



SYSTÈMES DE TRAVERSES D'ANCRAGE HILTI (HAC ET HAC-T)

**Guide de conception-calcul
pour le Canada
19^e édition**

1.0	Introduction
2.0	Charges pondérées sur la traverse d'ancrage
3.0	Résistance des traverses d'ancrage
4.0	Notations

GUIDE DE CONCEPTION-CALCUL POUR LE CANADA

1.0 Introduction

Cette section est un supplément au Guide technique des produits de Hilti Amérique du Nord pour les systèmes de traverses d'ancrage HAC et HAC-T de Hilti. Les traverses d'ancrage HAC de Hilti munies de boulons de traverse HBC-B, HBC-C et HBC-CN de Hilti et les traverses d'ancrage HAC-T de Hilti munies de boulons de traverse HBC-T de Hilti sont conformes aux critères d'acceptation AC232 de l'ICC-ES pour une utilisation dans le béton fissuré et non fissuré suivant le rapport du service d'évaluation ESR-3520 de l'ICC-ES. Selon ces reconnaissances, les systèmes de traverses d'ancrage de Hilti sont des solutions de rechange aux chevilles préscellées et peuvent être utilisés lorsqu'une conception technique est autorisée conformément aux normes AC232, ACI 318 et ESR-3520.

Étant donné qu'aucune disposition de conception similaire n'existe au Canada, le présent document fournit une méthode de conception basée sur le calcul aux états limites ultimes décrits dans les dispositions de l'annexe D de la norme CSA A23.3-14. Les charges de traction et les efforts de cisaillement pondérés agissant sur les systèmes de traverses d'ancrage sont définis selon la méthode prévue dans la norme AC232 et décrite à la section 2.0 du document. Les résistances de calcul des systèmes de traverses d'ancrage sont élaborées en fonction des critères de calcul des normes AC232 et CSA A23.3-14. Les paramètres géométriques et de calcul donnés dans les tableaux 1 à 13 sont dérivés des données de la norme ESR-3520.

Notez que tous les chiffres sont tirés (réimprimés) du rapport du service d'évaluation ESR-3520 de l'ICC-ES avec la permission des auteurs, et sont applicables aux conditions de calcul aux états limites. Pour obtenir une explication détaillée de la méthode de conception, de l'assistance technique peut être obtenue auprès de Hilti en composant le 1-800-363-4458 ou en consultant le site www.hilti.ca

2.0 Charges pondérées agissant sur les systèmes de traverses d'ancrage

Les traverses d'ancrage et les boulons de traverse Hilti servent à résister aux charges statiques, aux charges dues aux séismes, aux charges dues au vent, ainsi qu'aux charges de traction et de cisaillement. La figure 1 montre les directions des charges, y compris la charge de traction (N_{fa}), l'effort de cisaillement perpendiculaire à l'axe de la traverse longitudinale ($V_{fa,y}$), et l'effort de cisaillement agissant dans l'axe de la traverse longitudinale ($V_{fa,x}$), agissant sur les traverses d'ancrage. Reportez-vous aux notations de la section 4.0 et aux figures 19 à 22 du présent document pour les définitions et les détails des variables indiquées ci-dessous.

2.1 Charge de traction pondérée (N_{fa})

Les charges de traction $N_{fa,i}^a$ agissant sur une cheville en raison d'une charge de traction N_{fa} appliquée sur la traverse doivent être calculées conformément à l'équation (1). On retrouve à la figure 2 un exemple du calcul des charges de traction agissant sur les chevilles.

$$N_{fa,i}^a = k \cdot A_i' \cdot N_{fa} \quad (1)$$

où :

A_i' = ordonnée à la position de la cheville i , où l'on suppose un triangle dont la hauteur est prise à la position de la charge N_{fa} et dont la longueur de la base est égale à $2\ell_{in}$.

$$k = 1 / \sum A_i' \quad (2)$$

$$\ell_{in} = 13 (I_y)^{0,05} \sqrt{s} \geq s, \text{ en mm} \quad (3)$$

s = espacement des chevilles d'ancrage, en mm

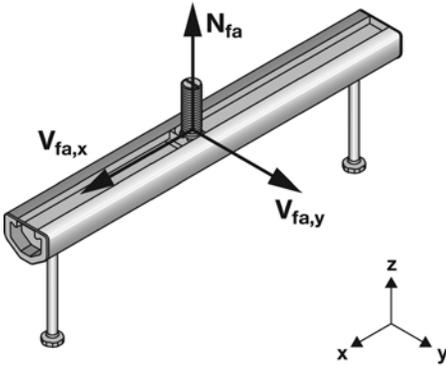
N_{fa} = charge de traction pondérée agissant sur le boulon de traverse, en N

I_y = le moment d'inertie de la traverse (fourni dans le tableau 1 du présent document)

Si plusieurs charges de traction agissent simultanément sur la traverse, on suppose la présence d'une superposition linéaire des forces d'ancrage pour toutes les charges. Si la position exacte de la charge agissant sur la traverse n'est pas connue, la position la plus défavorable de la charge sera supposée pour chaque mode de rupture (p. ex. la charge agissant sur une cheville dans le cas de

la défaillance d'un ancrage par rupture ou par cisaillement de l'acier; ou la charge agissant entre les chevilles dans le cas d'une rupture en flexion de la traverse).

Le moment de flexion $M_{f,flex}$ sur la traverse en raison de charges de traction agissant sur la traverse est calculé en supposant une poutre à travée unique et à un seul support de longueur de portée égale à



Charge de traction N_{fa} : direction z (dans la direction de la cheville)

Effort de cisaillement $V_{fa,y}$: y-direction (perpendicular to longitudinal axis of channel)

Charge longitudinale $V_{fa,x}$: direction x (dans l'axe longitudinal de la traverse)

Figure 1 : Directions des charges couvertes par le présent document

2.2 Effort de cisaillement pondéré perpendiculaire à l'axe longitudinal de la traverse ($V_{fa,y}^a$)

L'effort de cisaillement $V_{fa,y,i}^a$ agissant sur une cheville en raison de l'effort de cisaillement $V_{fa,y}$ agissant sur la traverse perpendiculaire à son axe longitudinal est calculé conformément à la section 2.1 en remplaçant N_{fa} par $V_{fa,y}$ dans l'équation (1).

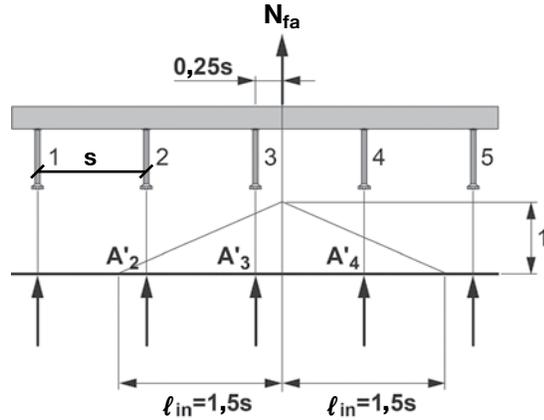
2.3 Effort de cisaillement pondéré agissant dans l'axe longitudinal de la traverse ($V_{fa,x}^a$)

L'effort de cisaillement $V_{fa,x,i}^a$ agissant sur une cheville en raison de l'effort de cisaillement $V_{fa,x}$ agissant sur la traverse dans l'axe de la traverse longitudinale est calculé comme suit :

Pour la vérification de la résistance de la traverse d'ancrage en cas de défaillance de la cheville ou de défaillance du raccord entre la cheville et la traverse, de la rupture par effet de levier, et de la rupture de la rive du béton dans le cas où les traverses d'ancrage sont disposées parallèlement à la rive sans effet de coin, l'effort de cisaillement $V_{fa,x}$ doit être également réparti sur toutes les chevilles pour les traverses d'ancrage qui n'ont pas plus de trois chevilles ou sur trois chevilles pour les traverses d'ancrage qui ont plus de trois chevilles (voir la figure 3). L'effort de cisaillement $V_{fa,x}$ doit être réparti sur ces trois chevilles, ce qui donne lieu à la condition de calcul la plus défavorable (dans l'exemple donné à la figure 3, l'effort de cisaillement $V_{fa,x}$ doit être réparti sur les chevilles 10 à 12).

Pour la vérification de la résistance de la traverse d'ancrage en cas de rupture de la rive du béton avec des traverses d'ancrage disposées perpendiculairement à la rive et avec des traverses d'ancrage disposées parallèlement à la rive avec effets de coin, l'effort de cisaillement $V_{fa,x}$ doit être également réparti sur toutes les chevilles

pour les traverses d'ancrage qui n'ont pas plus de trois chevilles ou sur les trois chevilles les plus proches de la rive ou du coin pour les traverses d'ancrage qui ont plus de trois chevilles (voir la figure 4).



$$A'_2 = \frac{0,25s}{l_{in}} = \frac{1}{6}$$

$$N_{fa,1} = N_{fa,5} = 0$$

$$A'_3 = \frac{1,25s}{l_{in}} = \frac{5}{6}$$

$$N_{fa,2}^a = \frac{1}{6} \cdot \frac{2}{3} \cdot N_{fa} = \frac{1}{9} N_{fa}$$

$$A'_4 = \frac{0,75s}{l_{in}} = \frac{1}{2}$$

$$N_{fa,3}^a = \frac{5}{6} \cdot \frac{2}{3} \cdot N_{fa} = \frac{5}{9} N_{fa}$$

$$k = \frac{1}{A'_2 + A'_3 + A'_4} = \frac{2}{3}$$

$$N_{fa,4}^a = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot N_{fa} = \frac{1}{3} N_{fa}$$

Figure 2 : Exemple pour le calcul des forces d'ancrage conformément à la méthode de répartition triangulaire des charges pour une traverse d'ancrage avec cinq chevilles. On suppose que la longueur d'influence est $l_{in} = 1,5s$

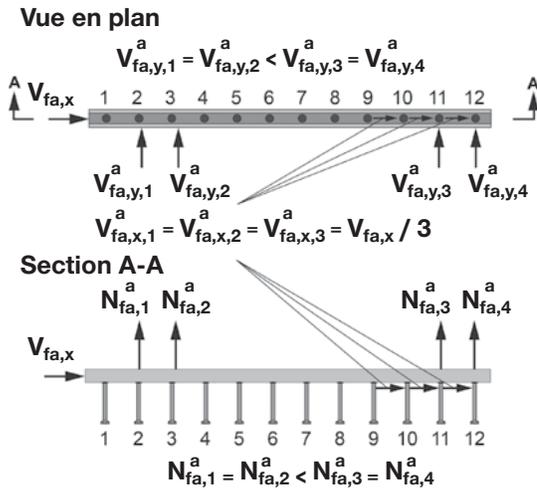
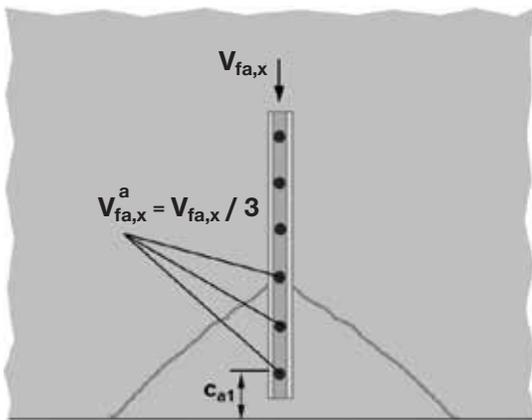
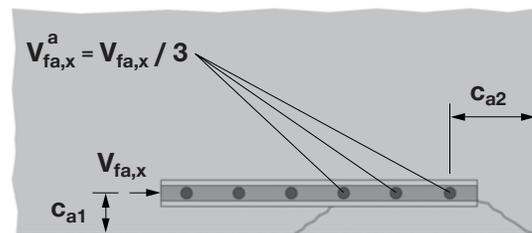


Figure 3 : Exemple pour le calcul des forces d'ancrage dans le cas où les traverses d'ancrage ont 12 chevilles soumises à des charges en cisaillement longitudinal à l'axe de la traverse pour la rupture de l'acier par effet de levier



a) Traverse d'ancrage perpendiculaire à la rive



b) Traverse d'ancrage parallèle à la rive

Figure 4 : Exemple pour le calcul des traverses d'ancrage avec 6 chevilles soumises à des charges de cisaillement longitudinal à l'axe de la traverse pour la rupture de la rive du béton

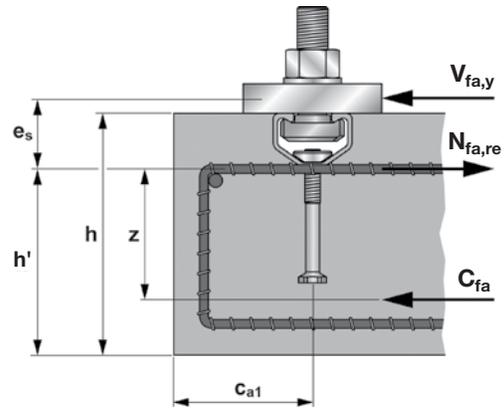


Figure 5 : Armature d'ancrage pour résister aux charges de cisaillement

2.4 Forces pondérées liées à l'armature d'ancrage ($N_{fa,re}$)

Si les charges de traction agissent sur la traverse d'ancrage, les charges de traction pondérées de l'armature d'un ancrage sont calculées pour la charge de traction pondérée $N_{fa,i}$ de la cheville en supposant un modèle de bielles et tirants.

