



RENFORCEMENT POST-INSTALLATION DANS DES CONDITIONS D'INCENDIE

Septembre 2024



1.0 ARMATURES POST-INSTALLÉES DANS DES CONDITIONS D'INCENDIE POUR LA CONSTRUCTION EN BÉTON

Malheureusement, les incendies sont un phénomène auquel certains bâtiments sont exposés pendant leur durée de vie. On sait que le feu peut causer des dommages importants aux éléments structuraux et non structuraux d'un bâtiment lors d'un incendie. Les codes de construction types sont élaborés pour permettre aux occupants de sortir en toute sécurité et, probablement, pour limiter les dégâts causés par l'incendie. Le code international de la construction (IBC) aux États-Unis et le code national de la construction du Canada (NBC-C) prévoient tous deux la création de barrières coupe-feu pour limiter la propagation du feu en cas d'incendie.

Dans les structures en béton et en maçonnerie, les ingénieurs peuvent aujourd'hui utiliser la norme ACI/TMS 216.1 **Critères de code pour déterminer la résistance au feu des assemblages de construction en béton et en maçonnerie** pour examiner comment les éléments structuraux du bâtiment seront affectés lorsqu'ils seront exposés aux températures élevées d'un incendie. ACI 216.1 fournit des informations sur la conception des murs, planchers et toits en béton, qui constituent les principaux ensembles résistants au feu dans une structure, ainsi que des informations sur les effets du feu sur l'armature en acier et sur la conception des poutres et colonnes en béton. Il y a également des considérations de conception pour les colonnes d'acier encastrées dans le béton et des dispositions pour la prise en compte du feu dans les structures en maçonnerie.

Cependant, il n'existe aucune disposition dans la norme ACI 216.1 ou dans d'autres codes de référence aux États-Unis ou au Canada qui prenne en compte les effets du feu sur les ancrages post-installés tels que les armatures post-installées avec des systèmes d'ancrage adhésifs qui sont utilisés pour développer l'armature tout comme l'armature coulée. La conception d'ancrages post-installés pour l'exposition au feu est plus courante en Europe, principalement en raison du grand nombre de tunnels où les incendies sont extrêmement dangereux. En Europe, il existe des normes d'essai et de conception utilisées par les concepteurs pour évaluer les ancrages post-installés dans des conditions d'incendie.

En conjonction avec l'ACI 216.1 et un nouveau critère d'acceptation de test et d'évaluation mis en œuvre par les services d'évaluation de l'ICC (ICC-ES), ce document vise à fournir une méthodologie que les concepteurs utilisant l'ACI 318 ou la CSA A23.3 peuvent utiliser pour évaluer les connexions de barres d'armature post-installées avec des adhésifs Hilti pour le développement des barres d'armature au cours d'un incendie.

Les critères d'acceptation de l'ICC-ES pour les ancrages adhésifs post-installés dans les éléments en béton (AC308) ont été mis à jour en 2015 afin que les barres d'armature post-installées avec adhésif puissent être qualifiées pour montrer l'équivalence avec les barres d'armature coulées pour les calculs de longueur de développement. Hilti a fait qualifier le HIT-RE 500 V3 auprès de l'ICC-ES pour une utilisation avec les barres d'armature ESR 3814 du chapitre 25 de l'ACI 318. Consulter le Guide technique des produits nord-américains de Hilti : Guide de renforcement post-installation, daté de novembre 2022 (Rebar Tech Guide), pour plus de renseignements sur la conception des connexions de barres d'armature post-installées avec les ancrages adhésifs Hilti.

L'AC308 a ensuite été mis à jour en 2022 avec des dispositions d'essai pour l'exposition au feu. Hilti a réalisé les nouveaux essais pour l'évaluation incendie dans l'AC308 et l'ESR-3814 a été mis à jour avec des données à utiliser dans des conditions d'incendie pour les connexions de développement de barres d'armature post-installées. Consulter l'ESR-3814 et la section 4.0 du présent document pour les données relatives aux essais dans des conditions d'incendie avec HIT-RE 500 V3. Pour la première fois, les concepteurs et les responsables de la construction disposent d'un outil relatif à la performance des ancrages post-installés en cas d'incendie pour les États-Unis ou le Canada et ne doivent pas s'appuyer sur les informations européennes.

En outre, Hilti propose un nouveau produit adhésif, HIT-FP 700 R, qui est un tout nouveau ciment-colle injectable très peu sensible à la chaleur. Les adhésifs inorganiques à base de ciment ne sont pas actuellement reconnus par l'AC308, il n'est donc pas possible de recevoir un rapport d'évaluation de l'AC308. Cependant, le HIT-FP 700 R a été testé selon toutes les dispositions de l'AC308, y compris les nouveaux tests de résistance au feu, et les données techniques pour le développement des barres d'armature sont fournies dans la section 3.0 de ce document pour les conceptions dans des conditions de feu et de non-feu (température ambiante).

2.0 CONCEPTION POUR LE DÉVELOPPEMENT DES BARRES D'ARMATURE DANS DES CONDITIONS D'INCENDIE

La méthodologie de conception présentée dans cette section est destinée à être utilisée conjointement avec les calculs standard de développement des barres d'armature du chapitre 25 de l'ACI 318 et du chapitre 12 de la CSA A23.3, ainsi qu'avec l'exposition au feu basée sur une courbe temps/température établie dans la norme ASTM E119 **Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials (Méthodes d'essai standard pour les essais de résistance au feu des constructions et des matériaux)**. En général, la conception déterminera si la longueur de développement nécessaire à la température ambiante devra être augmentée en raison de l'exposition au feu pour tenir compte de la perte potentielle de la contrainte d'adhérence dans le béton qui a été chauffé.

Pour la conception, les informations suivantes sont nécessaires :

- La longueur de développement de la barre d'armature post-installée à température ambiante.
- Le degré de résistance au feu de la connexion, par exemple 30, 60, 90, 120, 180 ou 240 minutes.
- La température du béton à la distance précise de recouvrement de la barre d'armature.

Avec cette information, et avec les données d'essai d'adhésif post-installation des essais au feu AC308 dans ce document pour HIT-FP 700 R ou HIT-RE 500 V3, la longueur de développement nécessaire pour l'état d'incendie peut être déterminée.

2.1 DÉTERMINER LA CONTRAINTE D'ADHÉRENCE ÉQUIVALENTE À TEMPÉRATURE AMBIANTE

A température ambiante (sans considération de feu), la longueur de développement pour les adhésifs post-installés avec des barres d'armature est calculée comme suit :

ACI 318 Chapitre 25 Éq. 25.4.2.3 :

$$\ell_d = \left[\frac{3}{40} \times \frac{f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \times \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\frac{c_b + k_{tr}}{d_b}} \right] d_b \quad (\text{po})$$

CSA A23.3 12.2.2 Éq. 12-1 :

$$\ell_d = 1.15 \frac{k_1 k_2 k_3 k_4}{d_{cs} + k_{tr}} \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} A_b$$

Consulter ACI 318, CSA A23.3, ou Rebar Tech Guide pour plus de renseignements sur le calcul de la longueur de développement avec les ancrages adhésifs Hilti, y compris HIT-FP 700 R et HIT-RE 500 V3.

La longueur de développement calculée ci-dessus est considérée comme la longueur de développement à température ambiante. Pour déterminer une contrainte d'adhérence équivalente pour l'adhésif à température ambiante, τ_{equiv} , diviser la limite d'élasticité de la barre par la surface de la barre d'armature à la longueur de développement à température ambiante :

$$\tau_{\text{equiv}} = \frac{f_y \cdot A_b}{\pi \cdot d_b \cdot \ell_d}$$

L'équation pour τ_{equiv} , est applicable pour les calculs ACI et CSA.

2.2 DÉTERMINER LA TEMPÉRATURE DU BÉTON DANS DES CONDITIONS D'INCENDIE

L'étape suivante consiste à déterminer la température du béton, θ , en fonction du degré de résistance au feu, de la couverture du béton et du type de granulats utilisés. Aux États-Unis et au Canada, l'exposition typique au feu pour les bâtiments réglementés par l'IBC ou le NBC-C est basée sur une courbe temps/température établie par l'ASTM E119. La norme ACI 216.1 fournit des indications sur la température du béton en fonction de l'enrobage du béton, de la durée de l'essai au feu (résistance au feu) et du type d'agrégat.

Pour l'exposition au feu d'un côté d'un mur, d'un plancher ou d'un toit en béton, consulter les figures 4.4.2.2.1a(a), (b) et (c) de l'ACI 216.1, respectivement pour les granulats carbonatés, les granulats siliceux et les granulats semi-légers. Les chiffres susmentionnés sont fournis ci-dessous à titre de référence. Chaque figure montre les courbes de couverture du béton, avec la température (F) sur l'axe vertical gauche et la température (C) sur l'axe vertical droit. L'axe horizontal est le temps d'incendie en minutes (résistance au feu ou durée). La température à l'emplacement de la barre d'armature, θ , peut être déterminée à partir du degré de résistance au feu et de l'enrobage du béton.

