



# INSTRUCTIONS D'ESSAI AVEC L'OUTIL HILTI BX 3-SCT

Détermination de la résistance au jeune âge d'un béton projeté par la méthode de l'enfoncement d'un goujon avec l'outil Hilti BX 3-SCT



## PRÉFACE

Ce manuel présente le nouveau système Hilti BX 3-SCT qui permet d'estimer la résistance à la compression au jeune âge d'un béton projeté.

Le système BX 3-SCT vient remplacer le système actuel Hilti DX 450-SCT, utilisé depuis plusieurs dizaines d'années pour cette application. Contrairement au DX 450-SCT, le système BX 3-SCT s'appuie sur la nouvelle technologie de clouage sur batterie, qui ne nécessite pas de cartouches à poudre. Le système BX 3-SCT présente d'autres avantages. D'une part, l'extraction des goujons n'est plus nécessaire et d'autre part, le champ d'application de la procédure a pu être élargi, puisqu'il est désormais possible de mesurer une résistance à la compression du béton dès 1 N/mm<sup>2</sup> environ.

Une nouvelle courbe de vérification a été déterminée de manière empirique pour le BX 3-SCT à la suite de recherches expérimentales réalisées à la faculté de Génie Civil de l'Université des Sciences Appliquées de Ratisbonne en Allemagne (Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg, OTH-Regensburg).

Ces procédures d'essai ont été compilées par Hilti Corporation en collaboration avec Charlotte Thiel et Wolfgang Kusterle, tous deux professeurs à l'Université de Ratisbonne.

Remarque à propos du système DX 450-SCT : Hilti va cesser de vendre de nouveaux outils DX 450-SCT, mais continuera bien entendu à assurer les réparations des outils présents sur le marché. De même, les goujons et cartouches nécessaires à la méthode de l'enfoncement de goujons DX 450-SCT continueront à être vendus afin que cette méthode puisse être utilisée avec les outils déjà existants.

Décembre 2021

## SOMMAIRE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>RÉSISTANCE AU JEUNE ÂGE DU BÉTON PROJETÉ</b>                   | <b>4</b>  |
| 1.1      | Définitions et classes de résistance au jeune âge                 | 4         |
| 1.2      | Méthodes de vérification de la résistance au jeune âge            | 5         |
| 1.3      | Fréquence de la vérification                                      | 6         |
| <b>2</b> | <b>MÉTHODE DE L'ENFONCEMENT D'UN GOUJON AVEC L'OUTIL BX 3-SCT</b> | <b>7</b>  |
| 2.1      | Équipement pour les essais  | 7         |
| 2.2      | Caractéristiques du BX 3-SCT et comparaison avec le DX 450-SCT    | 8         |
| 2.3      | Étapes de la procédure et estimation de la résistance             | 9         |
| 2.4      | Étude des mélanges de béton utilisés pour la vérification         | 12        |
| <b>3</b> | <b>BIBLIOGRAPHIE ET ANNEXES</b>                                   | <b>13</b> |
| 3.1      | Bibliographie et spécifications                                   | 13        |
| 3.2      | Annexes   | 13        |

# 1 RÉSISTANCE AU JEUNE ÂGE DU BÉTON PROJETÉ

## 1.1 Définitions et classes de résistance au jeune âge

**Béton projeté** Béton produit avec un mélange basique et projeté à grande vitesse par la buse d'un système pneumatique afin de former une masse homogène dense du fait de son énergie cinétique.

**Béton projeté au jeune âge** Béton projeté depuis moins de 24 heures.

**Résistance au jeune âge** Résistance à la compression au jeune âge d'un béton projeté. Les exigences en matière de résistance au jeune âge sont définies par les classes J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> et J<sub>3</sub>.

La construction d'un tunnel nécessite généralement l'application en hauteur ou sur les parois verticales de couches épaisses de béton projeté. Ce béton doit donc être caractérisé par une prise rapide et une résistance au jeune âge élevée. Pour obtenir de telles propriétés, on utilise des liants spéciaux ou généralement à base de ciment (souvent combinés à des matériaux cimentaires additionnels) et des accélérateurs.

Selon la méthode de creusement et le type de roches, différentes classes de résistance au jeune âge sont nécessaires pour le béton projeté. Pour des raisons de sécurité, la résistance au jeune âge doit être vérifiée tout au long de la construction avec une méthode suffisamment précise. Les classes de résistance au jeune âge courantes J<sub>1</sub> à J<sub>3</sub> sont définies dans la directive « Béton projeté » de l'ÖBV<sup>1)</sup> [1] et dans la norme EN 14487-1 [2].

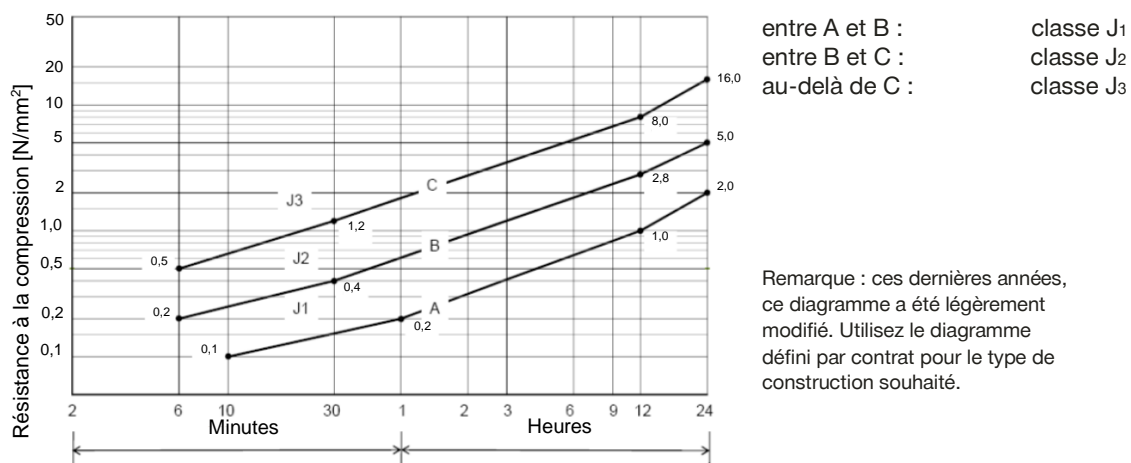


Figure 1 : classes de résistance au jeune âge d'un béton projeté [1]

1) ÖBV : Österreichische Bautechnik Vereinigung (association autrichienne des technologies de construction), [www.bautechnik.pro](http://www.bautechnik.pro)

## 1.2 Méthodes de vérification de la résistance au jeune âge

La résistance au jeune âge ne peut être directement mesurée sur des éprouvettes, car il est impossible de projeter uniformément du béton pour obtenir des cubes ou d'autres formes d'éprouvettes. De plus, étant donné que les conditions environnantes d'un chantier de tunnel sont difficiles, seules des méthodes de mesure robustes peuvent être appliquées. Les critères requis pour la méthode de vérification sont les suivants : facilité d'utilisation, rapidité, vérification pouvant être pratiquée partout dans le tunnel, possibilité de mesurer sur les surfaces rugueuses, mesure non affectée par les renforcements en fibre.