Si un effort de cisaillement $V_{fa,y}$ agit sur la traverse d'ancrage, la charge de traction pondérée de l'armature d'ancrage $N_{fa,re}$ qui en résulte est calculée à l'aide de l'équation (4).

$$N_{fa,re} = V_{fa,y} \left(\frac{e_s}{z} + 1 \right), \text{ en N} \quad (4)$$

où, comme illustré à la figure 5 :

e_s = distance entre l'armature et la force de cisaillement agissant sur la traverse d'ancrage, en mm

z = $0,85 \cdot (h - h_{ch} - 0,5d_a) \leq \min(2h_{ef}; 2c_{a1})$

3.0 Résistance des systèmes de traverses d'ancrage

La résistance de calcul des systèmes de traverses d'ancrage est déterminée conformément à l'annexe D de la norme CSA A23.14 et au présent document pour les éléments suivants :

- Résistance pondérée en traction de l'acier (sec. 3.1)
- Résistance pondérée en traction à la rupture par arrachement du béton (sec. 3.2)
- Résistance pondérée en traction à l'extraction (sec. 3.3)
- Résistance pondérée en traction des traverses d'ancrage à la rupture par éclatement latéral du béton (sec. 3.4)
- Résistance pondérée de l'acier des traverses d'ancrage dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal (sec. 3.5)
- Résistance pondérée des traverses d'ancrage à la rupture par arrachement du béton dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal (sec. 3.6)
- Résistance pondérée des traverses d'ancrage à la rupture du béton par effet de levier dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal (sec. 3.7)
- Résistance pondérée de l'acier des traverses d'ancrage dans le cas d'un cisaillement dans l'axe longitudinal (sec. 3.8)

- i) Résistance pondérée des traverses d'ancrage à la rupture par arrachement du béton dans le cas d'un cisaillement dans l'axe longitudinal (sec. 3.9)
- j) Résistance pondérée des traverses d'ancrage à la rupture du béton par effet de levier dans le cas d'un cisaillement dans l'axe longitudinal (sec. 3.10)

Les paramètres de calcul sont fournis dans les tableaux 1 à 12 du présent document. Les facteurs de résistance des matériaux ϕ_c et ϕ_s et le facteur de pondération de la résistance R indiqués dans les sections 8.4.2, 8.4.3 et D.5.3 de la norme CSA A23.3-14 et dans les tableaux du présent document, selon le cas, doivent être utilisés pour les combinaisons de charges calculées selon l'annexe C de la norme CSA A23.3-14.

Dans l'ensemble, les résistances prépondérantes des traverses d'ancrage N_r et V_r sont les résistances de calcul pondérées les plus faibles déterminées à partir de tous les modes de rupture applicables. N_r est la résistance de calcul pondérée la plus faible en traction d'un système de traverses d'ancrage, déterminée en considérant N_{sar} , N_{scr} , N_{slr} , N_{ssr} , $M_{s,flex}$, N_{cbr} (traverses d'ancrage sans armature d'ancrage pour équilibrer les charges de traction) ou N_{car} (traverses d'ancrage avec armature d'ancrage pour équilibrer les charges de traction), N_{pnr} et N_{sbr} . $V_{r,y}$ est la résistance de calcul pondérée la plus faible en cisaillement perpendiculaire à l'axe d'une traverse d'ancrage, déterminée à partir de $V_{sar,y}$, $V_{scr,y}$, V_{ssr} , $V_{ssr,M}$, $V_{slr,y}$, $V_{cbr,y}$ (traverse d'ancrage sans armature d'ancrage pour équilibrer les charges de cisaillement perpendiculaires à l'axe de la traverse), ou $V_{car,y}$ (traverse d'ancrage avec armature d'ancrage pour équilibrer les charges de cisaillement perpendiculaires à l'axe de la traverse) et $V_{cpr,y}$. $V_{r,y}$ est la résistance de calcul pondérée la plus faible en cisaillement longitudinal à l'axe d'une traverse d'ancrage, déterminée à partir de $V_{sar,x}$, $V_{scr,x}$, V_{ssr} , $V_{ssr,M}$, $V_{slr,x}$, $V_{cbr,x}$ (traverse d'ancrage avec ou sans armature d'ancrage pour équilibrer les charges de cisaillement dans l'axe de la traverse longitudinale) et $V_{cpr,y}$. Les résistances de calcul pondérées pour toutes les chevilles d'une traverse d'ancrage doivent être déterminées.

Pour les traverses d'ancrage dans une zone sismique, les résistances de calcul prises sont les résistances de calcul sismique correspondantes $N_{r,seis}$, $V_{r,x,seis}$ et $V_{r,y,seis}$.

Les traverses d'ancrage doivent satisfaire aux exigences en matière de distance de rive, d'espacement et d'épaisseur du profil figurant dans le tableau 1 du présent document. La distance de rive critique c_{ac} est tirée du tableau 4 du présent document.

Pour l'utilisation de systèmes de traverses d'ancrage dans du béton léger, le facteur de pondération λ doit être de 0,75 pour tout béton léger et de 0,85 pour le béton léger de sable conformément à la norme CSA A23.3-14. Il est possible de déterminer les valeurs par interpolation linéaire si on remplace partiellement le béton par du béton de sable.

3.1 Résistance pondérée à la traction de l'acier

Les valeurs N_{sar} (résistance pondérée à la traction de l'acier d'une cheville unitaire), N_{scr} (résistance pondérée à la traction de l'acier du raccord entre la traverse et la cheville) et $M_{s,flex}$ (résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage) sont fournies dans le tableau 3 du présent document.

La valeur N_{slr} (résistance pondérée à la traction de l'acier dans le cas de la flexion locale des lèvres de la traverse) doit être tirée du tableau 3 du présent document. Cette valeur est valide uniquement si la distance centre à centre entre deux boulons de traverse s_{chb} est supérieure ou égale à $2b_{ch}$ (voir les figures 21 et 22). Si cette exigence n'est pas respectée, alors la valeur N_{slr} donnée dans le tableau 3 doit être réduite par le facteur

$$\frac{1}{1 + \sum_{i=2}^{n+1} \left[\left(1 - \frac{s_{chb,i}}{2b_{ch}}\right)^2 \cdot \frac{N_{ua,i}^b}{N_{ua,1}^b} \right]} \quad (5)$$

où l'entraxe entre les boulons de traverse ne doit pas être inférieur à trois fois le diamètre du boulon d_s . N_{ssr} (résistance pondérée à la traction d'un boulon de traverse) tiré du tableau 11 du présent document.

3.2 Résistance pondérée en traction à la rupture par arrachement du béton

La valeur N_{cbr} (résistance pondérée en traction à la rupture par arrachement du béton d'une cheville unitaire de la traverse d'ancrage) est déterminée conformément à l'équation (6).

$$N_{cbr} = N_{br} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{ed,N} \cdot \psi_{co,N} \cdot \psi_{c,N} \cdot \psi_{cp,N} \quad \text{en N} \quad (6)$$

La résistance de base en traction à la rupture par arrachement du béton d'une cheville unitaire dans du béton fissuré, N_{br} est déterminée conformément à l'équation (7).

$$N_{br} = 10 \cdot \phi_c \cdot \alpha_{ch,N} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f} \cdot h_{ef}^{1,5} \cdot R, \quad \text{en N} \quad (7)$$

où :

$$\alpha_{ch,N} = \left(\frac{h_{ef}}{180} \right)^{0,15} \leq 1 \quad (8)$$

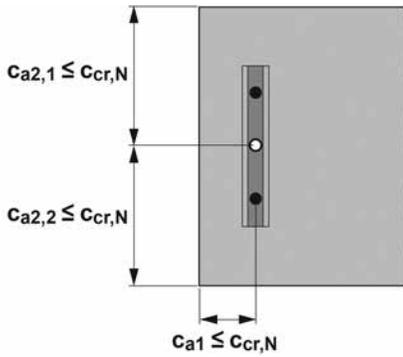
Si les traverses d'ancrage d'une valeur $h_{ef} > 180$ mm se trouvent dans une application comprenant au moins trois rives (voir la figure 6) avec des distances de rive inférieures à $c_{cr,N}$ ($c_{cr,N}$ conformément à l'équation [14]) à partir de la cheville à l'étude, les valeurs de h_{ef} utilisées dans les équations (7), (8) et (11) peuvent être réduites à $h_{ef,red}$ conformément à l'équation (9).

$$h_{ef,red} = \max \left(\frac{c_{a,max}}{c_{cr,N}} \cdot h_{ef}; \frac{s}{s_{cr,N}} \cdot h_{ef} \right), \quad \text{en mm} \quad (9)$$

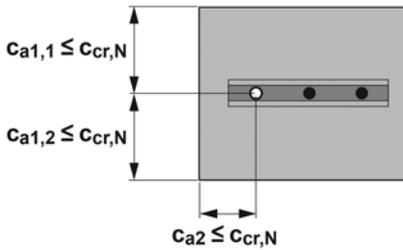
où :

$c_{a,max}$ = valeur maximale de la distance de rive ou de l'éloignement du coin, en mm

Les valeurs $c_{cr,N}$ et $s_{cr,N}$ de l'équation (9) sont calculées avec h_{ef} .



a) traverse d'ancrage avec l'influence d'une rive et de deux coins



b) traverse d'ancrage avec l'influence de deux rives et d'un coin

- o cheville à l'étude
- cheville adjacente

Figure 6 : Exemples d'emplacements des traverses d'ancrage où une valeur réduite de la profondeur d'ancrage $h_{ef,red}$ peut être utilisée.

Le facteur de pondération $\psi_{s,N}$ tenant compte de l'influence de l'emplacement et du chargement des chevilles adjacentes est calculé conformément à l'équation (10).

$$\psi_{s,N} = \frac{1}{1 + \sum_{i=2}^{n+1} \left[\left(1 - \frac{s_i}{s_{cr,N}}\right)^{1,5} \cdot \frac{N_{fa,i}^a}{N_{fa,1}^a} \right]} \quad (10)$$

où, comme illustré à la figure 7 :

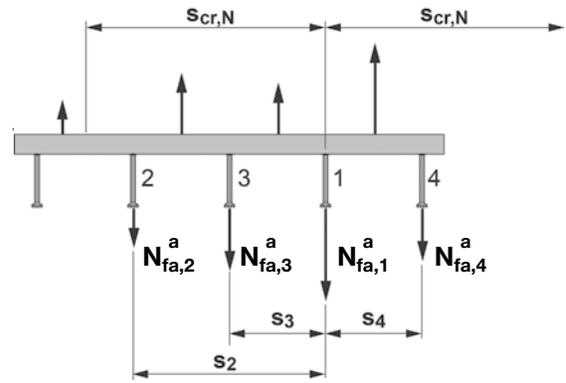
s_i = distance entre la cheville à l'étude et la cheville adjacente, en mm

$$s_{cr,N} = \begin{cases} \leq s_{cr,N} \\ 2 \left(2,8 - \frac{1,3h_{ef}}{180}\right) h_{ef} \geq 3h_{ef}, \text{ en mm} \end{cases} \quad (11)$$

$N_{fa,i}^a$ = charge de traction pondérée d'une cheville d'influence, en N

$N_{fa,1}^a$ = charge de traction pondérée de la cheville à l'étude, en N

n = nombre de chevilles présentes au sein d'une distance $s_{cr,N}$ des deux côtés de la cheville à l'étude



1 = cheville à l'étude

2 à 4 = chevilles d'influence

Figure 7 : Exemple d'une traverse d'ancrage avec des charges de traction d'ancrage non uniformes

Le facteur de pondération $\psi_{ed,N}$ de l'effet de rive des chevilles soumises à des charges de traction est calculé conformément à l'équation (12) ou à l'équation (13).

$$\text{Si } c_{a1} \geq c_{cr,N} \text{ alors } \psi_{ed,N} = 1,0 \quad (12)$$

$$\text{Si } c_{a1} < c_{cr,N} \text{ alors } \psi_{ed,N} = \left(\frac{c_{a1}}{c_{cr,N}}\right)^{0,5} \leq 1,0 \quad (13)$$

où :

$$c_{cr,N} = 0,5s_{cr,N} = \left(2,8 - \frac{1,3h_{ef}}{180}\right) h_{ef} \geq 1,5h_{ef} \text{ en mm} \quad (14)$$

Si les traverses d'ancrage sont situées dans un profil de béton étroit avec plusieurs distances de rive $c_{a1,1}$ et $c_{a1,2}$ (comme l'illustre la figure 8b), la valeur minimale de $c_{a1,1}$ et $c_{a1,2}$ est utilisée à la place de c_{a1} dans l'équation (13).

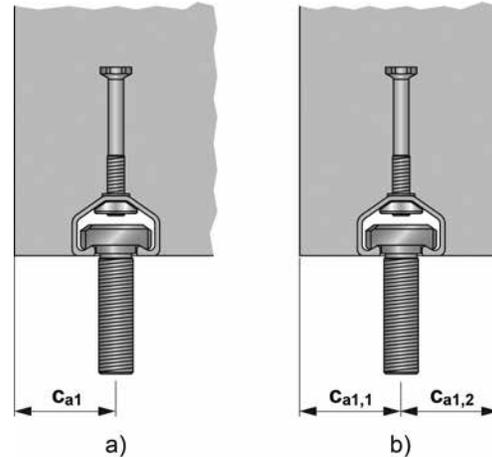


Figure 8 : Traverse d'ancrage

a) au niveau d'une rive

b) dans un profil étroit

Le facteur de pondération $\psi_{co,N}$ de l'effet de coin des chevilles soumises à des charges de traction est calculé conformément à l'équation (15) ou à l'équation (16).