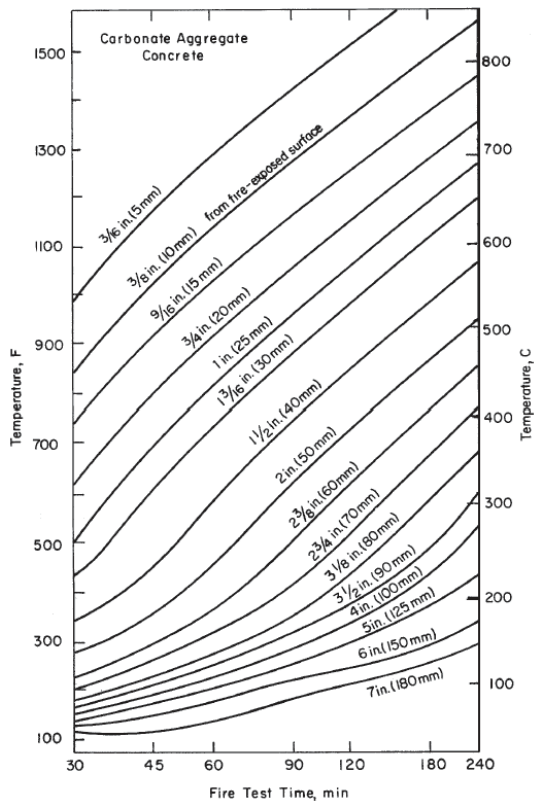


Figure 4.4.2.2.1a(a) – Températures à l'intérieur des dalles pendant les essais au feu ASTM E119 – béton de granulats carbonatés.

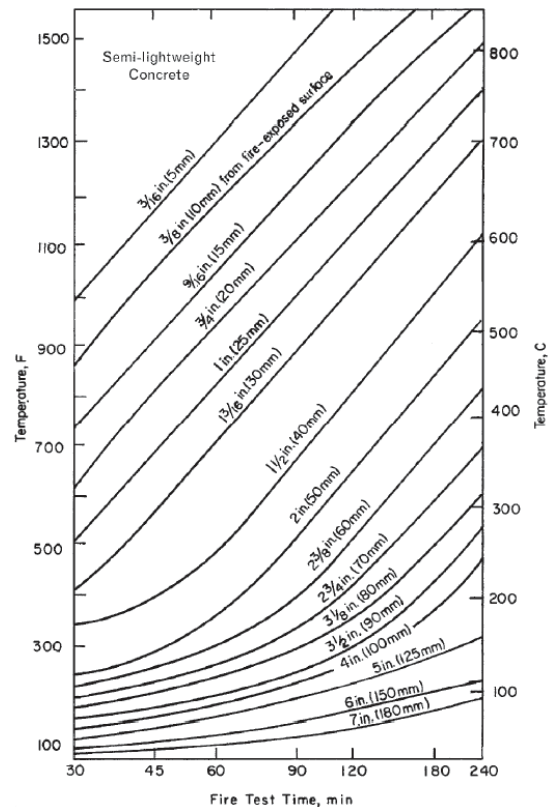


Figure 4.4.2.2.1a(c) – Températures à l'intérieur des dalles pendant les essais au feu ASTM E119 – béton de granulats semi-légers.

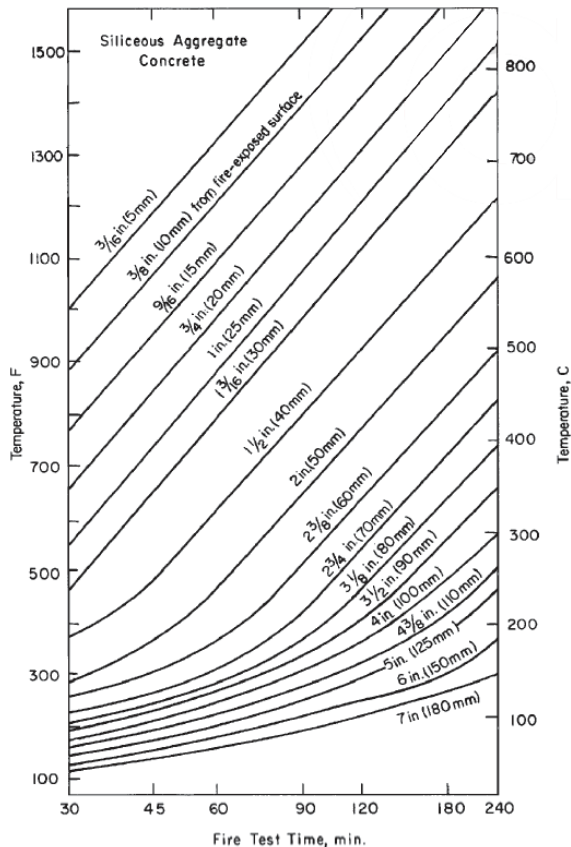


Figure 4.4.2.2.1a(b) - Températures à l'intérieur des dalles pendant les essais au feu ASTM E119 - béton de granulats siliceux.

Consulter l'ACI 216.1 pour d'autres graphiques montrant les températures du béton pour l'armature de la poutre et d'autres conditions.

Pour les applications avec une dimension de couverture constante sur la longueur de la barre, la température du béton sera la même sur toute la longueur de la partie encastree de la barre d'armature post-installée. La figure 1 ci-dessous montre un exemple d'extension de dalle de toit exposée au feu d'un côté et la distribution de la température associée sur la longueur d'adhérence de la barre d'armature post-installée.

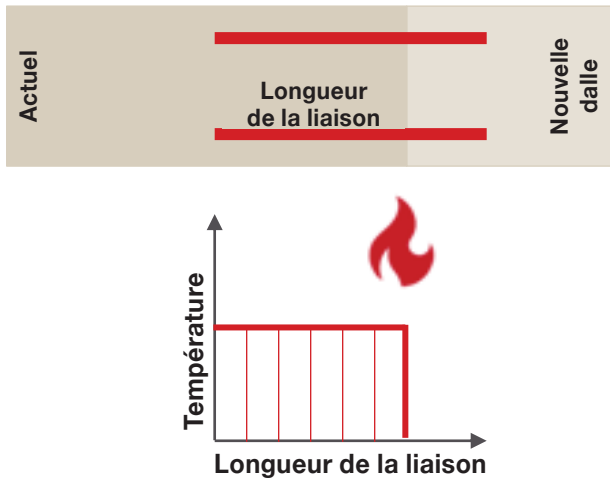


Figure 1 – Exemple de température constante sur la longueur d'adhérence d'une barre d'armature post-installée.

Pour les applications où la distance de recouvrement varie sur la longueur de la barre d'armature encastrée, la température varie également sur la longueur de la barre d'armature. La figure 2 ci-dessous montre un exemple de connexion entre une dalle de béton et un mur, avec une exposition au feu d'un côté, ce qui entraîne une distribution variable de la température sur la longueur de la barre d'armature post-installée.

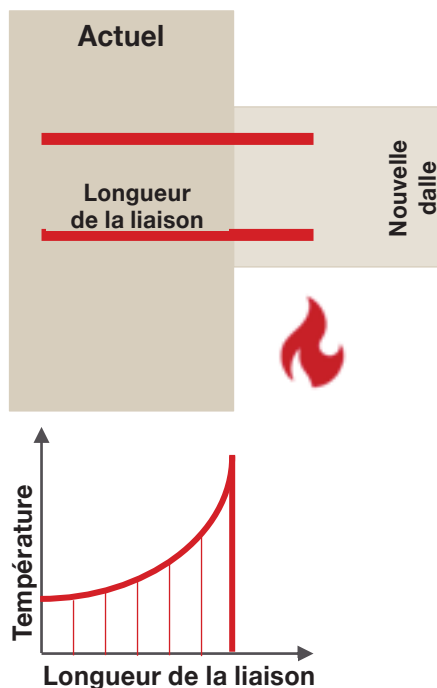


Figure 2 – Exemple de température variable sur la longueur d'adhérence d'une barre d'armature post-installée.

La détermination de la température pour le calcul de la contrainte d'adhérence ultérieure peut se faire de deux manières.

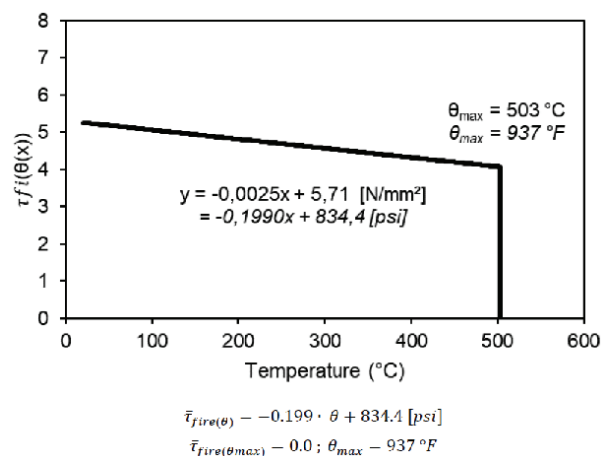
- 1) La température la plus défavorable basée sur la plus petite distance de couverture peut être utilisée de manière prudente, ou
- 2) Il est possible d'utiliser des incréments plus petits, ou segments, ℓ_{seg} , et de déterminer plusieurs températures sur la longueur de la barre d'armature. Le concepteur doit déterminer la valeur de ℓ_{seg} à utiliser pour l'application (c'est-à-dire 10 mm) et enregistrer la température du béton dans le cas le plus défavorable à chaque incrément de ℓ_{seg} sur la longueur de la barre d'armature. Plus la valeur de ℓ_{seg} est petite, plus les contrôles de température sont nombreux dans la figure 4.4.2.2.1a, mais moins la longueur de développement dans l'état d'incendie est conservatrice lorsque des valeurs de ℓ_{seg} plus grandes sont utilisées.

2.3 DÉTERMINER LA CONTRAINTE D'ADHÉRENCE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Une fois que la température du béton, θ , au niveau de la barre d'armature est déterminée, l'étape suivante consiste à déterminer la contrainte d'adhérence de l'adhésif à cette température d'enrobage du béton. La réduction de la contrainte d'adhérence à haute température est différente pour chaque système d'ancrage adhésif et doit être testée conformément aux nouvelles dispositions de l'AC308 en matière de résistance au feu.