Deux méthodes de mesure sont aujourd'hui généralement acceptées :

- Pénétration d'une aiguille
- Enfoncement d'un goujon

Ces deux méthodes, qui utilisent une approche indirecte consistant à introduire un objet fin dans le béton, ont fait leurs preuves sur les tunnels en construction du monde entier.

La première utilise une aiguille ( $\varnothing 3 \pm 0,1$  mm) qui est introduite dans le béton projeté au jeune âge, au moyen d'un pénétromètre. On note la force nécessaire pour introduire l'aiguille dans le béton jusqu'à une profondeur de  $15 \pm 2$  mm. Cette méthode est applicable pour une résistance au jeune âge nécessitant une contrainte à la compression approximativement inférieure ou égale à  $1,0$  N/mm<sup>2</sup>.

La seconde utilise des goujons filetés qui sont introduits dans le béton à l'aide d'un outil de clouage avec une énergie d'enfoncement définie. Cette méthode a été mise au point en 1984 par Wolfgang Kusterle, professeur à l'Université d'Innsbruck, en Autriche [5]. La méthode Hilti DX 450-SCT figure depuis les années 1990 dans la directive « Béton projeté » de l'ÖBV [1]. Depuis 2006, la méthode générale de l'enfoncement des goujons est également couverte par la norme EN 14488-2 sous la désignation « Méthode B » [4].

La figure 2 montre le spectre des applications des différentes méthodes : par pénétration d'une aiguille, par enfoncement d'un goujon avec le DX 450-SCT actuellement utilisé et la nouvelle méthode avec le BX 3-SCT.

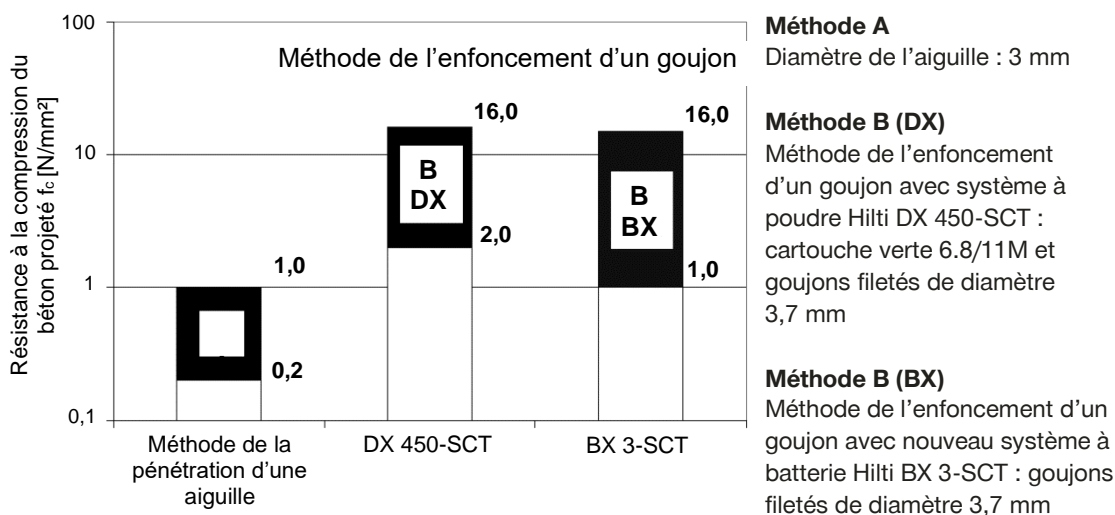


Figure 2 : méthodes de mesure et plage de résistance du béton projeté

Dans le cas de la méthode avec le cloueur Hilti DX 450-SCT et cartouche verte, les goujons sont enfoncés dans le béton, puis en sont extraits. Cette méthode s'applique pour une résistance à la compression du béton comprise entre environ 2 N/mm<sup>2</sup> et 16 N/mm<sup>2</sup>. Le paramètre d'essai correspondant est le rapport de la force d'extraction sur l'implantation de la fixation. Un aperçu historique des différentes méthodes d'essai DX 450 figure dans le document [6].

Dans le cas de la nouvelle méthode avec le cloueur Hilti BX 3-SCT, les goujons sont uniquement introduits dans le béton, il n'est plus nécessaire de les en retirer. Cette méthode s'applique pour une résistance du béton comprise entre environ 1 N/mm<sup>2</sup> et 16 N/mm<sup>2</sup>. Le paramètre d'essai correspondant est l'implantation de la fixation<sup>1)</sup>.

Lorsque la résistance à la compression du béton est supérieure à 10 N/mm<sup>2</sup>, il est recommandé en complément de tester le béton projeté par l'extraction de carottes de forage.

### 1.3 Fréquence de la vérification

Comme précisé ci-dessus, la méthode par enfoncement d'un goujon est couverte par plusieurs recommandations techniques, par exemple la directive « Béton projeté » de l'ÖBV [1]. Ces directives portent aussi sur le niveau d'évaluation requis pour la conformité du béton projeté, comprenant en particulier la vérification de la conformité avec la classe J spécifiée pour la résistance au jeune âge.