Si $c_{a2} \geq c_{cr,N}$ alors $\psi_{co,N} = 1,0$ (15)

Si $c_{a2} < c_{cr,N}$ alors $\psi_{co,N} = \left(\frac{c_{a2}}{c_{cr,N}}\right)^{0,5} \leq 1,0$ (16)

où :

c_{a2} = distance entre la cheville à l'étude et le coin (voir la figure 9a, b)

Si une cheville est influencée par deux coins (voir la figure 9c), le facteur $\psi_{co,N}$ est calculé pour chacune des valeurs $c_{a2,1}$ et $c_{a2,2}$ et le produit des facteurs, $\psi_{co,N}$, est inséré dans l'équation (6).

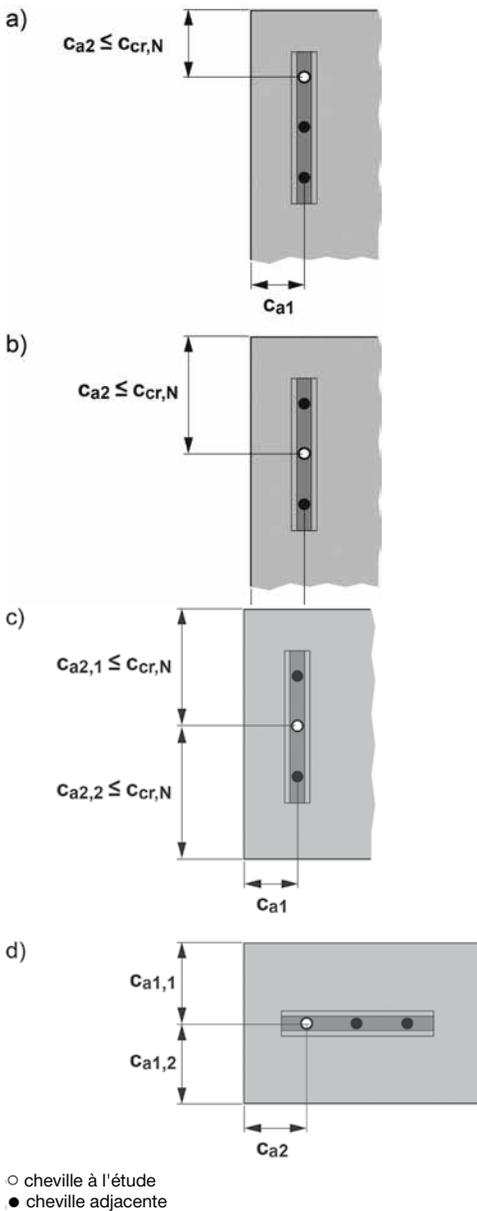
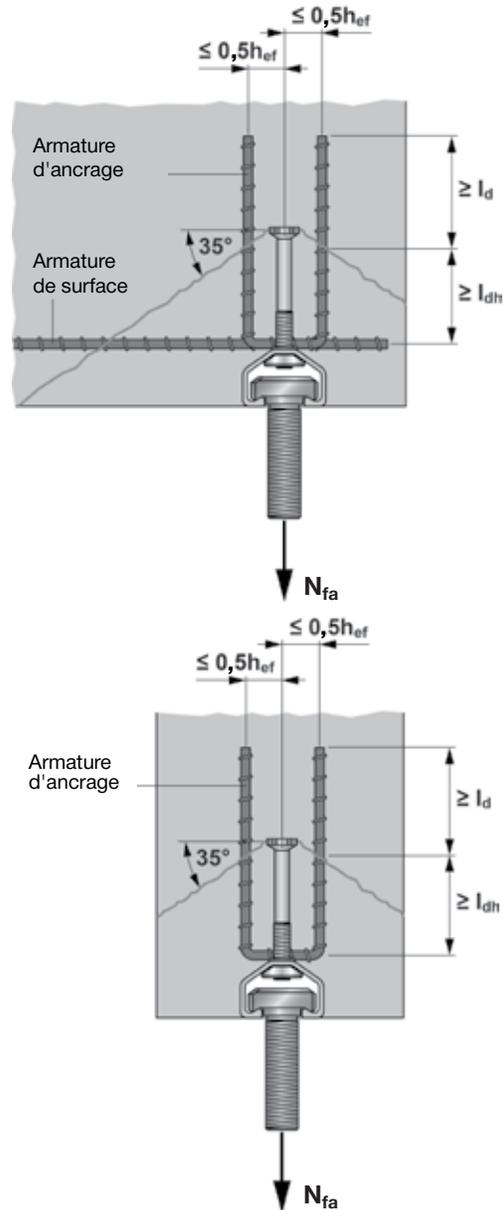


Figure 9 : Traverse d'ancrage dans un coin d'un profil en béton

Pour des traverses d'ancrage situées dans une région d'un profil en béton dont l'analyse ne signale aucune fissuration aux charges de service, le facteur de pondération est défini comme étant

$\psi_{c,N} = 1,25$

Si l'analyse détermine qu'il y a fissuration aux charges de service, la valeur $\psi_{c,N}$ doit valoir 1,0. La fissuration du béton doit être contrôlée par un renfort en flexion distribué selon la section 10.6 de la norme CSA A23.3-14, ou un contrôle équivalent de la fissuration doit être fourni par une armature de confinement.



b) dans un profil étroit

Figure 10 : Disposition de l'armature d'ancrage pour les traverses d'ancrage soumises à une charge de traction

Le facteur de pondération $\psi_{cp,N}$ des traverses d'ancrage conçues pour le béton non fissuré sans armature supplémentaire pour contrôler le fendage est calculé conformément à l'équation (17) ou à l'équation (18). La distance de rive critique c_{ac} est tirée du tableau 4 du présent document.

$$\text{Si } c_{a,\min} \geq c_{ac} \quad \text{alors } \psi_{cp,N} = 1,0 \quad (17)$$

$$\text{Si } c_{a,\min} < c_{ac} \quad \text{alors } \psi_{cp,N} = \left(\frac{c_{a,\min}}{c_{ac}} \right) \quad (18)$$

Où la valeur $\psi_{cp,N}$ déterminée conformément à l'équation (18) ne doit pas être inférieure à $c_{cr,N} / c_{ac}$, la valeur $c_{cr,N}$ étant tirée de l'équation (14).

Dans tous les autres cas, la valeur $\psi_{cp,N}$ doit valoir 1,0.

Si l'armature d'ancrage est développée conformément au chapitre 7 de la norme CSA A23.3-14 des deux côtés de la surface d'arrachement pour une cheville d'une traverse d'ancrage, on peut utiliser la résistance de calcul N_{car} de l'armature de l'ancrage à la place de la résistance à la rupture par arrachement du béton N_{cbr} pour déterminer la valeur N_r . L'armature d'ancrage d'une cheville doit être conçue pour la charge de traction N_{fa}^a sur cette cheville à l'aide d'un modèle de bielles et tirants. Les dispositions de la figure 10 doivent être prises en compte lors de la détermination de la dimension et des détails de l'armature d'ancrage. L'armature d'ancrage se compose d'étriers fabriqués à partir de barres d'armature à haute adhérence avec un diamètre maximum de 16 mm (barre n° 5). Le facteur de pondération de la résistance R de 1,15 doit être utilisé dans le calcul de l'armature de l'ancrage.

Pour les traverses d'ancrage disposées en parallèle à la rive d'un profil en béton ou d'un profil en béton étroit, le plan de l'armature d'ancrage doit être disposé perpendiculairement à l'axe longitudinal de la traverse, comme illustré à la figure 10.

3.3 Résistance pondérée en traction à l'extraction

Pour les chevilles des traverses d'ancrage, la résistance pondérée à l'extraction N_{pnr} est calculée conformément aux sections D.6.3.1, D.6.3.4 et D.6.3.6 de la norme CSA A23.3-14.

3.4 Résistance pondérée en traction des traverses d'ancrage à la rupture par éclatement latéral du béton

Pour les traverses d'ancrage installées à profondeur élevée près d'une rive ($h_{ef} > 2c_{a1}$), la résistance pondérée d'une cheville unitaire en ce qui a trait à la rupture par éclatement latéral du béton, N_{sbr} , doit être calculée conformément à l'équation (19).

$$N_{sbr} = N_{sbr}^0 \cdot \psi_{s,Nb} \cdot \psi_{g,Nb} \cdot \psi_{co,Nb} \cdot \psi_{h,Nb} \cdot \psi_{c,Nb}, \text{ en N} \quad (19)$$

La résistance pondérée de base d'une cheville unitaire sans l'influence des chevilles adjacentes, des effets de coin ou de l'épaisseur du profil en béton fissuré, N_{sbr}^0 , est calculée conformément à l'équation (20).

$$N_{sbr}^0 = 10,5 \cdot \Phi_c \cdot c_{a1} \cdot \lambda \cdot \sqrt{A_{brg}} \cdot \sqrt{f'_c} \cdot R, \text{ en N} \quad (20)$$

Le facteur de pondération $\psi_{s,Nb}$ tenant compte de la distance aux chevilles adjacentes et du chargement de ces dernières est calculé conformément à l'équation (10), cependant la valeur $s_{cr,N}$ est remplacée par la valeur $s_{cr,Nb}$, qui doit être calculée conformément à l'équation (21).

$$s_{cr,Nb} = 4c_{a1}, \text{ en mm} \quad (21)$$

Le facteur de pondération $\psi_{g,Nb}$ tenant compte de l'influence de la surface portante des chevilles adjacentes est calculé conformément à l'équation (22) ou à l'équation (23).

$$\text{Si } s \geq 4c_{a1} \quad \text{alors } \psi_{g,Nb} = 1,0 \quad (22)$$

$$\text{Si } s < 4c_{a1} \quad \text{alors } \psi_{g,Nb} = \sqrt{n} + (1 - \sqrt{n}) \cdot \frac{s}{4c_{a1}} \geq 1,0 \quad (23)$$

où :

n = nombre de chevilles en traction dans une rangée parallèle à la rive

Le facteur de pondération $\psi_{co,Nb}$ tenant compte de l'influence des effets de coin est calculé conformément à l'équation (24).

$$\psi_{co,Nb} = \left(\frac{c_{a2}}{c_{cr,Nb}} \right)^{0,5} \leq 1,0 \quad (24)$$

où :

c_{a2} = éloignement du coin de la cheville pour laquelle la résistance est calculée, en mm

$$c_{cr,Nb} = 2c_{a1}, \text{ en mm} \quad (25)$$

Si une cheville est influencée par deux coins ($c_{a2} < 2c_{a1}$), le facteur $\psi_{co,Nb}$ est calculé pour chacune des valeurs $c_{a2,1}$ et $c_{a2,2}$, et le produit des facteurs est inséré dans l'équation (19).

Le facteur de pondération $\psi_{h,Nb}$ tenant compte de l'influence de l'épaisseur du profil est calculé conformément à l'équation (26) ou à l'équation (27).

$$\text{Si } f > 2c_{a1} \quad \text{alors } \psi_{h,Nb} = 1,0 \quad (26)$$

$$\text{Si } f \leq 2c_{a1} \quad \text{alors } \psi_{h,Nb} = \frac{h_{ef} + f}{4c_{a1}} \leq \frac{2c_{a1} + f}{4c_{a1}} \quad (27)$$

où :

f = distance entre la tête d'ancrage et la surface du profil en béton opposée à la traverse d'ancrage (voir la figure 11), en mm

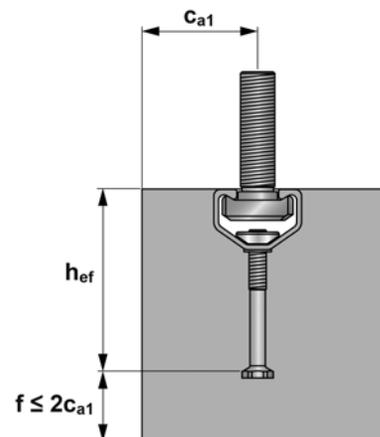


Figure 11 : Traverse d'ancrage à la rive d'un profil en béton mince

Il faut permettre le facteur de pondération $\psi_{c,Nb}$ suivant tenant compte de l'influence du béton non fissuré :

$$\psi_{c,Nb} = 1,25$$

Pour les traverses d'ancrage situées perpendiculairement à la rive et soumises à la traction uniformément, il faut seulement vérifier la cheville la plus proche de la rive.

3.5 Résistance pondérée de l'acier des systèmes de traverse d'ancrage au cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal

Pour les systèmes de traverse d'ancrage, la résistance pondérée au cisaillement est déterminée comme suit :

La valeur V_{ssr} (résistance pondérée au cisaillement du boulon de traverse) doit être tirée du tableau 12 du présent document.

