutre d'appui placée transversalement à l'axe de le corps d'épreuve et suffisamment rigide pour répartir la charge uniformément sur la largeur de l'élément. Entre le corps d'épreuve et la poutre d'appui un matériau permettant de répartir la charge doit être appliqué, par exemple 10 mm de panneau en aggloméré de bois (masonite) ou de néoprène, ou un lit de mortier ou de plâtre. Ce matériau a pour rôle de compenser les inégalités de surface de l'élément et une éventuelle courbure de celui-ci dans la direction transversale.

La charge doit être appliquée à une distance de l'appui  $c = 2,5 \times h$  avec  $c = d1 + \Phi + 20\text{mm} + b/2$  (cf. Figure 1)

Figure 1 : position du chargement



La distance  $d_0$  doit être choisie par le demandeur afin d'éviter l'obtention d'un mode de rupture par flexion glissement ou par ancrage sur appui.

Les éléments d'essai doivent être âgés d'au moins 28 jours. Pour chaque série d'essai (dalle ayant l'épaisseur la plus grande de la gamme et dalle ayant l'épaisseur la plus faible de la gamme), les corps d'épreuve (avec et sans insert de levage) devront être issus de la même production de béton. Trois éprouvettes cubiques au minimum par série d'essai devront être écrasées à la date des essais de résistance à l'effort tranchant (à  $\pm 3$  jours près).

#### 4. Procédure d'essai

L'essai consiste à charger le corps d'épreuve jusqu'à rupture par un chargement monotone croissant contrôlé en force, par exemple à une vitesse de 20kN/min.

La procédure de chargement définie à l'article J.4 de la NF EN 1168+A2 peut être également adoptée si elle est appliquée à l'ensemble des séries d'essais.

#### 5. Rapport d'essai

##### 5.1 Contenu du rapport d'essai

Le rapport d'essai doit mentionner :

- l'identification de l'élément d'essai ;
- la date de fabrication ou tout autre code ;
- le positionnement des couples de dalle (avec et sans inserts) sur le banc de fabrication
- la date et le lieu de l'essai ;
- le laboratoire et la personne en charge de l'essai ;
- toutes les caractéristiques des matériaux utilisés pour l'élément d'essai ;
- la méthode d'essai ;
- le matériel de mesure utilisé ;
- la température sur le lieu de l'essai ;
- la valeur de la charge de rupture ;
- le mode de rupture, y compris une description écrite et des photographies ;
- toute observation concernant l'essai et tout désordre constaté (fissures, etc.) ;