La fréquence de la vérification du béton projeté dépend de la catégorie spécifiée pour l'inspection : UEK I, II ou III (voir [1] pour les détails) :

| Paramètre d'essai       | Essai de pré-construction | Évaluation de la conformité | Catégorie d'inspection UEK I                    | Catégorie d'inspection UEK II                   | Catégorie d'inspection UEK III                  | Vérification de l'identité     |
|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|---|---|--------------------------------|
| Classe de résistance au | x                         | x                           | tous les 2 mois ou tous les 5000 m <sup>2</sup> | 1 fois par mois ou tous les 2500 m <sup>2</sup> | 2 fois par mois ou tous les 1250 m <sup>2</sup> | tous les 20 000 m <sup>2</sup> |

<sup>1)</sup> Le programme d'essais de l'Université de Ratisbonne [7] comportait également la détermination de la relation entre la résistance initiale et le rapport force/implantation des goujons. Les résultats ont toutefois montré que pour le système BX 3-SCT, la seule prise en compte de l'implantation donne une meilleure relation, surtout pour les valeurs basses de résistance initiale (de 1 à 4 N/mm<sup>2</sup>).

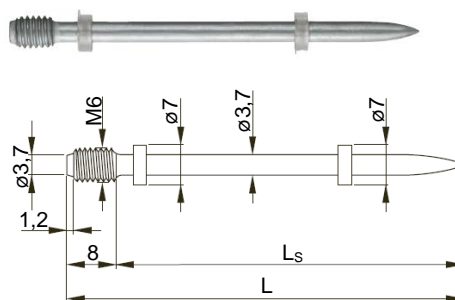
## 2 MÉTHODE DE L'ENFONCEMENT D'UN GOUJON AVEC L'OUTIL BX 3-SCT

### 2.1 Équipement pour les essais

Outil sur batterie Hilti BX 3-SCT

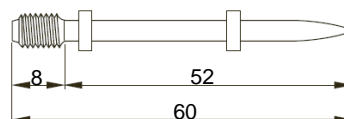


Goujons en acier au carbone zingué de diamètre de tige 3,7 mm

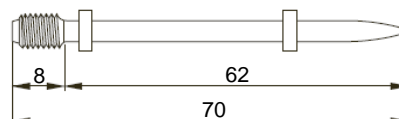


Lt ... longueur de tige  
L ... longueur totale du goujon

X-M6-8-52 DP7 SCT B3



X-M6-8-62 DP7 SCT B3



X-M6-8-87 DP7 SCT B3

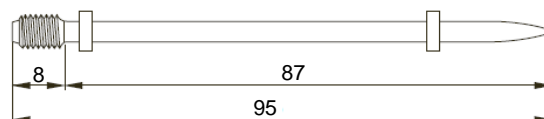


Figure 3 : Équipement d'essai BX 3-SCT

Remarques sur la désignation des goujons :

|                  |  |
|------------------|--|
| M6-8 ...         | Filet M6 et longueur de filet 8 mm                                   |
| 52, 62 ou 87 ... | Longueur de tige $L_t$ de la fixation                                |
| 60, 70 ou 95 ... | Longueur totale L de la fixation                                     |
| DP7 ...          | Rondelles doubles en plastique de diamètre extérieur 7 mm            |
| SCT ...          | Goujons destinés à la vérification du béton projeté                  |
| B3 ...           | Goujons destinés à une utilisation sur l'outil sur batterie BX 3-SCT |

Les informations relatives à la commande figurent à l'annexe 5.

## 2.2 Caractéristiques du BX 3-SCT et comparaison avec le DX 450-SCT

| Fonctionnalités                               | Outil sur batterie BX 3-SCT  | Outil à poudre DX 450-SCT  |
|---|--|--|
| Principe de fixation et énergie d'enfoncement | Outil de clouage avec piston captif intégré, qui enfonce le goujon dans le béton.<br>Énergie d'enfoncement : Énergie mécanique chargée par un accumulateur.<br>Aucune cartouche de poudre n'est requise.                                   | Contient également un piston captif, mais l'énergie d'enfoncement provient de la combustion d'une cartouche de poudre.   |
| Réglage de l'énergie de l'outil <sup>1)</sup> | Non requise.<br>L'énergie de l'outil est constante et ne peut être réglée.   | Requise.<br>L'opérateur doit utiliser la bonne cartouche et doit régler le niveau d'énergie d'enfoncement sur l'outil.   |
| Goujons <sup>2)</sup>                         | Goujons M6 de diamètre de tige 3,7 mm et 3 longueurs de tige $L_t$ de 52, 62 et 87 mm.   | Goujons M6 de diamètre de tige 3,7 mm et 3 longueurs de tige $L_t$ de 52, 72 et 95 mm.   |
|   | <p>2 rondelles en plastique de 7 mm de diamètre</p>  | <p>1 rondelle en plastique et 1 rondelle métallique de 12 mm de diamètre</p>   |
| Paramètres de vérification                    | La vérification s'effectue au moyen de l'implantation de la fixation $h_{nom}$ [mm].   | La vérification s'effectue au moyen du rapport de la force d'extraction sur l'implantation de la fixation $N_u/h_{nom}$ [N/mm] (voir [1], [4], [5], [6] pour les détails). |
|   | <p>La méthode de l'enfoncement d'un goujon avec un BX 3-SCT ne nécessite aucune vérification par extraction.</p>   |  |
| Courbes de vérification                       | Étant donné que l'énergie d'enfoncement du BX 3-SCT dépend de la longueur du goujon, 2 courbes de vérification distinctes ont été établies :<br>Courbe A : X-M6-8-87 DP7 SCT B3<br>Courbe B : X-M6-8-52 DP7 SCT B3 et X-M6-8-62 DP7 SCT B3 | Une vérification applicable à toutes les longueurs de goujons.   |

1) Énergie de l'outil : BX 3-SCT :  $77 \pm 7$  J, DX 450-SCT :  $96 \pm 8$  J

2) L'utilisation de goujons DX 450-SCT sur le BX 3-SCT n'est ni permise ni possible en pratique, dans la mesure où les fixations ne sont pas adaptées au guide-fixation du BX 3-SCT. De même, l'utilisation de goujons BX 3-SCT sur le DX 450-SCT n'est ni permise ni possible en pratique, car ces goujons de 7 mm de diamètre ne rentrent pas dans le DX 450-SCT.



## 2.3 Étapes de la procédure et estimation de la résistance

### Avant de commencer :

Avant la première utilisation, lisez le mode d'emploi du BX 3-SCT pour une utilisation sûre et efficace de l'outil. Respectez l'ensemble des consignes de sécurité et avertissements indiqués dans le mode d'emploi fourni avec chaque outil.