Si la pièce à fixer n'est pas serrée contre le béton, mais qu'elle est fixée sur le boulon de traverse à une distance de la surface du béton (p. ex. par des écrous couplés), la résistance pondérée au cisaillement d'un boulon de traverse $V_{ssr,M}$ est calculée conformément à l'équation (28).

$$V_{ssr,M} = \frac{\alpha_M \cdot M_{ssr}}{\ell}, \text{ en N} \quad (28)$$

où :

α_M = facteur prenant en compte les conditions de retenue de la pièce à fixer

= 1,0 si la pièce à fixer peut tourner librement (sans retenue)

= 2,0 si la pièce à fixer ne peut pas tourner (retenue intégrale)

$$M_{ssr} = M_{ssr}^0 \left(1 - \frac{N_{ra}}{N_{ssr}}\right), \text{ en N.mm} \quad (29)$$

M_{ssr}^0 = résistance à la flexion pondérée du boulon de traverse selon le tableau 12 du présent document.

$$\leq 0,5N_{slr} \cdot a$$

$$\leq 0,5N_{ssr} \cdot a$$

ℓ = bras de levier, en mm

a = bras de levier interne, en mm, comme illustré à la figure 12

T_S = Charge de traction qui agit sur les lèvres de la traverse
 C_S = Force de compression qui agit sur les lèvres de la trav

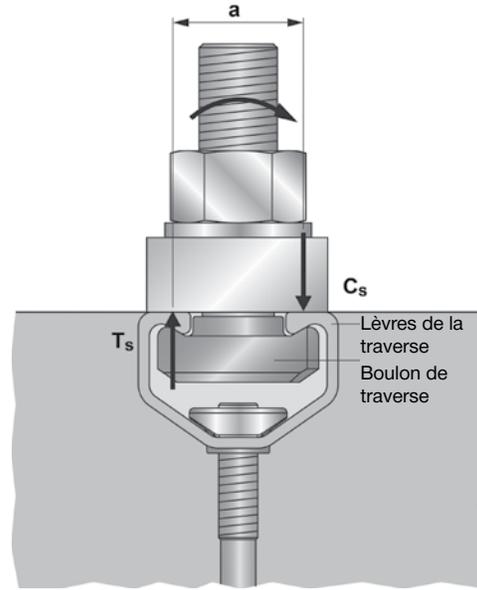


Figure 12 : Définition du bras de levier interne

Les valeurs $V_{slr,y}$ (résistance pondérée des lèvres de la traverse pour équilibrer les charges de cisaillement perpendiculaires à la traverse transmises par un boulon de traverse), $V_{sar,y}$ (résistance pondérée de l'acier au cisaillement perpendiculaire à l'axe de la traverse d'une cheville unitaire), et $V_{scr,y}$ (résistance pondérée au cisaillement perpendiculaire à l'axe de la traverse du raccord entre une cheville et la traverse d'ancrage) sont fournies dans le tableau 5 du présent document.

3.6 Résistance pondérée des traverses d'ancrage à la rupture par arrachement du béton dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal

La résistance pondérée d'une traverse d'ancrage à la rupture par arrachement du béton $V_{cbr,y}$ dans du béton fissuré dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal d'une cheville unitaire est calculée comme suit :

a) Pour une force de cisaillement perpendiculaire à la rive, avec l'équation (30)

$$V_{cbr,y} = V_{br} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{co,V} \cdot \psi_{c,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot N \quad (30)$$

b) Pour une force de cisaillement parallèle à une rive (comme l'illustre la figure 13), la valeur $V_{cbr,y}$ doit être 2,5 fois la valeur de la force de cisaillement déterminée à partir de l'équation (30) où la force de cisaillement est censée agir perpendiculairement à la rive.

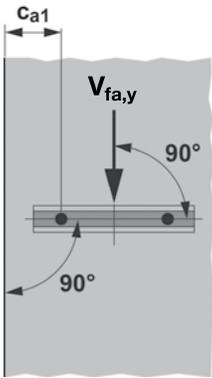


Figure 13 : Traverse d'ancrage disposée perpendiculairement à la rive et mise en charge parallèlement à la rive

La résistance de base d'une traverse d'ancrage à la rupture par arrachement du béton V_{br} dans du béton fissuré dans le cas d'un cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal d'une cheville unitaire est calculée conformément à l'équation (31).

$$V_{br} = \phi_c \cdot \alpha_{ch,v} \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c^1 \cdot c_{a1}^{4/3}} \cdot R, \text{ en N} \quad (31)$$

où :

$\alpha_{ch,v}$ = tirée du tableau 10 du présent document

f_c^1 = la plus petite valeur entre la résistance à la compression du béton spécifiée et 59 MPa

Le facteur de pondération $\psi_{s,v}$ tenant compte de l'influence de l'emplacement et du chargement des chevilles adjacentes est calculé conformément à l'équation (32).

$$\psi_{s,v} = \frac{1}{1 + \sum_{i=2}^{n+1} \left[\left(1 - \frac{s_i}{s_{cr,v}}\right)^{1,5} \cdot \frac{V_{fa,i}^a}{V_{fa,1}^a} \right]} \quad (32)$$

où, comme illustré à la figure 14 :

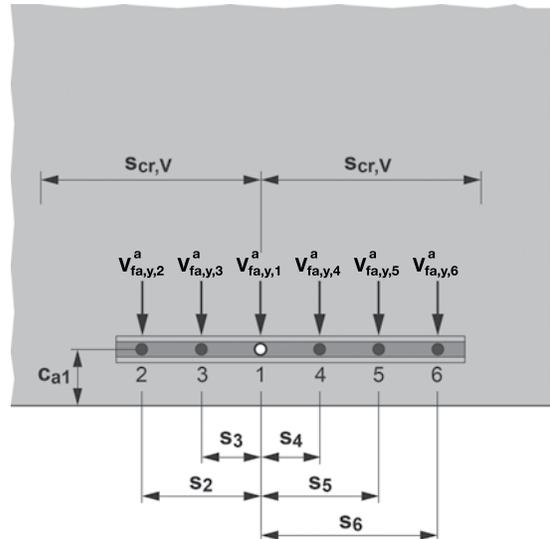
s_i = distance entre la cheville à l'étude et les chevilles adjacentes $\leq s_{cr,v}$

$$s_{cr,v} = 4c_{a1} + 2b_{ch}, \text{ en mm} \quad (33)$$

$V_{fa,i}^a$ = effort de cisaillement pondéré d'une cheville d'influence, en N

$V_{fa,1}^a$ = effort de cisaillement pondéré de la cheville à l'étude, en N

n = nombre de chevilles présentes à l'intérieur d'une distance $s_{cr,v}$ des deux côtés de la cheville à l'étude



○ cheville à l'étude
● cheville adjacente

Figure 14 : Exemple d'une traverse d'ancrage subissant des forces de cisaillement d'ancrage différentes

Le facteur de pondération $\psi_{co,v}$ de l'effet de coin d'une cheville soumise au cisaillement perpendiculaire à la traverse est calculé conformément à l'équation (34) ou à l'équation (35).

$$\text{Si } c_{a2} \geq c_{cr,v} \text{ alors } \psi_{co,v} = 1,0 \quad (34)$$

$$\text{Si } c_{a2} < c_{cr,v} \text{ alors } \psi_{co,v} = \left(\frac{c_{a2}}{c_{cr,v}}\right)^{0,5} \quad (35)$$

où :

$$c_{cr,v} = 2c_{a1} + b_{ch}, \text{ en mm} \quad (36)$$

Si la cheville est influencée par deux coins (comme l'illustre la figure 15b), alors le facteur $\psi_{co,v}$ est calculé pour chaque coin, conformément à l'équation (34) ou à l'équation (35), et le produit des valeurs de $\psi_{co,v}$ est inséré dans l'équation (30).

Pour des traverses d'ancrage situées dans une région d'un profil en béton dont l'analyse ne signale aucune fissuration aux charges de service, le facteur de pondération est défini comme étant

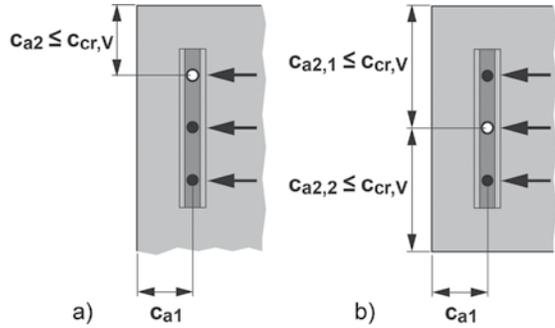
$$\psi_{c,v} = 1,4$$

Pour des traverses d'ancrage situées dans une région d'un profil en béton dont l'analyse signale une fissuration aux charges de service, les pondérations suivantes sont définies :

$\psi_{c,v} = 1,0$ pour les traverses d'ancrage dans du béton fissuré sans armature supplémentaire

$\psi_{c,v} = 1,2$ pour les traverses d'ancrage dans du béton fissuré avec armature de rive d'une barre n° 4 (12,7 mm) ou plus entre la traverse d'ancrage et la rive

$\psi_{c,V} = 1,4$ pour les traverses d'ancrage dans du béton fissuré contenant une armature de rive d'un diamètre minimum de 12,7 mm (barre n° 4 ou plus) entre la traverse d'ancrage et la rive et avec l'armature de rive entourée d'étriers de diamètre minimum de 12,7 mm (n° 4 ou plus) espacés de 100 mm au maximum



○ cheville à l'étude
● cheville adjacente

Figure 15 : Exemple d'une traverse d'ancrage soumise à des charges de cisaillement avec des chevilles

- a) influencées par un coin
- b) influencées par deux coins

Le facteur de pondération des traverses d'ancrage situées dans un profil en béton avec $h < h_{cr,V}$, $\psi_{h,V}$ (un exemple est donné à la figure 16) est calculé conformément à l'équation (37).

$$\psi_{h,V} = \left(\frac{h}{h_{cr,V}} \right)^{0,5} \leq 1,0 \quad (37)$$

où :

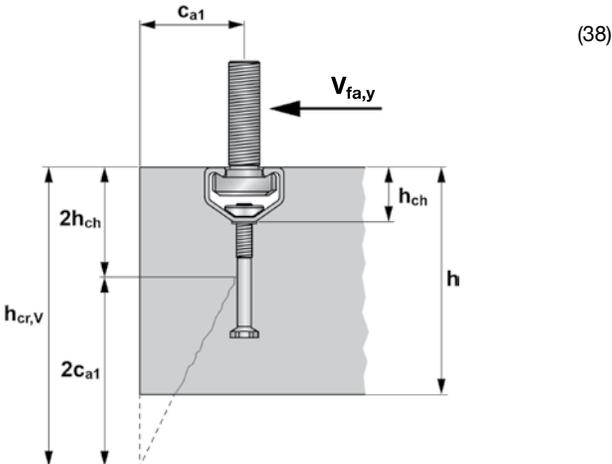
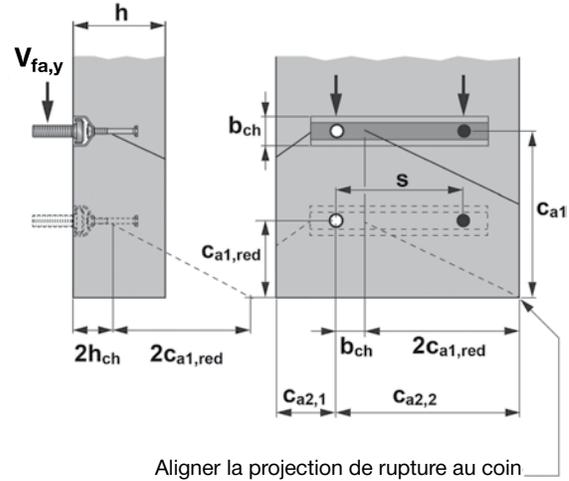


Figure 16 : Exemple d'une traverse d'ancrage dans un profil d'épaisseur $h < h_{cr,V}$

Lorsqu'une traverse d'ancrage est située dans un profil étroit ($c_{a2,max} < c_{cr,V}$) d'épaisseur $h < h_{cr,V}$ (voir la figure 17), la distance de rive c_{a1} dans les équations (31), (33), (36) et (38) ne doit pas dépasser la valeur $c_{a1,red}$ déterminée conformément à l'équation (39).

$$c_{a1,red} = \max \left[\frac{c_{a2,max} - b_{ch}}{2} ; \frac{h - 2h_{ch}}{2} \right], \text{ en mm} \quad (39)$$

où $c_{a2,max}$ est la plus grande des distances de rive perpendiculaires à l'axe longitudinal de la traverse.



Pour cet exemple, on obtient la valeur de $c_{a1,red}$ en avançant la surface de rupture jusqu'à l'intersection du coin comme illustré.

Figure 17 : Exemple d'une traverse d'ancrage influencée par deux coins et par l'épaisseur du profil (dans cet exemple, la valeur de $c_{a2,2}$ est décisive pour la détermination de la valeur $c_{a1,red}$)

Pour les traverses d'ancrage pour lesquelles la valeur b_{ch} est supérieure à 28 mm et la valeur h_{ch} est supérieure à 15 mm, disposées parallèlement à la rive et soumises à une force de cisaillement perpendiculaire à la rive et à l'armature d'ancrage développée conformément au chapitre 7 de la norme CSA A23.3-14 des deux côtés de la surface du béton, la résistance de calcul de l'armature de l'ancrage $V_{car,y}$ peut être utilisée à la place de la résistance à la rupture par arrachement du béton $V_{cbr,y}$ pour déterminer la valeur $V_{r,y}$.