Hilti dispose de deux produits testés selon les nouvelles dispositions anti-incendie AC308. Voir la section 3.0 du présent document pour les données techniques relatives aux conditions d'incendie pour HIT-FP 700 R. Voir la section 4.0 du présent document pour les données techniques relatives aux conditions d'incendie pour HIT-RE 500 V3, qui sont également fournies dans l'ESR 3814.

Pour les deux produits, une courbe de données d'incendie est fournie, montrant la relation entre la température, θ , et la contrainte d'adhérence, $\tau_{fire}(\theta)$. Voir la figure 5 pour HIT-FP 700 R et les figures 9 et 10 pour HIT-RE 500 V3. La figure ci-dessous est tirée de la figure 5 pour HIT-FP 700 R.



En utilisant la température du béton déterminée à partir de la figure 4.4.2.2.1a de l'ACI/TMS 216.1 comme θ , déterminer la contrainte d'adhérence correspondante dans des conditions d'incendie à cette température, $\tau_{\text{fire}(\theta)}$. Cette valeur peut être déterminée à partir du graphique ou en introduisant θ dans les équations fournies pour le produit adhésif Hilti.

La température maximale, θ_{max} , est la température la plus élevée autorisée pour l'adhésif et, au-delà de cette température, le produit est censé ne pas présenter de contrainte d'adhérence. Pour une température constante sur la longueur de la barre, si la température du béton au niveau de la barre dépasse θ_{max} , une couverture supplémentaire du béton sera nécessaire. Pour une température variable sur la longueur de la barre d'armature, il peut y avoir des segments où θ_{max} est dépassé et où $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ est effectivement nul et ne contribuerait pas à la contrainte d'adhérence globale dans cette section de la barre d'armature pour l'exposition au feu, et la contrainte d'adhérence globale serait prise dans les segments du béton où θ est inférieur à θ_{max} .

2.4 DÉTERMINER LA LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT NÉCESSAIRE POUR L'ÉTAT DE L'INCENDIE

Pour une température constante sur la longueur de la barre d'armature, la valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ déterminée à partir des graphiques sera la valeur qui sera ensuite comparée à la valeur de τ_{equiv} calculée à partir de la longueur de développement à la température ambiante. À partir de là, la longueur de développement nécessaire pour la condition d'incendie peut être calculée comme suit :

$$\ell_{d,\text{fire}} = \frac{\tau_{\text{equiv}}}{\tau_{\text{fire}(\theta)}} \ell_d$$

Remarque : Si la longueur de développement de la condition d'incendie, $\ell_{d,\text{fire}}$, est inférieure à la longueur de développement de la température ambiante, $\ell_{d,\text{il}}$, convient d'utiliser la longueur de développement de la température ambiante, ℓ_d . En effet, tant que la valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ est supérieure à la valeur de τ_{equiv} sur toute la longueur de la barre d'armature, la longueur de développement de la température ambiante sera contrôlée.

Pour une température variable sur la longueur de la barre d'armature, le processus est plus itératif. La valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta),\text{seg}}$ devra être déterminée sur chacun des segments de longueur égale, ℓ_{seg} , le long de la longueur d'adhérence de la barre d'armature, pour un nombre total de segments, n_{seg} . Ensuite, la valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta),\text{seg}}$ pour chaque segment est multipliée par la surface de la barre dans chaque segment pour donner une force d'adhérence du segment $N_{a,\text{fire,seg}(\theta)}$. Les forces d'adhérence des segments peuvent ensuite être additionnées pour obtenir une force d'adhérence totale, $N_{a,\text{fire}}$. Cette force d'adhérence totale doit être supérieure à la limite d'élasticité de la barre d'armature.

$$N_{a,\text{fire}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{seg}}} \pi \cdot d_b \cdot \ell_{\text{seg},i} \cdot \tau_{\text{fire}(\theta),\text{seg}i} \geq f_y \cdot A_{se,N}$$

Une fois que le nombre total de segments est déterminé, la longueur de développement finale nécessaire pour la condition d'incendie peut être calculée.

$$\ell_{d,\text{fire}} = n_{\text{seg}} \cdot \ell_{\text{seg}}$$

Remarque : La valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ dans un segment individuel ne peut pas dépasser τ_{equiv} déterminé à partir de la section 2.1. Ainsi, une longueur de développement pour l'état d'incendie ne sera jamais inférieure à la longueur de développement déterminée à la température ambiante. Comme pour le calcul de la température constante sur la longueur de la barre d'armature, tant que la valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ dans la section la plus chaude du béton est supérieure à la valeur de τ_{equiv} , la longueur de développement de la température ambiante est contrôlée et le calcul itératif ci-dessus n'a pas besoin d'être effectué.

Comme pour la détermination de la température au niveau d'une couche de béton spécifique pour une température de béton variable, plus la valeur de ℓ_{seg} est petite, plus les calculs de $\tau_{\text{fire}(\theta),\text{seg}}$ sont nombreux, mais moins la longueur de développement dans l'état d'incendie est conservatrice lorsque des valeurs de ℓ_{seg} plus grandes sont utilisées.

2.5 EXEMPLE DE CONCEPTION AVEC UNE TEMPÉRATURE CONSTANTE SUR LA LONGUEUR DE L'ADHÉRENCE

L'exemple de conception suivant concerne l'extension d'une dalle de plancher en béton de poids normal de 4 000 psi avec des granulats de carbonate.



Soit :

- Renforcement ASTM A615 Gr. 60, barres d'armature #6 installées avec HIT-FP 700 R
- Couverture en béton, $c_b = 2$ pouces
- Charges de plancher non sismiques uniquement

Étape 1 : Déterminer la longueur de développement à température ambiante et la contrainte d'adhérence équivalente :

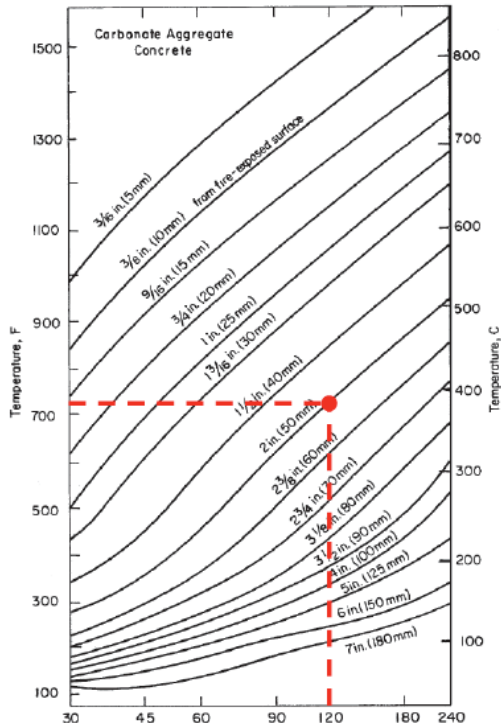
- Le tableau 3 de la section 3.0 (ou ACI 318 Chapitre 25 Eq. 25.4.2.3) permet de déterminer la longueur de

développement pour HIT-FP 700 R avec des barres d'armature n°6 :

- $\ell_d = 21.6$ -pouce $\rightarrow$ utiliser 22-pouce
- $\tau_{\text{equiv}} = \frac{f_y \cdot A_b}{\pi \cdot d_b \cdot \ell_d} = \frac{60\,000 \text{ psi} \cdot 0.44 \text{ po}^2}{\pi \cdot 0.750 \text{ po} \cdot 22 \text{ po}} = 509 \text{ psi}$

Étape 2 : Déterminer la température du béton dans des conditions d'incendie :

- En utilisant la figure 4.4.2.2.1a(a) de l'ACI/TMS 216.1 avec une couverture de 2 pouces, la température du béton est déterminée :
- $\theta \approx 725^\circ\text{F}$



Étape 3 : Déterminer la contrainte d'adhérence en fonction de la température du béton en cas d'incendie :

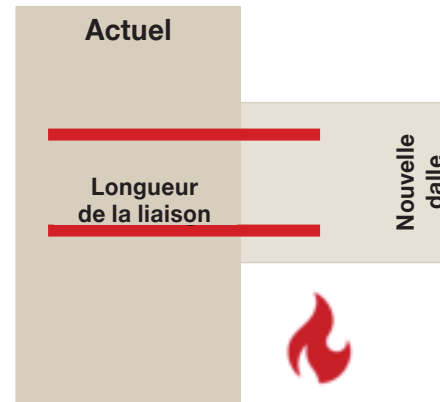
- Les équations de la figure 5 de la section 3.0 permettent de déterminer la contrainte d'adhérence à θ :
- $\tau_{\text{fire}(\theta)} = -0,1990 \cdot \theta + 834,4$
- $\tau_{\text{fire}(\theta)} = -0,1990 \cdot 725 + 834,4 = 690 \text{ psi}$

Étape 4 : Déterminer la longueur de développement nécessaire pour la condition d'incendie :

- $\ell_{d,\text{fire}} = \frac{\tau_{\text{equiv}}}{\tau_{\text{fire}(\theta)}} \cdot \ell_d = \frac{509 \text{ psi}}{690 \text{ psi}} \cdot 22\text{po} = 16.2\text{po}$
- $\ell_{d,\text{fire}} < \ell_d$ $\therefore$ la longueur de développement de la température ambiante doit être utilisée
- $\ell_{d,\text{fire}} = \ell_d = 22\text{-po}$
- En guise de raccourci, puisque la valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)} = 690 \text{ psi}$ (où $c_b = 50 \text{ mm}$ à l'étape 3) est supérieure à $\tau_{\text{equiv}} = 509 \text{ psi}$, il aurait déjà pu être déterminé que la longueur de développement de la température ambiante est contrôlée et qu'aucune profondeur d'encastrement supplémentaire n'est nécessaire pour l'état d'incendie.