1. Choisissez le goujon adapté à la résistance attendue du béton.

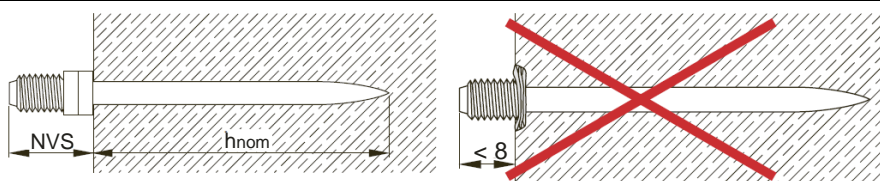
| Type de goujon                               | Plage de résistance au jeune âge $f_{c1}$ | Remarques  |
|--|---|--|
| X-M6-8-87 DP7 SCT B3                         | 1 à 4 N/mm <sup>2</sup>                   | Non vérifié au-delà de 4 N/mm <sup>2</sup>   |
| X-M6-8-52 DP7 SCT B3<br>X-M6-8-62 DP7 SCT B3 | 2 à 16 N/mm <sup>2</sup>                  | Dans la mesure du possible, utilisez le goujon le plus court (X-M6-8-52 DP7 SCT B3). N'utilisez le goujon supérieur (X-M6-8-62 DP7 SCT B3) que si le goujon 52 est trop court. |

<sup>1)</sup> Résistance d'un cube de 150 mm

De manière générale, utilisez toujours le goujon le plus court possible.

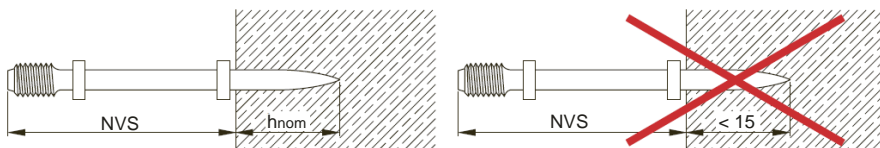
Respectez les règles suivantes concernant la partie visible et l'implantation :

#### Partie visible $NVS \geq 8$ mm



Dans le cas où la partie visible est inférieure à 8 mm et si vous utilisez déjà le goujon le plus long (X-M6-8-87 DP7 SCT B3), le béton est encore trop tendre pour la méthode de vérification BX 3-SCT.

#### Implantation de la fixation $h_{nom} \geq 15$ mm



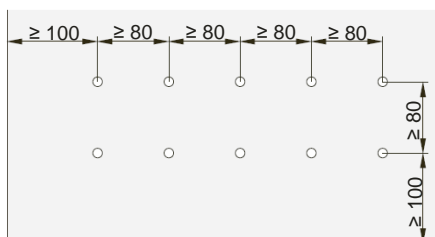
Dans le cas où l'implantation  $h_{nom}$  de fixations individuelles est inférieure à 15 mm, le béton est déjà trop dur pour la méthode de vérification BX 3-SCT. L'implantation moyenne minimale d'une série de 10 goujons doit être de 20 mm. Sinon, le béton est trop dur pour la méthode de vérification BX 3-SCT.

2. Enfoncez 10 goujons avec le cloueur sur batterie BX 3-SCT en respectant le mode d'emploi de l'outil.

Les goujons sont introduits manuellement dans le guide-fixation tubulaire, comme indiqué ci-dessous. Le goujon est suffisamment inséré si la rondelle en plastique côté pointe rentre dans le guide-fixation de l'outil<sup>1)</sup>. Lorsqu'on appuie l'outil contre la surface du béton, la fixation rentre complètement dans le guide-fixation tubulaire.

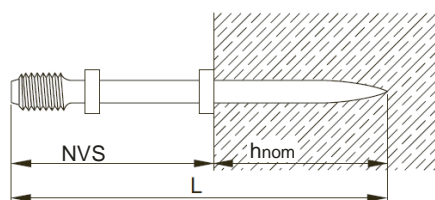


L'entraxe minimum entre goujons doit être supérieur ou égal à 80 mm. La distance au bord doit être supérieure ou égale à 100 mm.



Remarque :  
Une distance au bord de 100 mm est pertinente si la méthode est appliquée avec des panneaux de projection.

3. Mesurez et notez la partie visible NVS de chaque goujon par rapport à la surface du béton.



4. Calculez l'implantation  $h_{nom}$  de chaque goujon fileté.

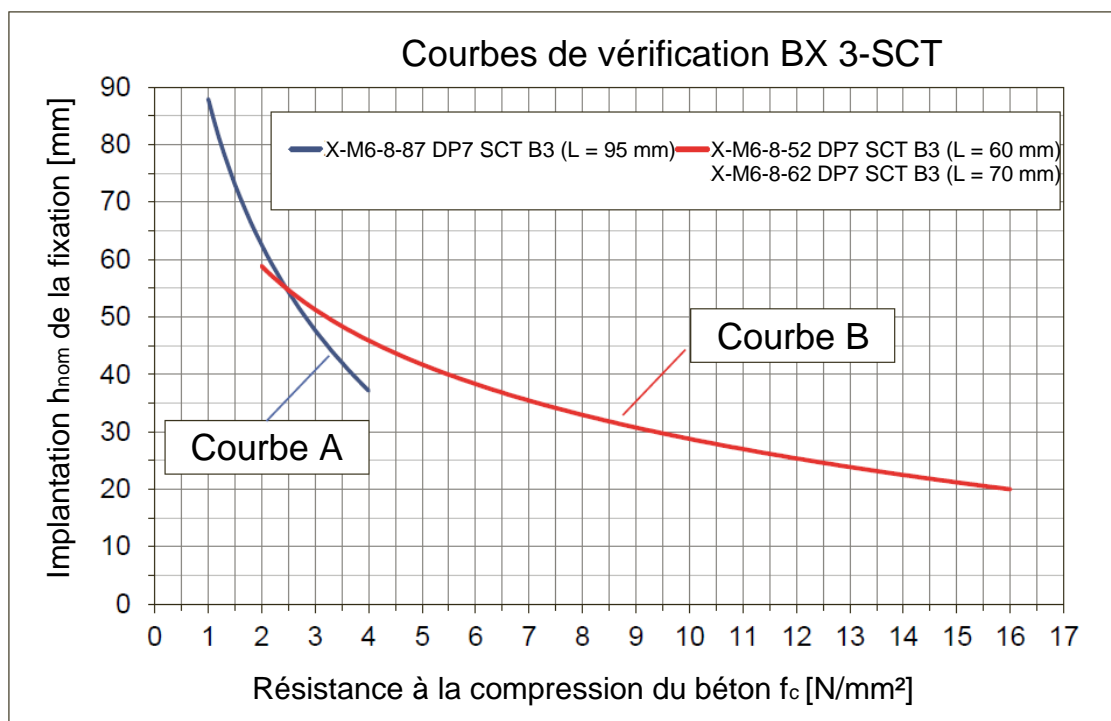
|                     | Type de goujon       | Longueur totale L [mm] |
|---------------------|----------------------|------------------------|
| $h_{nom} = L - NVS$ | X-M6-8-52 DP7 SCT B3 | 60                     |
|                     | X-M6-8-62 DP7 SCT B3 | 70                     |
|                     | X-M6-8-87 DP7 SCT B3 | 95                     |