Le facteur de pondération de la résistance R de 1,15 doit être utilisé dans le calcul de l'armature de l'ancrage. La résistance de l'armature d'ancrage supposée dans le calcul ne doit pas dépasser la valeur calculée conformément à l'équation (40). Seule une armature d'ancrage conforme à la figure 18 peut être considérée comme étant efficace.

La résistance maximum de l'armature d'ancrage $V_{car,y,max}$ d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage est calculée conformément à l'équation (40).

$$V_{car,y,max} = \frac{4,2}{C_{a1}^{0,12}} V_{cbr,y} \text{ en N} \quad (40)$$

où la valeur $V_{cbr,y}$ est déterminée conformément à l'équation (30).

L'armature d'ancrage est composée d'étriers fabriqués à partir de barres d'armature en acier à haute adhérence d'un diamètre maximum de 15,9 mm (barre n° 5) et d'une armature à bord droit d'un diamètre non inférieur au diamètre des étriers (comme l'illustre la figure 18). Seule une barre des deux côtés d'une cheville peut être considérée comme étant efficace. La distance entre cette barre et la cheville ne doit pas dépasser $0,5 c_{a1}$ et la longueur d'ancrage dans le corps d'arrachement ne doit pas être inférieure à 4 fois le diamètre de la barre. La distance entre les étriers ne doit pas dépasser la plus petite valeur entre l'espacement d'ancrage ou 152 mm.

L'armature d'ancrage d'une traverse d'ancrage doit être calculée pour la charge d'ancrage la plus élevée $V_{fa,y}^a$ de toutes les chevilles, ou au moins pour l'effort de cisaillement individuel le plus élevé $V_{fa,y}^b$ agissant sur la traverse. Cette armature d'ancrage doit être disposée sur toutes les chevilles d'une traverse d'ancrage.

Vue en plan

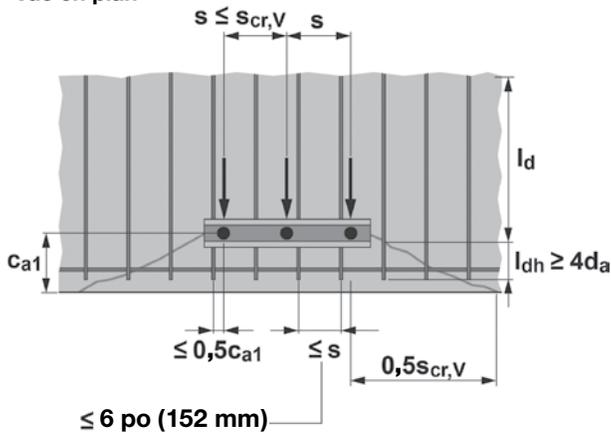


Figure 18 : Exigences relatives au détail de l'armature d'ancrage des traverses d'ancrage

3.7 Résistance pondérée des traverses d'ancrage au cisaillement perpendiculaire à l'axe longitudinal en cas de rupture du béton par effet de levier

La résistance pondérée au cisaillement $V_{cpr,y}$ d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage sans armature d'ancrage en cas de rupture par effet de levier est calculée conformément à l'équation (41).

$$V_{cpr} = V_{cpr,x} = V_{cpr,y} = k_{cp} \cdot N_{cbr} \quad \text{en N} \quad (41)$$

où :

- k_{cp} = est tirée du tableau 10 du présent document
- N_{cbr} = résistance pondérée à la rupture par arrachement du béton de la cheville à l'étude, en N, déterminée conformément à la section 3.2; cependant, lors de la détermination du facteur de pondération $\psi_{s,N}$, les valeurs $N_{fa,1}^a$ et $N_{fa,i}^a$ de l'équation (10) sont remplacées par $V_{fa,1}^a$ et par $V_{fa,i}^a$, respectivement.

La résistance pondérée au cisaillement $V_{cpr,y}$ d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage sans armature d'ancrage en ce qui a trait à la rupture par effet de levier ne doit pas dépasser :

$$V_{cpr} = V_{cpr,x} = V_{cpr,y} = 0,75 \cdot k_{cp} \cdot N_{cbr} \quad \text{en N} \quad (42)$$

avec les valeurs k_{cp} et N_{cbr} comme définies ci-dessus.

3.8 Résistance pondérée de l'acier des systèmes de traverse d'ancrage au cisaillement dans l'axe longitudinal

La valeur V_{ssr} (résistance pondérée au cisaillement du boulon de traverse) doit être tirée du tableau 12 du présent document.

Si la pièce à fixer n'est pas serrée contre le béton, mais qu'elle est fixée sur le boulon de traverse à une distance de la surface du béton (p. ex. par des écrous couplés), la résistance pondérée au cisaillement d'un boulon de traverse $V_{ssr,M}$ est calculée conformément à l'équation (28).

La valeur $V_{slr,x}$ (résistance pondérée de l'acier au cisaillement dans l'axe longitudinal de la traverse du raccord entre le boulon de traverse et les lèvres de la traverse) doit être tirée du tableau 6, 7, 8 ou 9, selon le cas.

La valeur $V_{sar,x}$ (résistance pondérée de l'acier au cisaillement dans l'axe longitudinal de la traverse d'une cheville unitaire) est fournie dans le tableau 5.

La valeur $V_{scr,x}$ (résistance pondérée au cisaillement dans l'axe longitudinal de la traverse du raccord entre une cheville et la traverse d'ancrage) est fournie dans le tableau 5.

3.9 Résistance pondérée des traverses d'ancrage au cisaillement dans l'axe longitudinal en cas de rupture par arrachement du béton

La résistance pondérée au cisaillement $V_{cbr,x}$ dans l'axe longitudinal d'une traverse d'ancrage dans du béton fissuré en cas de rupture par arrachement du béton est calculée comme suit :

a) Pour une force de cisaillement perpendiculaire à la rive, avec l'équation (D-32) tirée de la section D.7.2.1 de la norme CSA A23.3-14. La résistance de base au cisaillement V_{br} dans l'axe longitudinal de la traverse d'une cheville ronde unitaire d'une traverse d'ancrage dans du béton fissuré en cas de rupture par arrachement du béton est calculée conformément à la section D.7.2.2 (norme CSA A23.3-14).

b) Pour une force de cisaillement parallèle à une rive, la valeur $V_{cbr,x}$ doit être deux fois la valeur de la force de cisaillement déterminée à partir de l'équation (D-32), de la section D.7.2.1 (norme CSA A23.3-14) où la force de cisaillement est censée agir perpendiculairement à la rive.

3.10 Résistance pondérée des traverses d'ancrage au cisaillement dans l'axe longitudinal en cas de rupture du béton par effet de levier

La résistance pondérée au cisaillement $V_{cpr,x}$ d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage sans armature d'ancrage en cas de rupture par effet de levier est calculée conformément à l'équation (41).

La résistance pondérée au cisaillement $V_{cpr,x}$ d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage sans armature d'ancrage en cas de rupture par effet de levier ne doit pas dépasser la valeur de l'équation (42).

3.11 Interaction des forces de traction et de cisaillement

Si les forces agissent dans plus d'une direction, la combinaison des charges doit être vérifiée.

Les systèmes de traverses d'ancrage soumis à des charges de traction et de cisaillement combinées doivent être calculés de manière à satisfaire aux conditions suivantes en distinguant entre la rupture de l'acier du boulon de traverse, les modes de rupture de l'acier de la traverse et les modes de rupture du béton.

3.11.1 Rupture de l'acier des boulons de traverse sous des charges combinées

Pour les boulons de traverse, il faut vérifier l'équation (43).

$$\left(\frac{N_{fa}^b}{N_{ssr}}\right)^2 + \left(\frac{V_{fa}^b}{V_{ssr}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (43)$$

où :

$$V_{fa}^b = \left[\left(V_{fa,y}^b\right)^2 + \left(V_{fa,x}^b\right)^2 \right]^{0,5}$$

Cette vérification n'est pas nécessaire en cas d'effort de cisaillement avec le bras de levier, car l'équation (28) tient compte de l'interaction.

3.11.2 Modes de rupture de l'acier des systèmes de traverses d'ancrage sous des charges combinées

Pour les modes de rupture de l'acier des traverses d'ancrage, il faut vérifier les équations (44), (45) et (46).

a) Pour la cheville et le raccord entre la cheville et la traverse :

$$\max\left(\frac{N_{fa}^a}{N_{sar}}; \frac{N_{fa}^a}{N_{scr}}\right)^\alpha + \max\left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{sar,y}}; \frac{V_{fa,y}^a}{V_{scr,y}}\right)^{\alpha*} + \max\left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{sar,x}}; \frac{V_{fa,x}^a}{V_{scr,x}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (44)$$

où :

$$\alpha = 2 \quad \text{pour les traverses d'ancrage avec } \max(V_{sar,y}; V_{scr,y}) \leq \min(N_{sar}; N_{scr})$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pour les traverses d'ancrage avec } \max(V_{sar,y}; V_{scr,y}) > \min(N_{sar}; N_{scr})$$

Il est permis de supposer des valeurs réduites pour $V_{sar,y}$ et pour $V_{scr,y}$ correspondant à l'utilisation d'un exposant $\alpha = 2$. (Dans ce cas, les valeurs réduites pour $V_{sar,y}$ et $V_{scr,y}$ doivent également être utilisées dans la section 3.5.)

b) Au point d'application de la charge :

$$\left(\frac{N_{fa}^b}{N_{slr}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{fa,y}^b}{V_{slr,y}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{fa,x}^b}{V_{slr,x}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (45)$$

$$\left(\frac{M_{s,flex}}{M}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{fa,y}^b}{V_{slr,y}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{fa,x}^b}{V_{slr,x}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (46)$$

où :

$$\alpha = 2 \quad \text{pour les traverses d'ancrage avec } V_{slr,y} \leq N_{slr,i}$$

$$\alpha = 1 \quad \text{pour les traverses d'ancrage avec } V_{slr,y} > N_{slr,i}$$

Il est permis de supposer une valeur réduite pour $V_{slr,y}$ correspondant à l'utilisation d'un exposant $\alpha = 2$. (Dans ce cas, la valeur réduite pour $V_{slr,y}$ doit également être utilisée dans la section 3.5.)

3.11.3 Modes de rupture du béton des systèmes de traverses d'ancrage sous des charges combinées

Pour les modes de rupture du béton, les traverses d'ancrage doivent être calculées pour satisfaire aux exigences prescrites aux points a) à d).

$$a) \text{ Si } \left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{rc,y}}\right) + \left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{rc,x}}\right) \leq 0,2$$

alors toute la force de traction est autorisée :

$$N_{rc} \geq N_{fa}^a$$

$$b) \text{ Si } N_{fa}^a \leq 0,2 N_{rc}$$

alors toute la force de cisaillement est autorisée :

$$\left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{rc,y}}\right) + \left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{rc,x}}\right) \leq 1,0$$

$$c) \text{ Si } \left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{rc,y}}\right) + \left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{rc,x}}\right) > 0,2 \text{ et } N_{fa}^a > 0,2 N_{rc}$$

Alors l'équation (47) s'applique

$$\left(\frac{N_{fa}^a}{N_{rc}}\right) + \left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{rc,y}}\right) + \left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{rc,x}}\right) \leq 1,2 \quad (47)$$

d) Sinon, au lieu de répondre aux exigences des points a) à c), il faut vérifier l'équation (48) d'interaction :

$$\left(\frac{N_{fa}^a}{N_{rc}}\right)^{5/3} + \left(\frac{V_{fa,y}^a}{V_{rc,y}}\right)^{5/3} + \left(\frac{V_{fa,x}^a}{V_{rc,x}}\right)^{5/3} \leq 1,0 \quad (48)$$

4.0 Notations

Les équations sont fournies en unités du SI (métriques).

b_{ch}	largeur de la traverse (voir la figure 19), en mm
c_a	distance de rive de la traverse d'ancrage, mesurée entre la rive du profil en béton et l'axe de la cheville la plus proche (voir la figure 5), en mm
c_{a1}	distance de rive de la traverse d'ancrage dans la direction 1 (voir la figure 5), en mm
c_{a1}^i	distance nette entre la rive du profil en béton et la traverse d'ancrage : $c_{a1}^i = c_{a1} - b_{ch}/2$, mm
$c_{a1,red}$	distance de rive réduite de la traverse d'ancrage, comme figurant dans l'équation (39)
c_{a2}	distance de rive de la traverse d'ancrage dans la direction 2 (voir la figure 9), en mm
$c_{a,max}$	distance de rive maximum de la traverse d'ancrage, en mm
$c_{a,min}$	distance de rive minimum de la traverse d'ancrage, en mm
c_{ac}	distance de rive requise pour développer la pleine capacité du béton en l'absence d'armatures pour contrôler le fendage, en mm
c_{cr}	distance de rive requise pour développer la pleine capacité du béton en l'absence d'armature d'ancrage, en mm