2.6 EXEMPLE DE CONCEPTION AVEC UNE TEMPÉRATURE VARIABLE LE LONG DE L'ARMATURE

L'exemple de conception suivant concerne une dalle de plancher reliée à un mur de cisaillement en béton de poids normal de 4 000 psi avec des granulats de carbonate.



Soit :

- Renforcement ASTM A615 Gr. 60, barres d'armature #6 installées avec HIT-FP 700 R
- La couverture de béton, c_b , commence à 2" (50 mm) et varie ensuite en fonction de l'encastrement
- Charges de plancher non sismiques uniquement

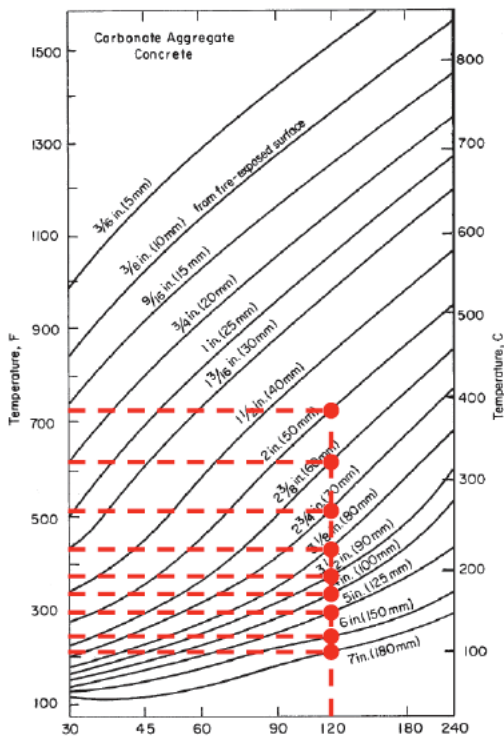
Étape 1 : Déterminer la longueur de développement à température ambiante et la contrainte d'adhérence équivalente :

- Le tableau 3 de la section 3.0 (ou ACI 318 Chapitre 25 Eq. 25.4.2.3) permet de déterminer la longueur de développement pour HIT-FP 700 R avec des barres d'armature n°6 :
- $\ell_d = 21,6$ -pouces $\rightarrow$ utiliser 22-pouces

$$\tau_{\text{equiv}} = \frac{f_y \cdot A_b}{\pi \cdot d_b \cdot \ell_d} = \frac{60\,000 \text{ psi} \cdot 0,44 \text{ po}^2}{\pi \cdot 0,750 \text{ po} \cdot 22 \text{ po}} = 509 \text{ psi}$$

Étape 2 : Déterminer la température du béton dans des conditions d'incendie :

- En utilisant la figure 4.4.2.2.1a(a) de l'ACI/TMS 216.1, la température à différentes profondeurs de couverture de béton doit être déterminée car une évaluation itérative de la température et de l'adhérence sera effectuée. Puisque la nouvelle dalle a déjà une couverture de 2 pouces, commencez avec une couverture de 2 pouces et utilisez $\ell_{\text{seg}} = 10 \text{ mm}$ pour déterminer la température dans le béton à chaque segment, jusqu'à 180 mm (7 pouces) :



- Le graphique ci-dessus donne le gradient de température suivant :

Enrob. béton c_b mm	Temp. béton θ °F
60	620
70	513
80	433
90	380
100	340
110	300
120	300
130	253
140	253
150	253
160	220
170	220
≥ 180	220

Étape 3 : Déterminer la contrainte d'adhérence en fonction de la température du béton en cas d'incendie :

- À partir des équations de la figure 5 de la section 3.0, la contrainte d'adhérence, $\tau_{\text{fire}(\theta)}$, est déterminée pour chaque segment :
- $\tau_{\text{fire}(\theta)} = -0,1990 \cdot \theta + 834,4$
- $\theta_{\text{max}} = 937 \text{ °F}$

Enrob. béton c_b mm	Temp. béton θ °F	Contrainte d'adhérence $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ psi
60	620	711
70	513	732
80	433	748
90	380	759
100	340	767
110	300	775
120	300	775
130	253	784
140	253	784
150	253	784
160	220	791
170	220	791
≥ 180	220	791

Remarque : La valeur de $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ pour chaque segment est supérieure à $\tau_{\text{equiv}} = 509 \text{ psi}$ de l'étape 1. À l'étape 4 ci-dessous, nous limiterons la contrainte d'adhérence du segment $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ en conséquence.

Étape 4 : Déterminer la longueur de développement nécessaire pour la condition d'incendie :

- Déterminer la limite d'élasticité de la barre d'armature :
- $N_{s,a,y} = f_y \cdot A_{s,e,N} = 60\,000 \text{ ksi} \cdot 0,44 \text{ po}^2 = 26\,400 \text{ lb}$. Déterminer la force d'adhérence totale en additionnant les contraintes d'adhérence des segments et en multipliant par la surface de la barre :

$$N_{a,\text{fire}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{seg}}} \pi \cdot d_b \cdot \ell_{\text{seg}} \cdot \tau_{\text{fire}(\theta),\text{segi}}$$

- En utilisant la contrainte d'adhérence sur chaque segment, additionner les forces d'adhérence sur la longueur du segment jusqu'à ce que la limite d'élasticité de la barre d'armature soit atteinte. Dans le tableau ci-dessous, pour chaque segment de 10 mm (0,394 pouce), une force d'adhérence, $N_{a,\text{fire}(\theta)}$, est calculée :

$$N_{a,\text{fire}(\theta)} = \pi \cdot d_b \cdot \ell_{\text{seg}} \cdot \tau_{\text{fire}(\theta),\text{segi}}$$

Couvert. béton c_b mm	Longueur de la barre $\ell_{d,fire}$ in	Temp. du béton. θ °F	Résistance de l'adhérence $\tau_{fire(\theta)}$ psi	Force de l'adhérence $N_{a,fire(\theta)}$ lb.
60	0,36	620	509	472
70	0,76	513	509	472
80	1,15	433	509	472
90	1,54	380	509	472
100	1,94	340	509	472
110	2,33	300	509	472
120	2,72	300	509	472
130	3,12	253	509	472
140	3,51	253	509	472
150	3,91	253	509	472
160	4,30	220	509	472
170	4,69	220	509	472
180	5,09	220	509	472
↓	↓	↓	↓	↓
590	21,23	220	509	472
600	21,62	220	509	472
610	22,02	220	509	472

Total 26 441 lb.

- Dans ce cas, il y avait 56 segments à 10 mm par segment pour un encastrement total de 560 mm ou 22,02 pouces.
- La force d'adhérence cumulée de chaque segment était de 26 441 lb, soit $> f_y \cdot A_{se,N} = 26\,400$ lb.
- $\ell_{d,fire} = \ell_d = 22$ -pouces
- En guise de raccourci, puisque la valeur de $\tau_{fire(\theta)} = 690$ psi dans la section la plus chaude du béton (où $c_b = 50$ mm à l'étape 3) est supérieure à $\tau_{equiv} = 509$ psi, il aurait déjà pu être déterminé que la longueur de développement de la température ambiante était contrôlée au lieu du calcul itératif.

2.7 UTILISATION DU LOGICIEL HILTI PROFIS

La détermination de la température dans l'élément en béton peut être très difficile, en particulier dans les cas où la température est variable sur la longueur d'adhérence de l'adhésif. Cela se produit lorsque la géométrie de l'assemblage se produit dans des poutres et des colonnes, au lieu de simples murs et dalles, et lorsque l'exposition au feu se produit sur plus d'une face du béton. Les courbes de température de l'ACI 216.1 sont très basiques et ne prennent en compte que l'exposition au feu d'une face du béton. Dans le cadre de la suite Hilti Profis Engineering, le module Béton à Béton a été mis à jour pour inclure les dispositions de conception en cas d'incendie. Les calculs seront possibles pour de nombreuses configurations différentes, y compris dalle à dalle, dalle à mur, etc. La modélisation par éléments finis prend en compte la géométrie, l'exposition au feu sur plusieurs faces et la masse du béton et de l'acier d'armature pour répartir la température.

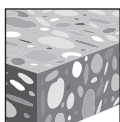
Ainsi, il peut y avoir des différences dans la détermination de la température entre un calcul manuel avec les chiffres de l'ACI 216.1 et le logiciel Profis. Contactez Hilti pour toute question ou pour une démonstration de cette innovation.