<sup>1)</sup> Les rondelles en plastique sont conçues de manière à ce qu'elles soient maintenues dans le guide-fixation et empêchent le goujon de se détacher du guide. Les goujons peuvent également être introduits manuellement dans le guide-fixation, leur pointe affleurant avec la partie frontale du guide.

5. Calculez l'implantation moyenne  $h_{nom}$  pour les 10 goujons de la série d'essai.
6. Estimez la résistance à la compression au jeune âge du béton projeté à l'aide du diagramme de vérification ci-dessous ou de la formule de vérification. Étant donné que l'énergie d'enfoncement du BX 3-SCT dépend de la longueur du goujon, 2 courbes de vérification distinctes A et B ont été établies :

| Goujon                                       | Plage de résistance $f_c$ | Courbe de vérification | Formule de vérification                  |
|--|---------------------------|------------------------|--|
| X-M6-8-87 DP7 SCT B3                         | 1 à 4 N/mm <sup>2</sup>   | A                      | $f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$ |
| X-M6-8-52 DP7 SCT B3<br>X-M6-8-62 DP7 SCT B3 | 2 à 16 N/mm <sup>2</sup>  | B                      | $f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$ |

$h_{nom}$  ... implantation moyenne de la fixation en [mm] dans une série de 10 échantillons  
 $f_c$  ... résistance au jeune âge estimée d'un cube (150 mm) en [N/mm<sup>2</sup>]



Les courbes de vérification prennent en compte les formulations de béton testées dans le document [7]. Une étude des différentes formulations est fournie à la section 2.4 et à l'annexe 4.

Les courbes non linéaires représentent la valeur moyenne des résultats de toutes les formulations de béton.

## 2.4 Étude des mélanges de béton utilisés pour la vérification

L'évaluation expérimentale de la vérification [7] a reposé sur six formulations de béton traditionnellement utilisées dans les travaux impliquant du béton projeté<sup>1)</sup> :

- Agrégats : grain anguleux ou rond de dureté standard (calcaire dolomitique mixte) de dimension maximale 8 mm.
- Courbe granulométrique B8. Certaines formulations contenaient plus de grains fins et d'autres en contenaient moins que la courbe granulométrique nominale B8.
- La teneur en liant était comprise entre 400 et 480 kg/m<sup>3</sup>.
- Le rapport eau/liant était compris entre 0,45 et 0,62.
- La teneur en vide d'air était comprise entre 1,2 et 3,9 %.

La synthèse des différentes formulations de béton figure à l'annexe 4.

Les courbes de vérification sont bien adaptées à des formulations et agrégats couramment utilisés en Europe centrale. Dans le cas de formulations s'en écartant, surtout en ce qui concerne la dureté des agrégats selon l'échelle de Mohs, par exemple pour un quartzite de dureté égale à 7, il est recommandé d'établir une nouvelle courbe de vérification sur site. Par ailleurs, la procédure correspondante est brièvement décrite dans la directive « Béton projeté » de l'ÖBV :

« Pour la vérification, il est recommandé d'utiliser des formulations basiques sans accélérateur. Par conséquent, les spécifications de la formulation d'essai doivent prendre en compte les pertes dues au rebondissement (teneur en liant plus élevé, granulométrie plus fine). La formulation est placée dans les moules à éprouvettes, compactée et stockée à l'abri de l'évaporation. La résistance à la compression des cubes (ou des cylindres) sera évaluée au bout d'un certain temps, conformément aux procédures d'essai reconnues. Le coffrage des éprouvettes est retiré peu de temps avant l'essai. On veillera à utiliser un équipement d'essai adapté à la mesure de charges faibles.

En parallèle, on effectuera des essais d'enfoncement de goujons conformément à la procédure d'essai correspondante. Ces essais sont effectués sur des plaques formées séparément et présentant approximativement la même cubature, mais d'épaisseur égale à 10 cm. L'évolution de la température dans les cubes et les plaques doit être similaire de façon à ce que les essais soient réalisés avec le même niveau d'hydratation ou la même maturité. Les plaques restent dans le moule pendant l'essai d'enfoncement du goujon et doivent être fermement maintenues. Les essais sont réalisés rapidement, avec les cubes d'essai de référence. À partir des résultats des deux essais, une courbe de vérification est établie par l'analyse de régression linéaire. Le coefficient de corrélation R doit être supérieur à 0,85. Les extrapolations ne sont pas autorisées. »

---

<sup>1)</sup> Bien que divers mélanges aient été pris en compte dans le programme d'essai, les caractéristiques du béton projeté réellement utilisé peuvent s'en écarter et limiter l'applicabilité générale de la vérification. De ce fait, Hilti recommande de vérifier la courbe de vérification avant de commencer le projet.