$c_{cr,N}$	distance de rive critique pour la traverse d'ancrage pour la charge de traction de rupture par arrachement du béton, en mm		
$c_{cr,Nb}$	distance de rive critique pour la traverse d'ancrage pour la charge de traction de rupture par éclatement du béton, en mm	k_{cp}	coefficient de résistance à la rupture par effet de levier
$c_{cr,V}$	distance de rive critique pour la traverse d'ancrage pour l'effort de cisaillement de rupture par arrachement du bord du béton, en mm	ℓ_A	profondeur d'ancrage nominale, moins la hauteur de la traverse (voir la figure 19), en mm
d_1	diamètre de la tête de cheville ronde (voir la figure 19), en mm	ℓ	bras de levier de la force de cisaillement agissant sur le boulon de traverse, en mm
d_2	diamètre du fût de cheville ronde (voir la figure 19), en mm	ℓ_{dh}	longueur de développement de la traction de la barre à haute adhérence ou du fil à haute adhérence avec un crochet standard, mesurée entre la section critique et l'extrémité extérieure du crochet, en mm
d_f	diamètre du trou dans la pièce à fixer, en mm	ℓ_{in}	longueur d'influence d'une charge externe N_{fa} le long d'une traverse d'ancrage, en mm
d_a	diamètre de l'armature d'ancrage, en mm	s	espacement des chevilles dans l'axe longitudinal de la traverse, en mm
d_s	diamètre du boulon de traverse, en mm	s_{chb}	distance entraxe des boulons de traverse dans l'axe longitudinal de la traverse, en mm
e_1	distance entre l'effort de cisaillement et la surface du béton, en mm	s_{cr}	espacement d'ancrage requis pour développer la pleine capacité du béton en l'absence d'armature d'ancrage, en mm
e_s	distance entre l'axe de l'effort de cisaillement et l'axe de l'armature d'ancrage résistant à l'effort de cisaillement, en mm	$s_{cr,N}$	espacement d'ancrage critique pour la charge de traction de rupture par arrachement du béton, en mm
f	distance entre la tête de cheville et la surface du béton, en mm	s_{max}	espacement maximum entre les éléments d'ancrage dans les traverses d'ancrage, en mm
f'_c	résistance à la compression spécifiée du béton, en MPa	s_{min}	espacement minimum entre les éléments d'ancrage dans les traverses d'ancrage, en mm
Φ_c	facteur de résistance du matériau – béton	$s_{cr,Nb}$	espacement d'ancrage critique pour la charge de traction de rupture par éclatement du béton, en mm
Φ_s	facteur de résistance du matériau – composant en acier	$s_{cr,V}$	espacement d'ancrage critique pour l'effort de cisaillement de rupture par arrachement du bord du béton, en mm
f_{uta}	résistance à la traction limite spécifiée de la cheville, en MPa	t_h	épaisseur de la tête de cheville ronde (voir la figure 19), en mm
f_{utc}	résistance à la traction limite spécifiée de la traverse, en MPa	x	distance entre l'extrémité de la traverse et l'ancrage le plus proche, en mm
f_{utb}	résistance à la traction limite spécifiée du boulon de traverse, en MPa	z	bras de levier interne du profil en béton, en mm
f_y	limite élastique à la traction spécifiée de l'acier, en MPa	A_{brg}	surface portante de la tête de la cheville, en mm ²
f_{ya}	limite élastique spécifiée de la cheville, en MPa	A_i	ordonnée à la position de la cheville i , comme illustré à la figure 2, en mm
f_{yc}	limite élastique spécifiée de la traverse, en MPa	$A_{se,N}$	section effective de la cheville ou du boulon de traverse en traction, en mm ²
f_{ys}	limite élastique spécifiée du boulon de traverse, en MPa	$A_{se,V}$	section effective du boulon de traverse en cisaillement, en mm ²
h	épaisseur du profil en béton ou de l'élément d'essai (voir la figure 19), en mm	I_y	moment d'inertie de la traverse au sujet de l'axe y principal, en mm ⁴
h_{ch}	hauteur de la traverse (voir la figure 19), en mm	M_1	moment de flexion de la pièce à fixer autour de l'axe dans la direction 1, en Nm
$h_{cr,V}$	épaisseur critique du profil, en mm	M_2	moment de flexion de la pièce à fixer autour de l'axe dans la direction 2, en Nm
h_{ef}	profondeur d'ancrage effective (voir la figure 19), en mm		
$h_{ef,min}$	profondeur d'ancrage effective minimum, en mm		
$h_{ef,red}$	profondeur d'ancrage efficace réduite, comme figurant dans l'équation (9), en mm		
h_{nom}	profondeur d'ancrage nominale (voir la figure 19), en mm		
k	facteur de répartition des charges, comme figurant dans		

l'équation (1)

$M_{s,flex}$	résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage, en Nm	N_{fa}^b	charge de traction pondérée sur un boulon de traverse, en N
M_{ssr}	résistance pondérée à la flexion du boulon de traverse, en v	$N_{fa,re}$	charge pondérée à la traction agissant sur l'armature d'ancrage, en N
M_{ssr}^0	résistance de base pondérée à la flexion du boulon de traverse, en Nm	T_{inst}	moment du couple d'installation figurant dans les instructions d'installation (MPII), en Nm
$M_{r,flex}$	moment de flexion de la traverse due aux charges de traction, en v	V_{br}	résistance de base à la rupture par arrachement du béton en cisaillement d'une cheville unitaire, en N
N_{br}	résistance de base à la rupture par arrachement du béton d'une cheville unitaire en traction, en N	$V_{car,y}$	résistance pondérée de l'armature d'ancrage d'une cheville pour équilibrer les charges de cisaillement perpendiculaires à l'axe de la traverse, en N
N_{car}	résistance pondérée de l'armature d'ancrage pour équilibrer les charges de traction, en N	$V_{car,x}$	résistance pondérée de l'armature d'ancrage d'une cheville pour équilibrer les charges de cisaillement de l'axe longitudinal de la traverse, en N
N_{cbr}	résistance pondérée à la rupture par arrachement du béton d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage en traction, en N	$V_{car,y,max}$	valeur maximale de $V_{car,y}$ d'une cheville à utiliser dans le calcul, en N
N_r	la plus faible résistance pondérée à la traction parmi tous les modes de rupture appropriés sous traction, en N	$V_{cbr,y}$	résistance pondérée au cisaillement perpendiculaire à l'axe d'une traverse d'ancrage en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton, en N
N_{pr}	résistance pondérée à l'arrachement d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage en traction, en N	$V_{cbr,x}$	résistance pondérée au cisaillement dans l'axe longitudinal d'une traverse d'ancrage en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton, en N
N_{pnr}	résistance pondérée à l'arrachement d'une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage en traction, en N	V_{cpr}	résistance pondérée d'une cheville unitaire à la rupture par effet de levier ($V_{cpr,x} = V_{cpr,y}$), en N
N_{rc}	résistance pondérée à la traction d'une cheville parmi tous les modes de rupture du béton (valeur la plus faible entre N_{cbr} [traverses d'ancrage sans armature d'ancrage pour équilibrer les charges de traction], N_{car} [traverses d'ancrage avec armature d'ancrage pour équilibrer les charges de traction], N_{pnr} et N_{sbr})	$V_{cpr,y}$	résistance pondérée perpendiculaire à l'axe de traverse d'une cheville unitaire en ce qui a trait à la rupture par effet de levier, en N
N_{rs}	résistance pondérée de l'acier de la traverse d'ancrage soumise à une charge de traction (valeur la plus faible entre N_{sar} , N_{scr} et N_{slr}), en N	$V_{cpr,x}$	résistance pondérée dans l'axe longitudinal de traverse d'une cheville unitaire en ce qui a trait à la rupture par effet de levier, en N
$N_{rs,a}$	résistance pondérée à la traction pour la rupture de l'acier de la cheville ou du raccord entre la cheville et la traverse (valeur la plus faible entre N_{sar} et N_{scr})	$V_{r,y}$	la plus faible résistance pondérée de l'acier parmi tous les modes de rupture au cisaillement perpendiculaire à l'axe de traverse, en N
N_{sar}	résistance pondérée de l'acier à la traction d'une cheville unitaire, en N	$V_{r,x}$	la plus faible résistance pondérée de l'acier parmi tous les modes de rupture appropriés à l'effort de cisaillement dans l'axe longitudinal de la traverse, en N
N_{sbr}	résistance pondérée en ce qui a trait à la rupture par éclatement latéral du béton, en N	V_{rc}	résistance pondérée au cisaillement d'une cheville parmi tous les modes de rupture du béton (valeur la plus faible entre V_{cbr} [traverses d'ancrage avec armature d'ancrage pour équilibrer les charges de cisaillement], V_{car} [traverses d'ancrage avec armature d'ancrage pour équilibrer les charges de cisaillement], et V_{cpr})
N_{sbr}^0	résistance pondérée de base en ce qui a trait à la rupture par éclatement latéral du béton, en N	V_{rs}	résistance pondérée de l'acier de la traverse d'ancrage soumise à une charge de cisaillement (valeur la plus faible entre V_{sar} , V_{scr} et V_{slr})
N_{scr}	résistance pondérée de l'acier à la traction du raccord entre la traverse et la cheville, en N	$V_{rs,a}$	résistance pondérée au cisaillement pour la rupture de l'acier de la cheville ou du raccord entre la cheville et la traverse (valeur la plus faible entre V_{sar} et V_{scr})
N_{slr}	résistance pondérée de l'acier à la traction de la flexion locale des lèvres de la traverse, en N	$V_{sar,y}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement perpendiculaire à l'axe de traverse d'une cheville unitaire, en N
N_{ssr}	résistance pondérée à la traction d'un boulon de traverse, en N	$V_{sar,x}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement dans l'axe
N_{fa}^a	charge pondérée à la traction sur une cheville unitaire d'une traverse d'ancrage, en N		
$N_{fa,i}^a$	charge pondérée à la traction sur la cheville i de la traverse d'ancrage, en N		

	longitudinal de traverse d'une cheville unitaire, en N		traverse d'ancrage, en N
$V_{srr,y,seis}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement sismique perpendiculaire à l'axe de traverse d'une cheville unitaire, en N	$V_{fa,x,i}^a$	effort de cisaillement pondéré sur la cheville i de la traverse d'ancrage dans l'axe longitudinal de la traverse, en N
$V_{srr,x,seis}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement sismique dans l'axe longitudinal de traverse d'une cheville unitaire, en N	$V_{fa,y,i}^a$	effort de cisaillement pondéré sur la cheville i de la traverse d'ancrage perpendiculaire à l'axe de la traverse, en N
$V_{scr,y}$	résistance pondérée au cisaillement perpendiculaire à l'axe de traverse du raccord entre une cheville et la traverse d'ancrage, en N	V_{fa}^b	effort de cisaillement pondéré sur un boulon de traverse, en N
$V_{scr,x}$	résistance pondérée au cisaillement dans l'axe longitudinal de traverse du raccord entre une cheville et la traverse d'ancrage, en N	$V_{fa,x}^b$	effort de cisaillement pondéré sur un boulon d'ancrage dans l'axe longitudinal de la traverse, en N
$V_{scr,y,seis}$	résistance pondérée au cisaillement sismique perpendiculaire à l'axe de traverse du raccord entre un boulon d'ancrage et la traverse d'ancrage, en N	$V_{fa,y}^b$	effort de cisaillement pondéré sur un boulon d'ancrage perpendiculaire à l'axe de la traverse, en N
$V_{scr,x,seis}$	résistance pondérée au cisaillement sismique dans l'axe longitudinal de traverse du raccord entre un boulon d'ancrage et la traverse d'ancrage, en N	α	exposant de l'équation d'interaction (voir la section 3.11)
$V_{slr,y}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement perpendiculaire à l'axe de traverse de la flexion locale des lèvres de la traverse, en N	$\alpha_{ch,N}$	facteur tenant compte de l'influence de la taille de la traverse sur la résistance en traction en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton
$V_{slr,x}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement dans l'axe longitudinal de traverse du raccord entre le boulon de traverse et les lèvres de la traverse, en N	α_M	facteur tenant compte de l'influence de la retenue de la pièce à fixer sur la résistance en flexion du boulon de traverse
$V_{slr,y,seis}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement sismique perpendiculaire à l'axe de traverse de la flexion locale des lèvres de la traverse, en N	$\alpha_{ch,V}$	facteur tenant compte de l'influence de la taille de la traverse et du diamètre de la cheville sur la résistance en cisaillement en ce qui a trait à la rupture par arrachement du bord du béton, en $N^{1/2}/mm^{1/3}$
$V_{slr,x,seis}$	résistance pondérée de l'acier au cisaillement sismique dans l'axe longitudinal de traverse du raccord entre le boulon de traverse et les lèvres de la traverse, en N	λ	facteur de pondération pour le béton léger ($\lambda = 1$ pour le béton de densité normale)
V_{ssr}	résistance pondérée au cisaillement du boulon de traverse, en N	$\psi_{c,N}$	facteur de pondération tenant compte de l'influence du béton fissuré ou non fissuré sur la résistance à la rupture par arrachement du béton
$V_{ssr,M}$	résistance pondérée du boulon de traverse en cas de cisaillement avec le bras de levier, en N	$\psi_{c,Nb}$	facteur de pondération tenant compte de l'influence du béton fissuré ou non fissuré sur la résistance à la rupture par éclatement du béton
V_{fa}	effort de cisaillement pondéré sur la traverse d'ancrage, en N	$\psi_{c,V}$	facteur de pondération tenant compte de l'influence du béton fissuré ou non fissuré sur la résistance à la rupture par arrachement du bord du béton
$V_{fa,x}$	effort de cisaillement pondéré sur la traverse d'ancrage dans l'axe longitudinal de la traverse, en N	$\psi_{co,N}$	facteur de pondération pour les effets de coin sur les chevilles soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton
$V_{fa,y}$	effort de cisaillement pondéré sur la traverse d'ancrage perpendiculaire à l'axe de la traverse, en N	$\psi_{co,Nb}$	facteur de pondération pour les effets de coin sur les chevilles soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par éclatement du béton
V_{fa}^a	effort de cisaillement pondéré sur une cheville unitaire de la traverse d'ancrage, en N	$\psi_{co,V}$	facteur de pondération pour les effets de coin sur les traverses d'ancrage soumises à un effort de cisaillement en ce qui a trait à la rupture par arrachement du bord du béton
$V_{fa,x}^a$	effort de cisaillement pondéré sur une cheville unitaire de la traverse d'ancrage dans l'axe longitudinal de la traverse, en N	$\psi_{cp,N}$	facteur de pondération pour les traverses d'ancrage pour contrôler le fendage
$V_{fa,y}^a$	effort de cisaillement pondéré sur une cheville unitaire de la traverse d'ancrage perpendiculaire à l'axe de la traverse, en N	$\psi_{ed,N}$	facteur de pondération pour l'effet de bord sur les chevilles soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton
$V_{fa,i}^a$	effort de cisaillement pondéré sur la cheville i de la	$\psi_{g,Nb}$	facteur de pondération tenant compte de l'influence de la surface portante des chevilles adjacentes pour des

chevilles soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par éclatement du béton