3,0 HILTI HIT-FP 700 R MORTIER DE CIMENT INJECTABLE

DESCRIPTION DU PRODUIT

Adhésif HIT-FP 700 R avec barre d'armature pour le calcul de la longueur de développement

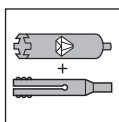
Système d'ancrage	Caractéristiques et avantages
 Emballage en papier d'aluminium : HIT-FP 700-R (Disponible en cartouches de 16,5 oz. /490 ml) Barre d'armature	- Technologie SafeSet™ : Méthode simplifiée de préparation des trous forés à l'aide d'un foret creux Hilti pour le perçage à percussion ou d'un outil de rugosité pour les applications à carotte diamantée - Tableau OSHA 1926.1153 Installation conforme au tableau 1 lorsqu'installé avec l'aspirateur Hilti et le système DRS ou la technologie de mèche creuse Hilti SafeSet™ - Haute résistance à la chaleur des températures élevées du béton lorsqu'il est exposé au feu - Convient aux conditions réelles du chantier, y compris le béton saturé d'eau - Non-corrosif pour les éléments d'armature



Béton non fissuré



Béton fissuré



Le carottage au diamant n'est autorisé qu'avec l'outil de rugosité Hilti (RT)



Mèche creuse pour perceuse



Résistance au feu



Logiciel de conception d'ancrage Profis (en attente)

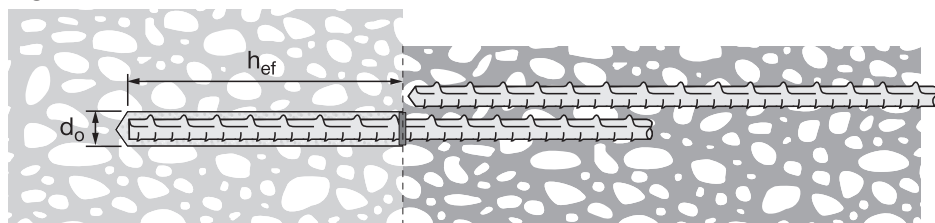
Approbations/Listes	
Évaluation technique européenne	ETA-21/0624 / 2022-06-17, CSTB, Mame la Vallée
NSF / ANSI Std 61	Certification pour une utilisation dans l'eau potable

PARAMÈTRES D'INSTALLATION

Figure 3 – Conditions d'installation du Hilti HIT-FP 700 R

Matériau de base autorisé	 Béton non fissuré	 Béton sec	Méthode de forage autorisée	 Perçage à percussion avec mèche à pointe en carbure
	 Béton fissuré	 Béton saturé d'eau		 Mèche creuse et aspirateur VC TE-CD ou TE-YD de Hilti
				 Carotteuse diamantée avec outil de rugosité Hilti TE-YRT

Figure 4 – Barre d'armature installée avec l'adhésif Hilti HIT-FP 700 R

Tableau 1 – Spécifications des barres d'armature ASTM A615/A706 installées avec l'adhésif HIT-FP 700 R¹

Données sur la pose		Symbole	Unités	Dimensions de la barre d'armature											
				n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	n° 6	n° 7	n° 7	n° 8	n° 8	n° 9	n° 10	n° 11
Diamètre nominal de la mèche		d _o	pouces	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1	1-1/8	1-1/8	1-1/4	1-3/8	1-1/2	1-3/4
Encastrement effectif	Minimum	h _{ef,min}	pouces (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	15 (381)	3-1/2 (89)	17-1/2 (445)	4 (102)	20 (508)	4-1/2 (114)	5 (127)	5-1/2 (140)
	Maximum ²	h _{ef,max}	pouces (mm)	22-1/2 (572)	30 (762)	37-1/2 (953)	15 (381)	45 (1143)	17-1/2 (445)	52-1/2 (1334)	20 (508)	60 (1524)	67-1/2 (1715)	75 (1905)	82-1/2 (2096)
Épaisseur minimale de l'élément en béton		h _{min}	pouces (mm)	h _{ef} + 1-1/4 (h _{ef} + 30)			(h _{ef} + 2d _o)								

1 L'adhésif HIT-FP 700 R peut être utilisé avec n'importe quelle qualité de barres d'armature ASTM A615/A706.

2 La profondeur d'enrobage maximale illustrée dans le tableau est de 60 d_o et peut être augmentée si nécessaire pour satisfaire la longueur de développement de l'armature calculée pour la température ambiante ou les conditions d'incendie.

Tableau 2 – Spécifications des barres d'armature CSA-G30.18 installées avec l'adhésif HIT-FP 700 R¹

Données sur la pose		Symbole	Unités	Dimensions de la barre d'armature				
				10M	15M	20M	25M	30M
Diamètre nominal de la mèche		d_o	pouces	9/16	3/4	1	1-1/4	1-1/2
Encastrement effectif	Minimum	$h_{ef,min}$	mm	70	80	90	101	120
	Maximum ²	$h_{ef,max}$	mm	678	960	1170	1512	1794
Épaisseur minimale de l'élément en béton		h_{min}	mm	$h_{ef} + 30$		$h_{ef} + 2d_o$		

1 L'adhésif HIT-FP 700 R peut être utilisé avec n'importe quelle qualité de barres d'armature CSA-G30.18.

2 La profondeur d'enrobage maximale illustrée dans le tableau est de 60 d_o et peut être augmentée si nécessaire pour satisfaire la longueur de développement de l'armature calculée pour la température ambiante ou les conditions d'incendie.

CONCEPTION DES BARRES D'ARMATURE POST-INSTALLÉES POUR LA LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT TEMPÉRATURE AMBIANTE

Les tableaux suivants indiquent les longueurs de développement calculées selon le chapitre 25 de l'ACI 318 ou le chapitre 12 de la CSA A23.3 pour des applications ne tenant pas compte de l'exposition au feu (température ambiante). Consulter le Guide technique des produits nord-américains de Hilti : Guide sur la barre de renforcement post-installation, daté de novembre 2022 (Rebar Tech Guide), pour plus de renseignements sur le développement des barres d'armature pour les barres d'armature post-installées.

Pour le développement de l'armature en tenant compte de l'exposition au feu, il peut être nécessaire d'augmenter la longueur de développement en fonction de la température du béton pour la couverture de l'armature et la durée du feu spécifiées. Se reporter à la figure 5 de la présente section et à la section 2 du présent document pour déterminer la longueur de développement nécessaire pour les conditions d'exposition au feu.

Tableau 3 – Longueurs calculées de développement de la tension et de développement de l'épissure de classe B pour les barres d'armature ASTM A615/A706 dans les murs, les dalles, les colonnes et les semelles conformément au chapitre 25 de l'ACI 318 pour Hilti HIT-FP 700 R, sans tenir compte de l'exposition au feu ^{4,5,6}

Dimensions de la barre d'armature	$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}$	Dist. min. du bord po. ¹	Min. Espacement po. ²	Résistance à la compression du béton $f'_c \geq 2\,500\text{ psi}^3$			
				Barres d'armature Gr. 40		Barres d'armature Gr. 60	
				ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces
n° 3	2,5	2-1/4	2	12	12	12	14
n° 4		2-3/4	2-1/2	12	12	14	19
n° 5		3	3-1/4	12	16	18	23
n° 6		3-3/4	3-3/4	14	19	22	28
n° 7		4-1/2	4-1/2	21	27	32	41
n° 8		5	5	24	31	36	47
n° 9		5-1/4	5-3/4	27	35	41	53
n° 10		5-3/4	6-1/2	30	40	46	59
n° 11		6-1/2	7-1/4	34	44	51	66

- 1 La distance au bord est déterminée en utilisant la couverture minimale spécifiée par ACI 318 Ch. 25 avec un supplément de 6% de la longueur de développement par suggestion pour le forage sans aide selon Hilti Rebar Tech Guide Section 3.3. Il est possible que les distances aux bords soient plus petites, ce qui nécessite de recalculer les longueurs de développement et d'épissure. Pour plus de renseignements sur la couverture requise, voir ACI 318, Sec. 20.5.1.3.1.
- 2 Les valeurs d'espacement représentent celles qui produisent $c_b = 5 d_b$, arrondies au quart de pouce le plus proche. Des valeurs d'espacement plus faibles peuvent être possibles, pour lesquelles les longueurs de développement et d'épissure doivent être recalculées. Pour plus de renseignements sur l'espacement requis, voir ACI 318 Sec. 25.2.
- 3 La longueur de développement est la même pour toutes les résistances à la compression du béton, car il n'est pas permis d'augmenter la valeur de capacité de f'_c utilisée dans les équations de longueur de développement au-delà de 2 500 psi.
- 4 $\psi_t = 1,0$; $\psi_s = 1,0$ pour les barres non revêtues d'époxy; $\psi_s = 0,8$ pour les barres n°6 et plus petites, 1,0 pour les barres n°7 et plus grandes; $\psi_s = 1,0$, Voir ACI 318, Sec. 25.4.2.4.
- 5 Les valeurs sont pour un béton de poids normal. Pour le béton léger sableux, multiplier les longueurs de développement et d'épissure par 1,18, pour le béton léger tout court multiplier les longueurs de développement et d'épissure par 1,33. Voir ACI 318 Sec. 19.2.4.
- 6 Les valeurs de développement et de longueur d'épissure sont pour la conception statique. La conception sismique n'est pas applicable pour HIT-FP 700-R.