## 3 BIBLIOGRAPHIE ET ANNEXES

### 3.1 Bibliographie et spécifications

- [1] Directive « Béton projeté » (2013) de l'ÖBV (Österreichische Bautechnik Vereinigung), édition avril 2013.
- [2] EN 14487-1:2005: Béton projeté – Partie 1 : définitions, spécifications et conformité.
- [3] EN 14487-2:2006: Béton projeté – Partie 2 : exécution.
- [4] EN 14488-2:2006: Essais pour béton projeté – Partie 2 : Résistance à la compression au jeune âge du béton projeté.
- [5] Kusterle, W. (1984) : Ein kombiniertes Verfahren zur Beurteilung der Frühfestigkeit von Spritzbeton (« Méthode combinée de détermination de la résistance au jeune âge du béton projeté »). Beton- und Stahlbetonbau, cahier 9/1984 (en allemand).
- [6] Hilti (2011) : Determination of the early strength of sprayed concrete with stud driving method Hilti DX 450-SCT (détermination de la résistance du béton projeté avec la méthode d'enfoncement d'un goujon Hilti DX 450-SCT), décembre 2011.
- [7] Hechenbichler, J., Kuyten, L., Thiel, C. (2021) : Hilti BX 3-SCT : Erstellung einer Kalibrierung für die Frühfestigkeitsbestimmung von Spritzbeton (« Hilti BX 3-SCT : réalisation d'une vérification pour la détermination de la résistance à la compression au jeune âge d'un béton projeté »), Université des sciences appliquées de Ratisbonne, faculté de génie civil, 22 novembre 2021 (en allemand).

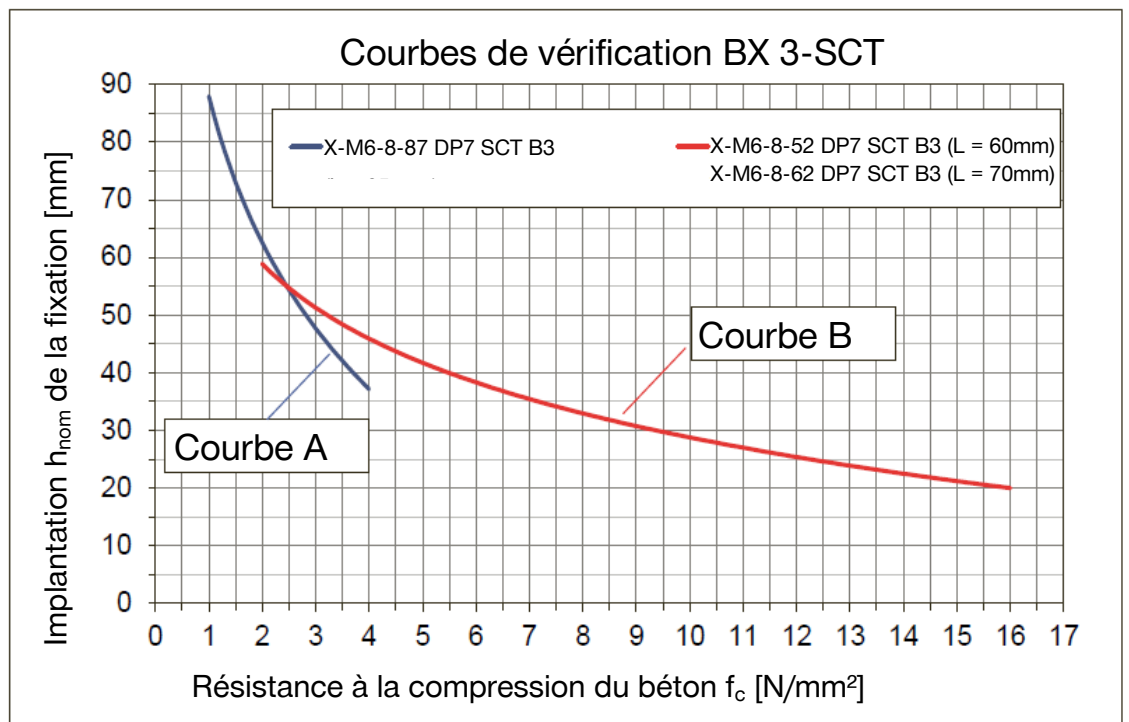
### 3.2 Annexes

- Annexe 1 : Courbe et formule de vérification avec le BX 3-SCT
- Annexe 2 : Courbe de vérification A : exemple de modèle pour les essais et l'évaluation du béton
- Annexe 3 : Courbe de vérification B : exemple de modèle pour les essais et l'évaluation du béton
- Annexe 4 : Calcul de la formulation pour les essais de vérification
- Annexe 5 : Informations pour la commande

## ANNEXE 1 : COURBES DE VÉRIFICATION AVEC LE BX 3-SCT

| Goujon                                       | Plage de résistance $f_c$ | Courbe de vérification | Formule de vérification                  |
|--|---------------------------|------------------------|--|
| X-M6-8-87 DP7 SCT B3                         | 1 à 4 N/mm <sup>2</sup>   | A                      | $f_c = e^{-\frac{h_{nom}-87.93}{36.62}}$ |
| X-M6-8-52 DP7 SCT B3<br>X-M6-8-62 DP7 SCT B3 | 2 à 16 N/mm <sup>2</sup>  | B                      | $f_c = e^{-\frac{h_{nom}-71.82}{18.69}}$ |

Le coefficient de corrélation est  $R = 0,92$  pour les deux courbes de vérification.



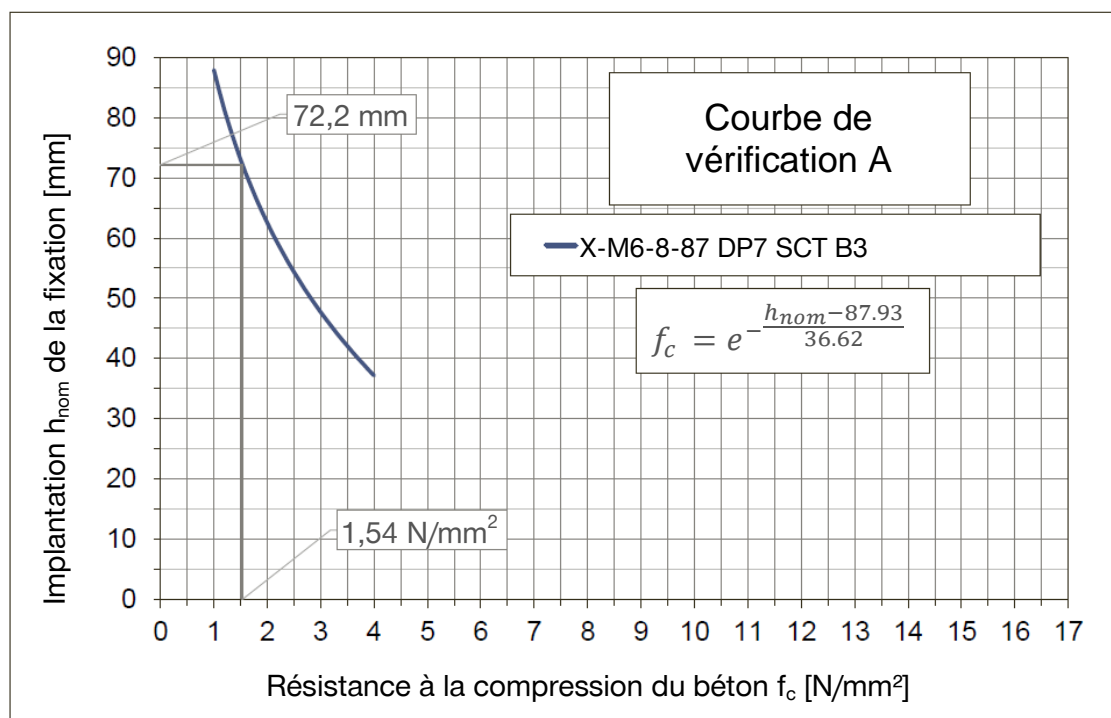
## ANNEXE 2 : EXEMPLE DE COURBE DE VÉRIFICATION A