$\psi_{h,Nb}$

facteur de pondération tenant compte de l'influence de l'épaisseur du profil pour des chevilles soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par éclatement du béton

$\psi_{h,V}$

facteur de pondération tenant compte de l'influence de l'épaisseur du profil pour des traverses d'ancrage soumises à une force de cisaillement en ce qui a trait à la rupture par arrachement du bord du béton

$\psi_{s,N}$

facteur de pondération tenant compte de l'influence de l'emplacement et de la charge des chevilles adjacentes pour des traverses d'ancrage soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par arrachement du béton

$\psi_{s,Nb}$

facteur de pondération tenant compte de l'influence de l'emplacement et de la charge des chevilles adjacentes pour des traverses d'ancrage soumises à une charge de traction en ce qui a trait à la rupture par éclatement du béton

$\psi_{s,V}$

facteur de pondération tenant compte de l'influence de l'emplacement et de la charge des chevilles adjacentes pour des traverses d'ancrage soumises à une charge de cisaillement en ce qui a trait à la rupture par arrachement du bord du béton

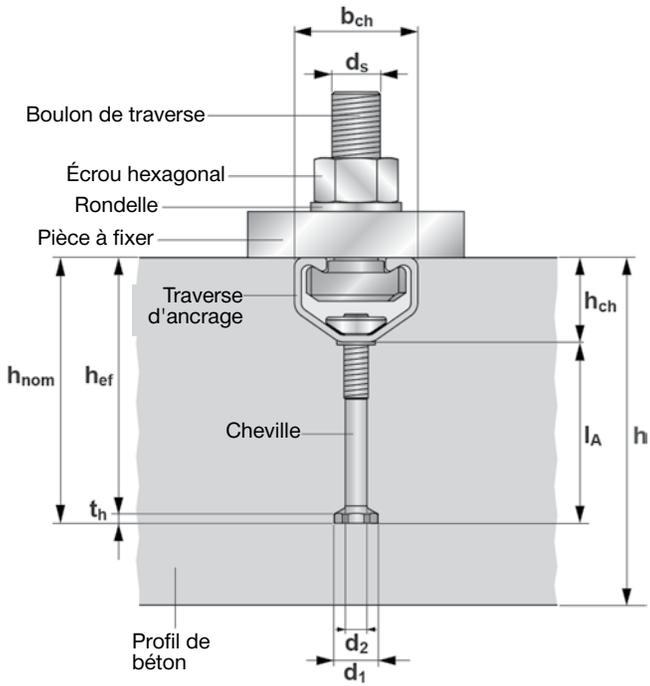


Figure 19 : Dimensions du système de traverses d'ancrage

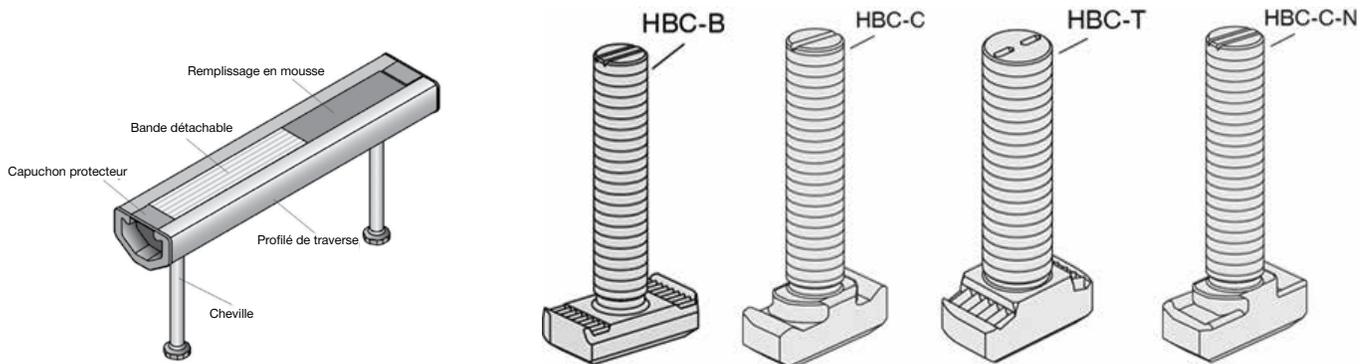


Figure 20 : Traverse d'ancrage Hilti HAC et boulons de traverse HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-C-N

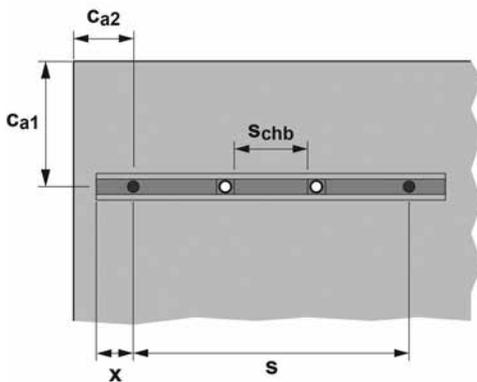


Figure 21 : Position de la traverse d'ancrage et des boulons de traverse

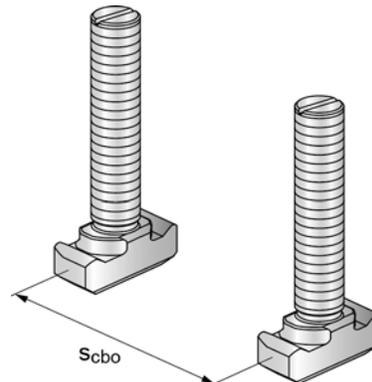


Figure 22 : Espacement s_{chb} entre les boulons de traverse

Tableau 1 – Paramètres géométriques pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T)¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage							
			HAC-30	HAC-40	HAC-50	HAC-T50	HAC-60	HAC-70	HAC-T70	
Hauteur de la traverse	h_{ch}	mm	25,6	28,0	31,0		35,5	40,0		
Largeur de la traverse	b_{ch}	mm	41,3	40,9	41,9		43,4	45,4		
Moment d'inertie	I_y	mm ⁴	15,349	21,463	33,125	32,049	57,093	95,457	92,192	
Espacement minimal des chevilles	s_{min}	mm	50	100						
Espacement maximal des chevilles	s_{max}	mm	250							
Profondeur d'ancrage effective minimum	$h_{ef,min}$	mm	68	91	106		148	175		
Profondeur nominale d'ancrage	h_{nom}	mm	$h_{ef} + t_h$							
Épaisseur de la tête de cheville	t_h	mm	2,0	3,0	3,5		4,5	5,0		
Distance de rive minimum pour béton de densité normale et pour béton léger de sable	$c_{a,min}$	mm	50	50	50		75	75		
Distance de rive minimum pour tout béton léger			75	75	75		75	75		
Espacement d'extrémité minimal	x_{min}	mm	25	25	25		25	25		
Diamètre du fût de cheville	d_2	mm	5,35	7,19	9,03		9,03	10,86		
Diamètre de tête ²	d_1	mm	11,5	17,5	19,5		19,5	23,0		
Surface portante nette de la tête de cheville	A_{brg}	mm ²	89	209	258		258	356		
Épaisseur minimale du profil en béton	h_{min}	mm	80	105	125		168	196		

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-1 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019.

² Le diamètre de la tête est le diamètre intérieur de la tête en forme hexagonale et ne reflète pas entièrement la section transversale de la tête de la cheville.

Tableau 2 – Couple d'installation pour boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-C-N)¹

Type de boulon	Unités	Couple d'installation T_{inst} (Installation de type A) ²							Couple d'installation T_{inst} (Installation de type B) ³								
		HAC-30	HAC-40	HAC-50	HAC-T50	HAC-60	HAC-70	HAC-T70	HAC-30	HAC-40	HAC-50	HAC-T50	HAC-60	HAC-70	HAC-T70		
HBC-B M10 4,6	Nm	15	-							15	-						
HBC-B M12 4,6	Nm	25	-							25	-						
HBC-C M12 8,8	Nm	-	25	-	25	-	-		-	75	-	75	-	-			
HBC-T M12 8,8	Nm		-	75	-	75	-			75	-	75	-	-			
HBC-C-N M12 8,8	Nm		75	-	75	-	-			75	-	75	-	-			
HBC-C M16 4,6	Nm		60	-	60	-	-			60	-	60	-	-			
HBC-C M16 50 R	Nm		60	-	60	-	-			60	-	60	-	-			
HBC-C M16 8,8	Nm		60	-	60	-	-			185	-	185	-	-			
HBC-T M16 8,8	Nm		-	100	-	100	-			-	185	-	185	-	-		
HBC-C-N M16 8,8	Nm		185	-	185	-	-			185	-	185	-	-			
HBC-C M20 8,8	Nm		70	105	-	120	-	-		320	-	320	-	-			
HBC-T M20 8,8	Nm		-	120	-	120	-			-	320	-	320	-	-		
HBC-C-N M20 8,8	Nm	320	-	320	-	-		320	-	320	-	-					

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-2 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019.

² Installation de type A : La pièce à fixer est en contact avec le profilé de traverse et avec la surface du béton

³ Installation de type B : La pièce à fixer est fixée à la traverse d'ancrage par une pièce en acier appropriée (p. ex. une rondelle plate carrée), la pièce à fixer est en contact avec le profilé de traverse profilée

Tableau 3 – Données de calcul de résistance de l'acier à la traction pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T) avec les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-CN)¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage						
			HAC-30	HAC-40	HAC-50	HAC-T50	HAC-60	HAC-70	HAC-T70
Résistance pondérée de l'acier à la traction pour la rupture locale des lèvres de la traverse	N_{slr}	kN	11,9	17,0	23,8		34,0	48,3	
Résistance pondérée de l'acier à la traction pour la rupture locale des lèvres de la traverse pour le calcul sismique	$N_{slr,seis}$	kN	11,9	17,0	23,8		23,8	48,3	
Facteur de résistance du matériau pour la rupture locale des lèvres de la traverse	Φ_s	-	0,85						
Facteur de pondération de la résistance à la traction, rupture locale des lèvres de la traverse	R	-	0,8						
Résistance pondérée de l'acier à la traction d'une cheville unitaire	N_{sar}	kN	11,8	18,7	34,0		34,0	49,4	
Résistance pondérée de l'acier à la traction d'une cheville unitaire pour le calcul sismique	$N_{sar,seis}$	kN	11,8	18,7	34,0		34,0	49,4	
Facteur de résistance du matériau pour rupture de la cheville	Φ_s	-	0,85						
Facteur de pondération de la résistance à la traction, rupture de la cheville	R	-	0,8	0,70	0,80				
Résistance pondérée de l'acier à la traction du raccord entre la cheville et la traverse	N_{scr}	kN	11,9	17,0	23,8		34,0	48,3	
Résistance pondérée de l'acier à la traction du raccord entre la cheville et la traverse pour le calcul sismique	$N_{scr,seis}$	kN	11,9	17,0	23,8		23,8	48,3	
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre la cheville et la traverse	Φ_s	-	0,85						
Facteur de pondération de la résistance à la traction, rupture du raccord entre la cheville et la traverse	R	-	0,8						
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage avec boulon de traverse HBC-B	$M_{s,flexr}$	Nm	515	-	-	-	-	-	-
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage avec boulon de traverse HBC-C			-	869	1 221	-	1 673	2 420	-
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage avec boulon de traverse HBC-T			-	-	-	1 221	-	-	2 276
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage avec boulon de traverse HBC-C-N			-	750	1 029	-	1 649	2 299	-
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage pour le calcul sismique avec boulon de traverse HBC-B	$M_{s,flexr,seis}$	Nm	515	-	-	-	-	-	-
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage pour le calcul sismique avec boulon de traverse HBC-C			-	869	1 221	-	1 221	2 420	-
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage pour le calcul sismique avec boulon de traverse HBC-T			-	-	-	1 221	-	-	2 276
Résistance pondérée à la flexion de la traverse d'ancrage pour le calcul sismique avec boulon de traverse HBC-C-N			-	750	1 029	-	1 029	2 299	-
Facteur de résistance du matériau pour rupture en flexion	Φ_s	-	0,85						
Facteur de pondération de la résistance à la traction, rupture en flexion	R	-	0,90						

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-3 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 4 – Données de calcul de la résistance à la traction du béton pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T)¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage				
			HAC-30	HAC-40	HAC-50 HAC-T50	HAC-60	HAC-70 HAC-T70
Distance de rive requise pour développer la pleine capacité du béton en l'absence d'armature d'ancrage	c_{ac}	mm	204	273	318	444	525
Facteur de résistance du matériau à la traction, modes de rupture du béton	Φ_c	-	0,65				
Facteur de pondération de la résistance à la traction, modes de rupture du béton. Condition B ²	R	-	1,00				

1 Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-4 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019.