Tableau 4 – Longueurs calculées de développement de la tension et de développement des épissures de classe B pour les barres d'armature CSA-G30.18 dans les murs, les dalles, les colonnes et les semelles conformément à la clause 12 de la norme CSA A23.3 pour Hilti HIT-FP 700 R, sans tenir compte de l'exposition au feu ^{4,5,6}



Dimensions de la barre d'armature	$d_{cs} + K_{tr}$	Dist. min. du bord mm ¹	Min. Espacement mm ²	Résistance à la compression du béton $f'_c \geq 20\text{ MPa}^3$	
				Gr. 400 MPa	
				ℓ_d mm	Épissure de classe B mm
10M	2,5 d_b	60	50	300	380
15M		70	75	410	540
20M		80	100	510	660
25M		120	125	820	1060
30M		130	150	960	1250

- 1 Les distances aux bords sont déterminées en utilisant la couverture minimale spécifiée par la norme CSA A23.3 avec un supplément de 6 % de la longueur de développement par suggestion pour le forage sans aide conformément à la section 3.3 du Hilti Rebar Tech Guide. Il est possible que les distances aux bords soient plus petites, ce qui nécessite de recalculer les longueurs de développement et d'épissure. Pour plus de renseignements sur la couverture requise, voir le tableau 17 de la norme CSA A23.3.
- 2 Les valeurs d'espacement représentent celles qui produisent $d_{cs} = 5 d_b$, arrondies aux 10 mm les plus proches. Des valeurs d'espacement plus faibles peuvent être possibles, pour lesquelles les longueurs de développement et d'épissure doivent être recalculées. Pour plus de renseignements sur l'espacement requis, voir la norme CSA A23.3 Sec. 6.6.5.2.
- 3 La longueur de développement est la même pour toutes les résistances à la compression du béton, car il n'est pas permis d'augmenter la valeur de capacité de f'_c utilisée dans les équations de durée de développement au-delà de 20 MPa.
- 4 $k_1 = 1,0$; $k_2 = 1,0$ pour les armatures non enrobées; $k_3 = 1,0$ pour un béton de densité normale; $k_4 = 0,8$ pour les barres de 20 M et moins, 1,0 pour les barres de 25 M et plus; Voir CSA A23.3 Clause 12.2.4.
- 5 Les valeurs sont pour un béton de poids normal. Pour le béton léger, multiplier les longueurs de développement et de jonction par 1,3.
- 6 Les valeurs de développement et de longueur d'épissure sont pour la conception statique. La conception sismique n'est pas applicable pour HIT-FP 700-R.

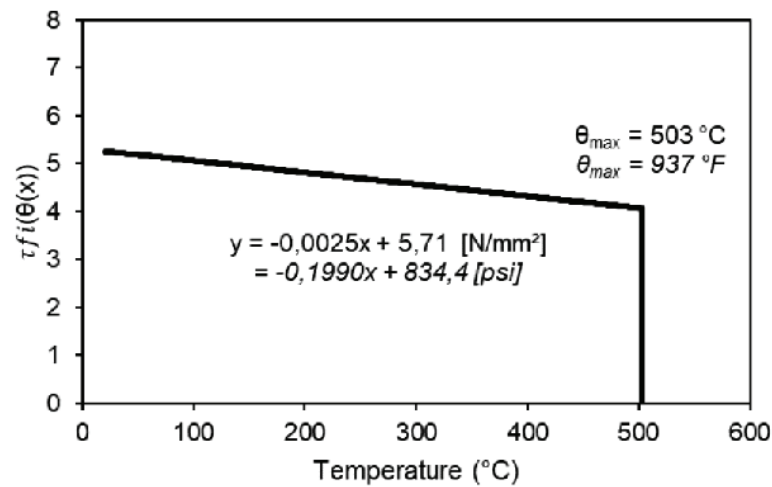
CONCEPTION DES BARRES D'ARMATURE POST-INSTALLÉES POUR L'EXPOSITION AU FEU PENDANT LA LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT

La figure 5 ci-dessous montre les effets de la température sur l'adhésif HIT-FP 700R lorsqu'il est exposé à un incendie et utilisé pour le développement de barres d'armature selon les dispositions des codes ACI ou CSA. Après avoir déterminé la contrainte d'adhérence équivalente pour la température ambiante, τ_{equiv} , comme indiqué à la section 2.1 du présent document, calculer la contrainte d'adhérence dans les conditions d'exposition au feu, $\tau_{\text{fire}(\theta)}$ à l'aide des équations de la figure 5. La longueur de développement dans les conditions d'exposition au feu, $\ell_{\text{d,fire}}$, sera alors la suivante :

$$\ell_{\text{d,fire}} = \frac{\tau_{\text{equiv}}}{\tau_{\text{fire}(\theta)}} \ell_{\text{d}}$$

La longueur de développement finale utilisée serait le maximum de ℓ_{d} , or $\ell_{\text{d,fire}}$. Voir la section 2 du présent document pour plus de renseignements sur la conception dans des conditions d'exposition au feu.

Figure 5 - Hilti HIT-FP 700 R contrainte d'adhérence en fonction de la température des applications de barres d'armature post-installées, charges à court terme et charges soutenues, hors séisme.



TEMPS DE SÉCHAGE STANDARD DU HIT-FP 700 R

Figure 6 — Temps de séchage et de travail standard de l'adhésif Hilti HIT-FP 700 R (approx.)

$\varnothing$ [°C]	$\varnothing$ [°F]	t_{work}	t_{assembly}	t_{cure}
5 ... 10	41 ... 50	50 min	36 h	28 days
11 ... 15	51 ... 59	40 min	30 h	21 days
16 ... 20	60 ... 68	35 min	24 h	17 days
21 ... 30	69 ... 86	20 min	12 h	7 days
31 ... 39	87 ... 103	15 min	6 h	5 days
40	104	12 min	3 h	4 days

$\geq +5$ °C / 41 °F

Où :

- t_{work} est la période pendant laquelle la barre ne devrait pas être manipulée.
- t_{assembly} assembly est la période après l'installation où il est permis de commencer l'assemblage du coffrage, d'attacher les barres d'armature ou de couler le béton. (Le béton doit être renforcé ou étayé jusqu'à l'obtention de t_{cure}).
- t_{cure} est le moment où l'adhésif est suffisamment séché et prêt pour supporter une charge totale

TEMPS DE SÉCHAGE RÉDUIT DU HIT-FP 700 R

La figure 6 est destinée à la durée totale de séchage du produit pour les charges en service, y compris les charges à long terme. Il peut être souhaitable d'utiliser un temps de séchage plus court pour les conditions dans lesquelles les charges en service ne sont pas appliquées dans leur intégralité (c'est-à-dire les charges temporaires pendant la construction). Par exemple, si l'étais est enlevé et que la charge résultante consiste en des charges de construction à court terme qui sont inférieures aux charges en service, cela peut être possible.

Des tests supplémentaires ont été effectués sur le HIT-FP 700 R avec des temps de séchage réduits. Le tableau 5 indique les facteurs de réduction qui peuvent être appliqués 2 et 3 jours après l'installation à différentes plages de

température, et le tableau 6 indique le nombre de jours de t_{cure} à différentes températures qui sont nécessaires pour obtenir 75 % de la pleine performance de l'adhérence.

Le HIT-FP 700 R n'a pas de contraintes d'adhérence publiées, mais il a été démontré qu'il est équivalent à une barre d'armature coulée, qui n'utilise pas de contrainte d'adhérence pour calculer la longueur de développement. Pour utiliser les valeurs du tableau 5 ou 6, il faut déterminer le rapport entre les charges appliquées pour le cas de charge temporaire (c'est-à-dire les charges pendant la construction) et les charges en service. Comparez ce rapport au facteur de réduction, α , dans les tableaux 5 ou 6, en fonction de la température du matériau de base spécifique au projet pendant le temps de séchage.

Tableau 5 — Le facteur de réduction de la charge temporaire du Hilti HIT-FP 700 R pour un temps de séchage réduit, $t_{\text{cure,réduit}}$

Température (T)		α	
		2 jours (48 heures)	3 jours (72 heures)
5 °C ≤ 10 °C	41 °F ≤ 50 °F	0,35	0,39
11 °C ≤ 15 °C	51 °F ≤ 59 °F	0,46	0,54
16 °C ≤ 20 °C	60 °F ≤ 68 °F	0,53	0,60
21 °C ≤ 30 °C	69 °F ≤ 86 °F	0,60	0,69
31 °C ≤ 39 °C	87 °F ≤ 103 °F	0,64	0,75
40 °C	104 °F	0,75	0,87

Tableau 6 — Le temps réduit du Hilti HIT-FP 700 R, $t_{\text{cure,réduit}}$ pour une charge temporaire à 75 % de la capacité en service

Température (T)		Temps de séchage réduit, $t_{\text{cure, reduced}}$ for $\alpha \geq 0.75$
5 °C ≤ 10 °C	41 °F ≤ 50 °F	14 jours
11 °C ≤ 15 °C	51 °F ≤ 59 °F	7 jours
16 °C ≤ 20 °C	60 °F ≤ 68 °F	6 jours
21 °C ≤ 30 °C	69 °F ≤ 86 °F	5 jours
31 °C ≤ 39 °C	87 °F ≤ 103 °F	3 jours
40 °C	104 °F	2 jours

PORTEFEUILLE DE PRODUITS

HIT-FP 700-R

Description	Contenu de l'emballage	Qté
HIT-FP 700 R cartouche unique (490 ml/16,5 oz.)	Comprend (1) paquet de feuilles avec (1) mélangeur et tube de remplissage 3/8 par paquet.	1
HIT-FP 700 R 1 Master Carton (1MC) cartouche noire	Comprend (1) carton grand format contenant (20) paquets de feuilles avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet.	20
HIT-FP 700 R 2 Master Carton (2MC) cartouche noire	Comprend (1) carton grand format contenant (40) paquets de feuilles avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet	40
HIT-FP 700 R 5 Master Carton (5MC) cartouche noire	Comprend (1) carton grand format contenant (100) paquets de feuilles avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet	100
HIT-FP 700 R 1 MC HDE22 avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (20) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur manuel HDE (1) chargeur et batterie.	20
HIT-FP 700 R 2 MC HDE22 avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (40) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur manuel HDE (1) chargeur et batterie.	40
HIT-FP 700 R 5 MC HDE22 avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (100) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur manuel HDE (1) chargeur et batterie.	100
HIT-FP 700 R 1 MC HDE12v avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (20) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur manuel HDE 12v (1) chargeur et batterie.	20
HIT-FP 700 R 2 MC HDE12v avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (40) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur HDE 12 v et (1) chargeur et batterie.	40
HIT-FP 700 R 5 MC HDE12v avec 1 batterie et un chargeur	Comprend (1) master carton contenant (100) paquets de feuilles chacun avec (1) mélangeur et tube de remplissage de 3/8 par paquet et (1) distributeur HDE 12 v et (1) chargeur et batterie.	100

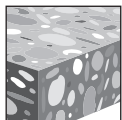
4.0 SYSTÈME D'ANCRAGE PAR ADHÉSIF ÉPOXY HIT-RE 500 V3

Les données techniques publiées pour le HIT-RE 500 V3 se trouvent dans le Hilti North American Product Technical Guide Volume 2 : Anchor fastening technical guide, Edition 22 (PTG Ed. 22) et dans ICC Evaluation Services ESR-3814 ou ELC-3814. Consulter ces documents pour obtenir des renseignements complets sur l'installation, la gamme d'applications, les données de conception et la gamme de produits.