Remarque : les documents utilisés en pratique doivent comporter des informations sur le projet, le lieu, l'ingénieur d'essais, la formulation de béton, la date de la projection de béton et la date des essais.

| Outil    | N° de série de l'outil | Type de goujon       | Longueur totale du goujon L [mm] |  |
|----------|------------------------|----------------------|----------------------------------|--|
| BX 3-SCT | 1000                   | X-M6-8-87 DP7 SCT B3 | 95                               |  |

| N° goujon | Partie visible NVS [mm] | Profondeur d'implantation $h_{nom}$ [mm] | Profondeur d'implantation moyenne $h_{nom}$ [mm] | Résistance du béton $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-----------|-------------------------|--|--|--|
| 1         | 25                      | 70                                       | 72,2   | 1,54   |
| 2         | 26                      | 69                                       |  |  |
| 3         | 22                      | 73                                       |  |  |
| 4         | 27                      | 68                                       |  |  |
| 5         | 20                      | 75                                       |  |  |
| 6         | 21                      | 74                                       |  |  |
| 7         | 26                      | 69                                       |  |  |
| 8         | 27                      | 68                                       |  |  |
| 9         | 15                      | 80                                       |  |  |
| 10        | 19                      | 76                                       |  |  |

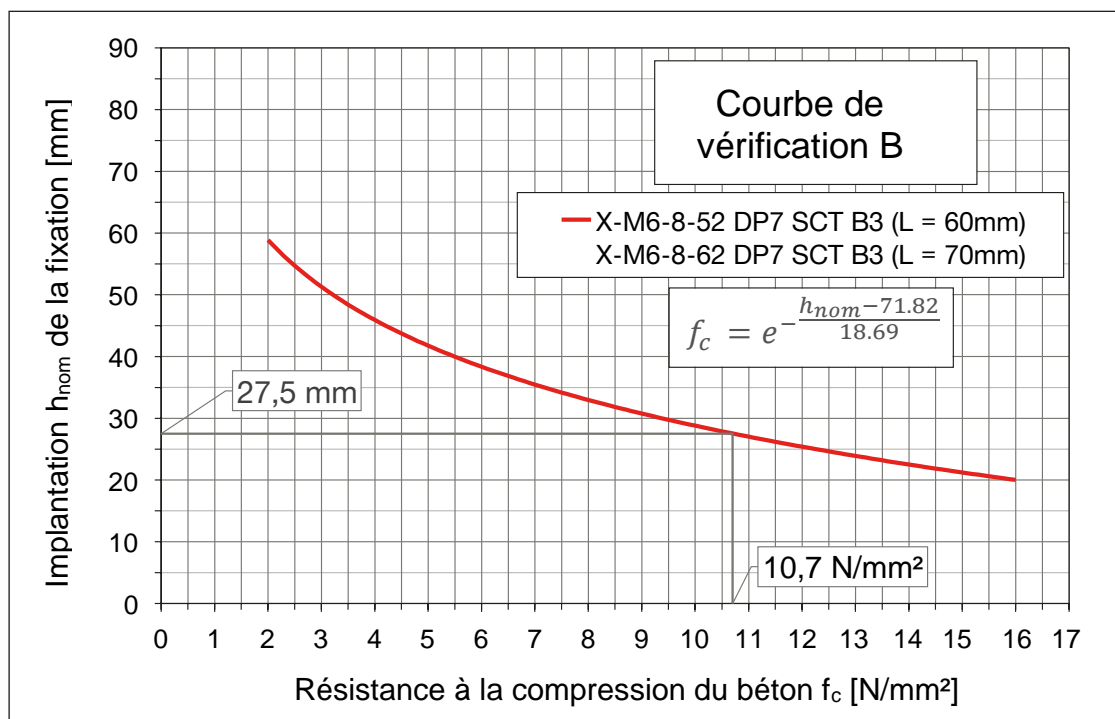


### ANNEXE 3 : EXEMPLE DE COURBE DE VÉRIFICATION B

Remarque : les documents utilisés en pratique doivent comporter des informations sur le projet, le lieu, l'ingénieur d'essais, la formulation de béton, la date de la projection de béton et la date des essais.

| Outil    | N° de série de l'outil | Type de goujon       | Longueur totale du goujon L [mm] |
|----------|------------------------|----------------------|----------------------------------|
| BX 3-SCT | 1000                   | X-M6-8-52 DP7 SCT B3 | 60                               |

| N° goujon | Partie visible NVS [mm] | Profondeur d'implantation $h_{nom}$ [mm] | Profondeur d'implantation moyenne $h_{nom}$ [mm] | Résistance du béton $f_c$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|-----------|-------------------------|--|--|--|
| 1         | 34                      | 26                                       | 27,5   | 10,7   |
| 2         | 35                      | 25                                       |  |  |
| 3         | 29                      | 31                                       |  |  |
| 4         | 31                      | 29                                       |  |  |
| 5         | 33                      | 27                                       |  |  |
| 6         | 35                      | 25                                       |  |  |
| 7         | 29                      | 31                                       |  |  |
| 8         | 34                      | 26                                       |  |  |
| 9         | 33                      | 27                                       |  |  |
| 10        | 32                      | 28                                       |  |  |