2 Pour une utilisation avec les combinaisons de charges proposées dans l'annexe C de la norme CSA A23.3-14 ou dans l'annexe C de la norme CSA A23.3-04, selon le cas. La condition B s'applique dans les cas où des armatures supplémentaires, en conformité avec la section D5.3(c) de la norme CSA A23.3-14 ou avec la section D5.4(c) de la norme CSA A23.3-04 (selon le cas), ne sont pas fournies. Pour les installations où la présence d'une armature supplémentaire conforme peut être confirmée, les facteurs de réduction de la résistance associés à la condition A peuvent être utilisés.

Tableau 5 – Données de calcul de résistance au cisaillement de l'acier des traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T) avec les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-CN)¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage				
			HAC-30	HAC-40	HAC-50 HAC-T50	HAC-60	HAC-70 HAC-T70
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement pour la rupture locale des lèvres de la traverse	$V_{slr,y}$	kN	18,1	25,1	34,2	52,0	69,2
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement pour la rupture locale des lèvres de la traverse pour le calcul sismique	$V_{slr,y,seis}$	kN	18,1	25,1	34,2	34,2	69,2
Facteur de résistance du matériau pour la rupture locale des lèvres de la traverse	Φ_s	-	0,85				
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture locale des lèvres de la traverse	R	-	0,85				
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement d'une cheville unitaire	$V_{sar,y}$	kN	18,1	23,7	38,7	55,8	82,9
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement d'une cheville unitaire pour le calcul sismique	$V_{sar,y,seis}$	kN	18,1	23,7	34,2	34,2	69,2
Facteur de résistance du matériau pour rupture de la cheville	Φ_s	-	0,85				
Facteur de pondération de la résistance, rupture de la cheville	R	-	0,85	0,7	0,85		
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre la cheville et la traverse	$V_{scr,y}$	kN	18,1	28,6	38,7	55,8	82,9
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre la cheville et la traverse pour le calcul sismique	$V_{scr,y,seis}$	kN	18,1	28,6	34,2	34,2	69,2
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre la cheville et la traverse	Φ_s	-	0,85				
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre la cheville et la traverse	R	-	0,85				
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre la cheville et la traverse	$V_{scr,x}$	kN	7,6	11,4	16,8	21,6	30,8
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre la cheville et la traverse pour le calcul sismique	$V_{scr,x,seis}$	kN	7,6	11,4	16,8	16,8	30,8
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre la cheville et la traverse	Φ_s	-	0,85				
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre la cheville et la traverse	R	-	0,85				
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement d'une cheville unitaire	$V_{sar,x}$	kN	7,5	13,7	21,7	21,7	31,5
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement d'une cheville unitaire pour le calcul sismique	$V_{sar,x,seis}$	kN	7,5	13,7	21,7	21,7	31,5
Facteur de résistance du matériau pour rupture de la cheville	Φ_s	-	0,85				
Facteur de pondération de la résistance, rupture de la cheville	R	-	0,85				

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-5 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 6 – Données de calcul de la résistance de l'acier au cisaillement longitudinal de l'axe de la traverse pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC-T) avec des boulons de traverse Hilti (HBC-T)¹

Critère	Symbole	Type de boulon HBC-T	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage	
				HAC-T50	HAC-T70
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	$V_{slr,x}$	M12	kN	9,6	
		M16	kN	12,8	
		M20	kN	12,8	
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse pour le calcul sismique	$V_{slr,x,seis}$	M12	kN	9,6	
		M16	kN	12,8	
		M20	kN	12,8	
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	ϕ_s	M12	-	0,85	
		M16			
		M20			
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	R	M12	-	0,75	
		M16			
		M20			

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-6 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 7 – Données de calcul de la résistance de l'acier au cisaillement longitudinal de l'axe de la traverse pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC) avec des boulons de traverse Hilti (HBC- B)¹

Critère	Symbole	Type de boulon HBC-B	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage HAC-30
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	$V_{slr,x}$	M12	kN	1,8
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse pour le calcul sismique	$V_{slr,x,seis}$	M12	kN	1,8
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	ϕ_s	M12	-	0,85
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	R	M12	-	0,6

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-7 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 8 – Données de calcul de la résistance de l'acier au cisaillement longitudinal de l'axe de la traverse pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC) avec des boulons de traverse Hilti (HBC-C-N)¹

Critère	Symbole	Type de boulon HBC-C-N	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage			
				HAC-40	HAC-50	HAC-60	HAC-70
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	$V_{slr,x}$	M12	kN	4,3	4,3	4,3	4,3
		M16	kN	10,0	10,0	10,0	10,0
		M20	kN	-	12,3	12,3	12,3
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse pour le calcul sismique	$V_{slr,x,seis}$	M12	kN	4,3	4,3	4,3	4,3
		M16	kN	10,0	10,0	10,0	10,0
		M20	kN	-	12,3	12,3	12,3
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	Φ_s	M12	-	0,85			
		M16					
		M20					
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	R	M12	-	0,60			
		M16					
		M20					

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-8 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 9 – Données de calcul de la résistance de l'acier au cisaillement longitudinal de l'axe de la traverse pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC) avec des boulons de traverse Hilti (HBC-C) combinés à l'adhésif HIT HY-100¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage			
			HAC-40	HAC-50	HAC-60	HAC-70
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	$V_{slr,x}$	kN	-	24,0	24,0	30,9
Résistance pondérée de l'acier au cisaillement du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse pour le calcul sismique	$V_{slr,x,seis}$	kN	-	24,0	24,0	30,9
Facteur de résistance du matériau pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	Φ_s	-	-	0,85		
Facteur de pondération de la résistance pour la rupture du raccord entre les lèvres de la traverse et les boulons de traverse	R	-	-	0,85		

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-9 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 10 – Données de calcul de résistance du béton au cisaillement pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T) avec les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-CN)¹

Critère	Symbole	Unités	Dimensions de la traverse d'ancrage				
			HAC-30	HAC-40	HAC-50 HAC-T50	HAC-60	HAC-70 HAC-T70
Facteur tenant compte de l'influence de la taille de la traverse et du diamètre de la cheville sur la résistance en cisaillement en ce qui a trait à la rupture par arrachement du bord du béton	$\alpha_{ch,V}$	(N ^{1/2} /mm ^{1/3})	7,5				
Coefficient de résistance à la rupture par effet de levier	k_{cp}	-	2,0				
Facteur de résistance du matériau au cisaillement, modes de rupture du béton	Φ_s	-	0,65				
Facteur de pondération de la résistance au cisaillement, modes de rupture du béton, condition B ²	R	-	1,00				

- 1 Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-10 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.
- 2 Pour une utilisation avec les combinaisons de charges proposées dans l'annexe C de la norme CSA A23.3-14 ou dans l'annexe C de la norme CSA A23.3-04, selon le cas. La condition B s'applique dans les cas où des armatures supplémentaires, en conformité avec la section D5.3(c) de la norme CSA A23.3-14 ou avec la section D5.4(c) de la norme CSA A23.3-04 (selon le cas), ne sont pas fournies. Pour les installations où la présence d'une armature supplémentaire conforme peut être confirmée, les facteurs de réduction de la résistance associés à la condition A peuvent être utilisés.

Tableau 11 – Données de calcul de résistance de l'acier à la traction pour les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-C-N)¹

Critère	Symbole	Type de boulon	Unités	Tailles du boulon de traverse			
				M10	M12	M16	M20
Résistance pondérée à la traction d'un boulon de traverse	N_{ssr}	HBC-B 4,6	kN	13,8	20,1	-	-
		HBC-C 4,6	kN	-	-	37,4	-
		HBC-C 50R	kN	-	-	37,2	-
		HBC-C 8,8	kN	-	40,1	74,7	103,7
		HBC-T 8,8	kN	-	40,1	74,7	103,8
		HBC-C-N 8,8	kN	-	40,1	74,7	120,5
Résistance pondérée à la traction d'un boulon de traverse pour le calcul sismique	$N_{ssr,seis}$	HBC-B 4,6	kN	-	20,1	-	-
		HBC-C 8,8	kN	-	40,1	74,7	103,7
		HBC-T 8,8	kN	-	40,1	74,7	103,8
		HBC-C-N 8,8	kN	-	40,1	74,7	120,5
Facteur de résistance du matériau à la traction, modes de rupture de l'acier	Φ_s	-	-	0,85			
Facteur de pondération de la résistance à la traction, modes de rupture de l'acier	R	-	-	0,70			

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-11 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 12 – Données de calcul de résistance de l'acier au cisaillement pour les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-C-N)¹

Critère	Symbole	Type de boulon	Unités	Tailles du boulon de traverse			
				M10	M12	M16	M20
Résistance pondérée au cisaillement d'un boulon de traverse	V_{ssr}	HBC-B 4,6	kN	7,7	11,2	-	-
		HBC-C 4,6	kN	-	-	20,8	-
		HBC-C 50R	kN	-	-	20,7	-
		HBC-C(-N) et HBC-T 8,8	kN	-	22,3	41,6	67,4
Résistance pondérée au cisaillement d'un boulon de traverse pour le calcul sismique	$V_{ssr,seis}$	HBC-B 4,6	kN	-	11,2	-	-
		HBC-C(-N) et HBC-T 8,8	kN	-	22,3	41,6	67,4
Résistance pondérée à la flexion du boulon de traverse	M_{ssr}^0	HBC-B 4,6	Nm	16,5	29	-	-
		HBC-C 4,6	Nm	-	-	73,5	-
		HBC-C 50R	Nm	-	-	73,4	-
		HBC-C(-N) et HBC-T 8,8	Nm	-	57,9	147,1	297,6
Résistance pondérée à la flexion du boulon de traverse pour le calcul sismique	$M_{ssr,seis}^0$	HBC-B 4,6	Nm	-	29	-	-
		HBC-C(-N) et HBC-T 8,8	Nm	-	57,9	147,1	297,6
Facteur de résistance du matériau au cisaillement, modes de rupture de l'acier	Φ_s	-	-	0,85			
Facteur de pondération de la résistance au cisaillement, modes de rupture de l'acier	R	-	-	0,65			

¹ Les données de calcul dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-12 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019, et converties pour être utilisées avec la norme CSA A23.3-14.

Tableau 13 – Spécifications et propriétés des matériaux pour les traverses d'ancrage Hilti (HAC et HAC-T) et pour les boulons de traverse Hilti (HBC-B, HBC-C, HBC-T et HBC-C-N)¹

Composant	Acier ordinaire	Surface	Acier inoxydable
Profilé de traverse	Acier ordinaire	Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 55 \mu\text{m}^2$ Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 70 \mu\text{m}^3$	-
Rivet		Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 45 \mu\text{m}$	-
Cheville		Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 45 \mu\text{m}$	-
Boulon de traverse	Nuance 4.6 et 8.8 selon la norme DIN EN ISO 898-1:2009-8	Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 45 \mu\text{m}$, ou électrogalvanisation (G) $\geq 8 \mu\text{m}$	Nuance 50 selon la norme DIN EN ISO 3506-1:2010-4, passivation selon la norme ASTM A380
Rondelle plate ⁴ selon les normes ISO 7089 et ISO 7093-1	Dureté A, 200 HV	Galvanisation par immersion à chaud (F), ou électrogalvanisation (G)	Dureté A, 200 HV selon la norme ISO 3506-1
Écrou hexagonal selon les normes ISO 4032 ou DIN 934 ⁵	Catégorie 8 selon la norme ISO 898-2, ou catégorie 5 selon la norme DIN 267-4	Galvanisation par immersion à chaud (F) $\geq 45 \mu\text{m}$, ou électrogalvanisation (G) $\geq 8 \mu\text{m}$	Catégorie 70 selon la norme DIN 267-11

¹ Les données de calcul comprises dans le présent tableau sont tirées du tableau 8-13 du rapport ESR-3520 de l'ICC-ES, daté d'avril 2019

² Pour les modèles HAC-30F, HAC-40F et HAC(-T)50

³ Pour les modèles HAC-60F et HAC(-T)70

⁴ Pas dans la portée de la livraison

⁵ Écrous hexagonaux selon la norme DIN 934 pour boulons de traverse faits en acier ordinaire de nuance 4.6 et en acier inoxydable



Hilti, Inc. (U.S.) 1-800-879-8000
en español 1-800-879-5000
www.hilti.com

Hilti (Canada) Corporation 1-800-363-4458
www.hilti.com