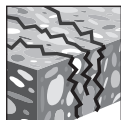
DESCRIPTION DU PRODUIT

Adhésif HIT-RE 500 V3 avec barres d'armature pour le calcul de la longueur de développement

Système d'ancrage	Caractéristiques et avantages
 Hilti HIT-RE 500 V3 Cartouche Barre d'armature	- Performance d'adhérence supérieure dans le béton fissuré et non fissuré - Qualification sismique conformément aux critères d'acceptation ICC-ES AC308 et AC 355.4 - Aucun nettoyage de trou requis lorsque l'installation se fait avec la mèche SafeSet™ et la technologie d'aspiration Hilti - Approuvé par ICC-ES pour une utilisation dans le béton fissuré et les applications sismiques - Peut être installé dans des trous carottés au diamant dans du béton fissuré et non fissuré, y compris dans toutes les zones sismiques béton utilisant le système Safe-Set™ à l'aide de l'outil de rugosité TE-YRT. - Utilisation sous l'eau jusqu'à 50 m (165 ft) - Répond aux exigences de la norme ASTM C881-14, Type I, II, IV et V, Grade 3, Classe A, B et C. - Répond aux exigences de la spécification AASHTO M235, Type I, II, IV, et V, Grade 3, Classe A, B, et C - Données techniques disponibles pour les diamètres plus importants, les trous surdimensionnés et les encastresments plus profonds. - Contactez le service technique de Hilti pour plus de renseignements



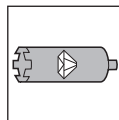
Béton non fissuré



Béton fissuré



Catégories de conception sismique A-F



Trous diamantés pour le béton fissuré et non fissuré



outil de rugosité de foret creux



Logiciel de conception d'ancrage Profis



Résistance au feu

Approbations/Listes	
ICC-ES (Conseil des codes internationaux)	ESR-3814 dans le béton conformément à ACI 318 Ch. 17/ACI 355.2/ICC-ES AC308 ELC-3814 dans le béton conformément à CSA A23.3/ ACI 355.2
NSF / ANSI Std 61	Certification pour une utilisation dans l'eau potable
Approbation technique européenne	ETA-16/0142, ETA-16/0143, ETA-16/0180
Ville de Los Angeles	Supplément LABC 2017 de la ville de Los Angeles (dans ESR-3814)
Code du bâtiment de la Floride	Supplément FB 2017 (dans ESR-1814)
U.S. Green Building Council	Crédit LEED® 4.1 – Matériaux à faible émission
Département des transports	Contactez Hilti pour les différents états

PARAMÈTRES D'INSTALLATION

Figure 7 – Conditions d'installation du HIT-RE 500 V3

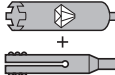
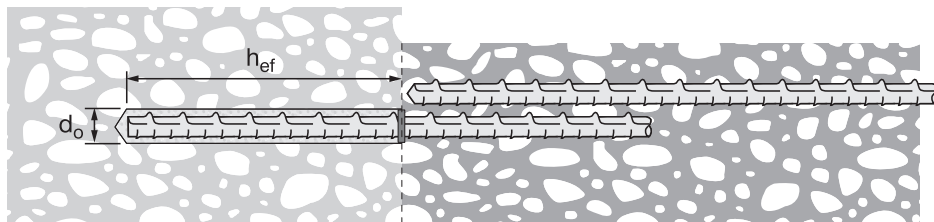
Béton fissuré ou non fissuré	Méthode de forage autorisée	Conditions de béton admissibles	
 Béton non fissuré  Béton saturé d'eau	 Perçage à percussion avec mèche à pointe en carbure	 Béton sec  Forage à l'eau trous	 Béton saturé d'eau  Submergé (sous l'eau)
	 Hilti TE-CD ou TE-YD foret creux et aspirateur Hilti VC  Carotteuse diamantée avec outil de rugosité Hilti TE-YRT	 Béton sec	 Béton saturé d'eau
 Béton non fissuré	 Mèche diamantée	 Béton sec	 Béton saturé d'eau

Figure 8 – Barre d'armature installée avec l'adhésif Hilti HIT-RE 500 V3

Tableau 7 – Spécifications des barres d'armature ASTM A615/A706 installées avec l'adhésif HIT-RE 500 V3 ¹

Données sur la pose		Symbole	Unités	Dimensions de la barre d'armature											
				n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	n° 6	n° 7	n° 7	n° 8	n° 8	n° 9	n° 10	n° 11
Diamètre nominal de la mèche		d_o	pouces	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1	1-1/8	1-1/8	1-1/4	1-3/8	1-1/2	1-3/4
Encastrement effectif	Minimum	$h_{ef,min}$	pouces (mm)	2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	15 (381)	3-1/2 (89)	17-1/2 (445)	4 (102)	20 (508)	4-1/2 (114)	5 (127)	5-1/2 (140)
	Maximum ²	$h_{ef,max}$	pouces (mm)	22-1/2 (572)	30 (762)	37-1/2 (953)	15 (381)	45 (1143)	17-1/2 (445)	52-1/2 (1334)	20 (508)	60 (1524)	67-1/2 (1715)	75 (1905)	82-1/2 (2096)
Épaisseur minimale de l'élément en béton		h_{min}	pouces (mm)	$h_{ef} + 1-1/4$ ($h_{ef} + 30$)		$(h_{ef} + 2d_o)$									

¹ L'adhésif HIT-RE 500 V3 peut être utilisé avec n'importe quelle qualité de barres d'armature ASTM A615/A706.

² La profondeur d'enrobage maximale illustrée dans le tableau est de 60 d_o et peut être augmentée si nécessaire pour satisfaire la longueur de développement de l'armature calculée pour la température ambiante ou les conditions d'incendie.

Tableau 8 – Spécifications des barres d'armature CSA-G30.18 installées avec l'adhésif HIT-RE 500 V3 ¹

Données sur la pose		Symbole	Unités	Dimensions de la barre d'armature				
				10M	15M	20M	25M	30M
Diamètre nominal de la mèche		d_o	pouces	9/16	3/4	1	1-1/4	1-1/2
Encastrement effectif	Minimum	$h_{ef,min}$	mm	70	80	90	101	120
	Maximum ²	$h_{ef,max}$	mm	678	960	1170	1512	1794
Épaisseur minimale de l'élément en béton		h_{min}	mm	$h_{ef} + 30$		$h_{ef} + 2d_o$		

¹ L'adhésif HIT-RE 500 V3 peut être utilisé avec n'importe quelle qualité de barres d'armature CSA-G30.18.

² La profondeur d'enrobage maximale illustrée dans le tableau est de 60 d_o et peut être augmentée si nécessaire pour satisfaire la longueur de développement de l'armature calculée pour la température ambiante ou les conditions d'incendie.

CONCEPTION DES BARRES D'ARMATURE POST-INSTALLÉES POUR LA LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT TEMPÉRATURE AMBIANTE

Les tableaux suivants indiquent les longueurs de développement calculées selon le chapitre 25 de l'ACI 318 ou le chapitre 12 de la CSA A23.3 pour des applications ne tenant pas compte de l'exposition au feu (température ambiante). Consulter le Guide technique des produits nord-américains de Hilti : Guide sur la barre de renforcement post-installation, daté de novembre 2022 (Rebar Tech Guide), pour plus de renseignements sur le développement des barres d'armature pour les barres d'armature post-installées.

Pour le développement de l'armature en tenant compte de l'exposition au feu, il peut être nécessaire d'augmenter la longueur de développement en fonction de la température du béton pour la couverture de l'armature et la durée du feu spécifiées. Se reporter à la figure 9 et 10 de la présente section et à la section 2 du présent document pour déterminer la longueur de développement nécessaire pour les conditions d'exposition au feu.