## ANNEXE 4 : CALCUL DE LA FORMULATION POUR LES ESSAIS DE VÉRIFICATION

| Formulation de béton | Agrégats <sup>1)</sup> | Taille de grain max. [mm] | Teneur en liant [kg/m <sup>3</sup> ] | Teneur en ciment <sup>2)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ] | Additifs <sup>3)</sup> [kg/m <sup>3</sup> ] | Rapport eau/liant |
|----------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------------------|---|---|-------------------|
| 1                    | rond                   | 8                         | <b>420</b>                           | <b>280</b>  | <b>140</b>                                  | 0,46              |
| 2                    | rond                   | 8                         | <b>460</b>                           | <b>307</b>  | <b>153</b>                                  | 0,46              |
| 3                    | rond                   | 8                         | <b>480</b>                           | <b>320</b>  | <b>160</b>                                  | 0,46              |
| 4                    | rond                   | 8                         | <b>460</b>                           | <b>307</b>  | <b>153</b>                                  | 0,51              |
| 5                    | anguleux               | 8                         | <b>460</b>                           | <b>307</b>  | <b>153</b>                                  | 0,46              |
| 7                    | rond                   | 8                         | <b>400</b>                           | <b>267</b>  | <b>133</b>                                  | 0,62              |

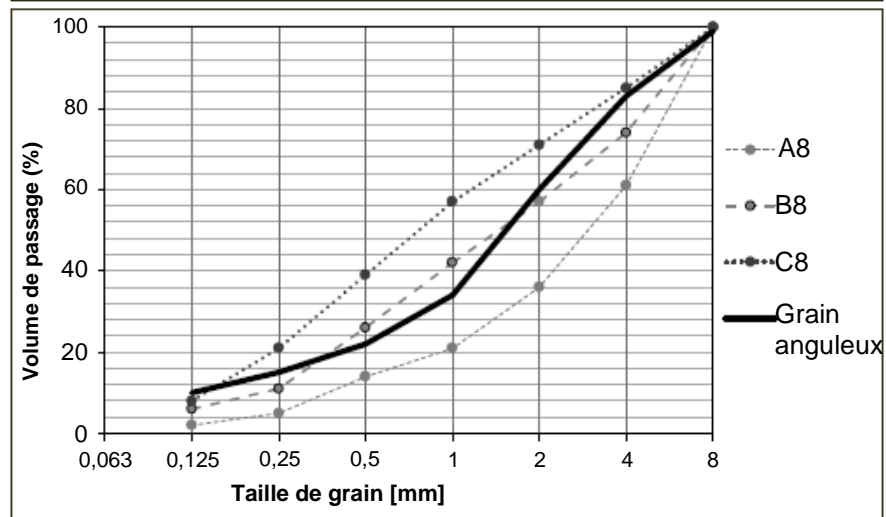
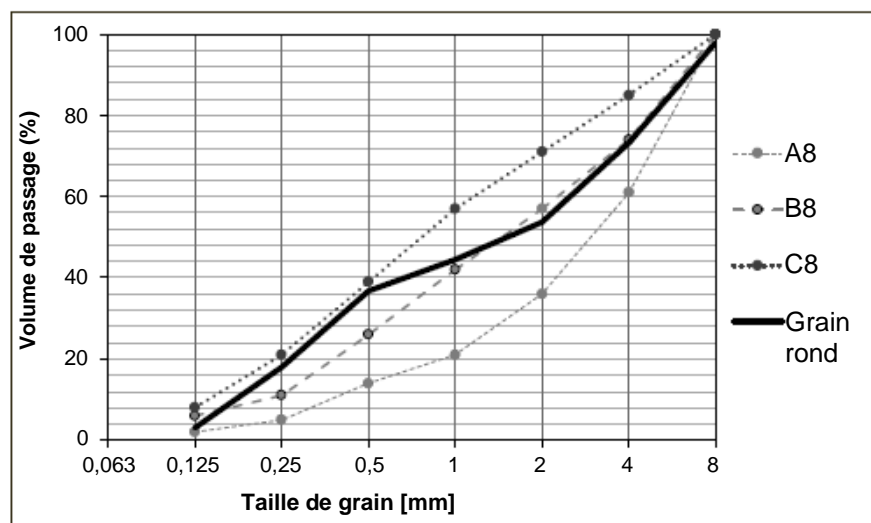
<sup>1)</sup> Analyse pétrographique : calcaire dolomitique mixte, dureté standard

<sup>2)</sup> Ciment : CEM I 52.5 R

<sup>3)</sup> Additifs : formulation de laitier, cendres volantes et poudre de calcaire

Adjuvants : réducteurs d'eau et aérateurs pour obtenir un écoulement sur table de 500 à 600 mm et 3 % d'air entraîné.

### Analyse des agrégats



## ANNEXE 5 : INFORMATIONS POUR LA COMMANDE

| Désignation de commande   | Code article |   |
|---|--------------|---|
| <b>Outil de vérification du béton projeté</b>   |              |   |
|   | 2330184      |   |
| BX 3-SCT (02)   | 2346819      | pour les États-Unis et le Canada uniquement |
| <b>Batteries B22 22V Li-ion recommandées</b>  |              |   |
| Batterie Li-ion B22 2.6 22V   | 2136393      |   |
| Batterie Li-ion B22 2.6 22V   | 2136395      | pour les États-Unis et le Canada uniquement |
| <b>Chargeurs pour batteries Li-ion Hilti</b>  |              |   |
| Les références des chargeurs C4/36 peuvent être différentes selon le marché.<br>Veuillez consulter le site web Hilti de votre pays pour les détails de la commande. |              |   |
| Les batteries et les chargeurs doivent être commandés séparément.   |              |   |
| <b>Consommables et pièces détachées</b>   |              |   |
| Goujons filetés X-M6-8-52 DP7 SCT B3 (100 unités/boîte)   | 2323247      |   |
| Goujons filetés X-M6-8-62 DP7 SCT B3 (100 unités/boîte)   | 2323246      |   |
| Goujons filetés X-M6-8-87 DP7 SCT B3 (100 unités/boîte)   | 2323248      |   |
| Guide-fixation X-FG B3-SCT 02   | 2337405      |   |





Hilti Corporation  
9494 Schaan, Liechtenstein  
P +423-234 2965

[www.facebook.com / hiltigroup](https://www.facebook.com/hiltigroup)  
[www.hilti.group](https://www.hilti.group)