Tableau 9 – Longueurs calculées de développement de la tension et de développement de l'épissure de classe B pour les barres d'armature ASTM A615 grade 40 dans les murs, les dalles, les colonnes et les semelles conformément au chapitre 25 de l'ACI 318 pour Hilti HIT-RE 500 V3, sans tenir compte de l'exposition au feu^{3,4,5}

Dimensions de la barre d'armature	$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}$	Dist. min. du bord po. ¹	Min. Espacement po ²	$f'_c = 2\ 500\text{ psi}$		$f'_c = 3\ 000\text{ psi}$		$f'_c = 4\ 000\text{ psi}$		$f'_c = 6\ 000\text{ psi}$	
				ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces
n° 3	2,5	2-1/4	2	12	12	12	12	12	12	12	12
n° 4		2-3/4	2-1/2	12	12	12	12	12	12	12	12
n° 5		3	3-1/4	12	16	12	14	12	12	12	12
n° 6		3-3/4	3-3/4	14	19	13	17	12	15	12	12
n° 7		4-1/2	4-1/2	21	27	19	25	17	22	14	18
n° 8		5	5	24	31	22	28	19	25	15	20
n° 9		5-1/4	5-3/4	27	35	25	32	21	28	17	23
n° 10		5-3/4	6-1/2	30	40	28	36	24	31	20	26
n° 11		6-1/2	7-1/4	34	44	31	40	27	35	22	28

Tableau 10 – Longueurs calculées de développement de la tension et des épissures de classe B pour les barres d'armature ASTM A615/A706 Grade60 dans les murs, les dalles, les colonnes et les semelles conformément au chapitre 25 de l'ACI 318 pour Hilti HIT-RE 500 V3, sans tenir compte de l'exposition au feu^{3,4,5}

Dimensions de la barre d'armature	$\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}$	Dist. min. du bord po. ¹	Min. Espacement po ²	$f'_c = 2\ 500\text{ psi}$		$f'_c = 3\ 000\text{ psi}$		$f'_c = 4\ 000\text{ psi}$		$f'_c = 6\ 000\text{ psi}$	
				ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces	ℓ_d pouces	Épissure de classe B pouces
n° 3	2,5	2-1/4	2	12	14	12	13	12	12	12	12
n° 4		2-3/4	2-1/2	14	19	13	17	12	15	12	12
n° 5		3	3-1/4	18	23	16	21	14	18	12	15
n° 6		3-3/4	3-3/4	22	28	20	26	17	22	14	18
n° 7		4-1/2	4-1/2	32	41	29	37	25	32	20	26
n° 8		5	5	36	47	33	43	28	37	23	30
n° 9		5-1/4	5-3/4	41	53	37	48	32	42	26	34
n° 10		5-3/4	6-1/2	46	59	42	54	36	47	30	38

Notes de bas de page applicables aux tableaux 9 et 10 :

- 1 Les distances aux bords sont déterminées en utilisant la couverture minimale spécifiée par la norme ACI 318 Ch. 25 avec un supplément de 6 % de la longueur de développement par suggestion pour le forage sans aide conformément à la section 3.3 du Hilti Rebar Tech Guide. Il est possible que les distances aux bords soient plus petites, ce qui nécessite de recalculer les longueurs de développement et d'épissure. Pour plus de renseignements sur la couverture requise, voir ACI 318, Sec. 20.5.1.3.1.
- 2 Les valeurs d'espacement représentent celles qui produisent $c_b = 5\ d_b$, arrondies au quart de pouce le plus proche. Des valeurs d'espacement plus faibles peuvent être possibles, pour lesquelles les longueurs de développement et d'épissure doivent être recalculées. Pour plus de renseignements sur l'espacement requis, voir ACI 318 Sec. 25.2.
- 3 $\psi_s = 1,0$; $\psi_g = 1,0$ pour les barres à revêtement non époxy ; $\psi_s = 0,8$ pour les barres n°6 et plus petites, 1,0 pour les barres n°7 et plus grandes ; $\psi_g = 1,0$, Voir ACI 318, Sec. 25.4.2.4.
- 4 Les valeurs sont pour un béton de poids normal. Pour le béton léger sableux, multiplier les longueurs de développement et d'épissure par 1,18, pour le béton léger tout court multiplier les longueurs de développement et d'épissure par 1,33. Voir ACI 318 Sec. 19.2.4.
- 5 Les valeurs de développement et de longueur d'épissure sont pour la conception statique. Le développement de la conception sismique et les longueurs de jonction peuvent être trouvés dans ACI 318 18.8.5 pour les cadres rigides spéciaux et ACI 318 18.10.2.3 pour les murs structuraux spéciaux. Pour plus de renseignements sur le renforcement dans la conception sismique, voir ACI 318 Ch. 18.



Tableau 11 – Longueurs calculées de développement de la tension et de développement des épissures de classe B pour les barres d'armature CSA-G30.18 dans les murs, les dalles, les colonnes et les semelles conformément à la clause 12 de la norme CSA A23.3 pour Hilti HIT-RE 500 V3, sans tenir compte de l'exposition au feu ^{3,4,5}

Taille de l'armature	$d_{cs} + K_{tr}$	min. dist. du bord mm ¹	min. espacement mm ²	$f'_c = 20$ MPa		$f'_c = 25$ MPa		$f'_c = 30$ MPa		$f'_c = 40$ MPa	
				ℓ_d mm	Épissure de classe B mm	ℓ_d mm	Épissure de classe B mm	ℓ_d mm	Épissure de classe B mm	ℓ_d mm	Épissure de classe B mm
10M	2,5 d_b	60	50	300	380	300	340	300	310	300	300
15M		70	75	410	540	370	480	340	440	300	380
20M		80	100	510	660	450	490	410	540	360	460
25M		120	125	820	1 060	730	950	670	870	580	750
30M		130	150	960	1 250	860	1 120	790	1 020	680	890

1 Les distances aux bords sont déterminées en utilisant la couverture minimale spécifiée par la norme CSA A23.3 avec un supplément de 6 % de la longueur de développement par suggestion pour le forage sans aide conformément à la section 3.3 du Hilti Rebar Tech Guide. Il est possible que les distances aux bords soient plus petites, ce qui nécessite de recalculer les longueurs de développement et d'épissure. Pour plus de renseignements sur la couverture requise, voir le tableau 17 de la norme CSA A23.3.

2 Les valeurs d'espacement représentent celles qui produisent $d_{cs} = 5 d_b$, arrondies aux 10 mm les plus proches. Des valeurs d'espacement plus faibles peuvent être possibles, pour lesquelles les longueurs de développement et d'épissure doivent être recalculées. Pour plus de renseignements sur l'espacement requis, voir la norme CSA A23.3 Sec. 6.6.5.2.

3 $k_1 = 1,0$; $k_2 = 1,0$ pour les armatures non enrobées ; $k_3 = 1,0$ pour un béton de densité normale ; $k_4 = 0,8$ pour les barres de 20 M et moins, 1,0 pour les barres de 25 M et plus; Voir CSA A23.3 Clause 12.2.4.

4 Les valeurs sont pour un béton de poids normal. Pour le béton léger, multiplier les longueurs de développement et de jonction par 1,3.

5 Les valeurs de développement et de longueur d'épissure sont pour la conception statique. Pour le développement de la tension et les longueurs d'épissure des barres dans les joints, voir CSA A23.3 21.3.3.5. Pour plus de renseignements sur le renforcement dans la conception sismique, voir la norme CSA A23.3 Ch. 21.

CONCEPTION DES BARRES D'ARMATURE POST-INSTALLÉES POUR L'EXPOSITION AU FEU PENDANT LA LONGUEUR DE DÉVELOPPEMENT

Les figures 9 et 10 ci-dessous sont tirées de l'ESR-3814 et montrent les effets de la température sur l'adhésif HIT-RE 500 V3 lorsqu'il est exposé à un incendie et utilisé pour le développement de barres d'armature pour les dispositions des codes ACI ou CSA. Après avoir déterminé la contrainte d'adhérence équivalente pour la température ambiante, τ_{equiv} , comme indiqué à la section 2.1 du présent document, calculer la contrainte d'adhérence dans les conditions d'exposition au feu, $\tau_{fire(\theta)}$ à l'aide des équations des figures 9 et 10. La longueur de développement dans les conditions d'exposition au feu, $\ell_{d,fire}$, sera alors la suivante :

$$\ell_{d,fire} = \frac{\tau_{equiv}}{\tau_{fire(\theta)}} \ell_d$$

La longueur de développement finale utilisée serait le maximum de ℓ_d , or $\ell_{d,fire}$. Voir la section 2 du présent document pour plus de renseignements sur la conception dans des conditions d'exposition au feu.

Figure 9 – Contrainte d'adhérence HIT-RE 500 V3 en fonction de la température des applications de barres d'armature post-installées, charges à court terme y compris sismiques

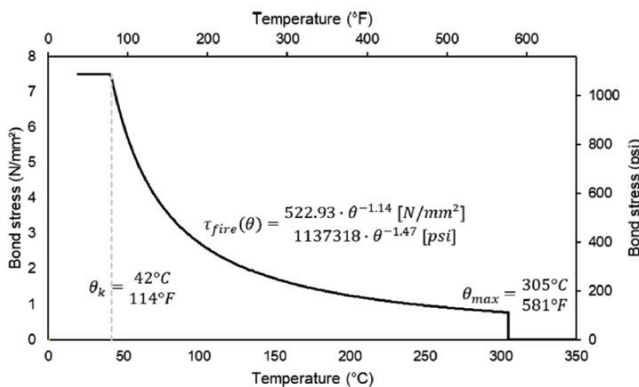
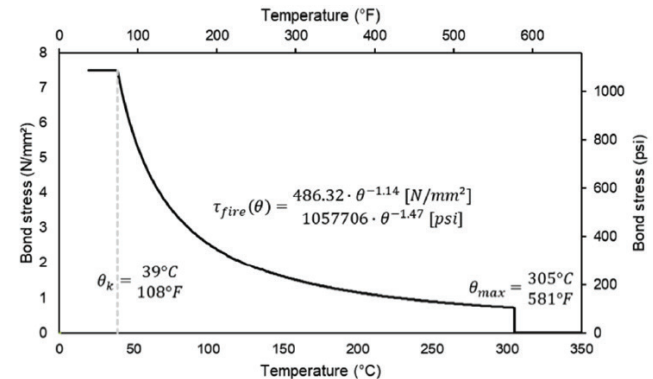


Figure 10 – Contrainte d'adhérence HIT-RE 500 V3 en fonction de la température des applications de barres d'armature post-installées, charges soutenues, y compris sismiques





Hilti (Canada) Corporation
1 800 363-4458

www.hilti.ca