

Note sur l'évolution des formules utilisées par Épicentre pour le ferrailage des voiles, à partir de la version 16.1.w

Logiciel Épicentre, version 2 (22 juin 2017)

Les modifications portent sur le calcul des armatures d'effort tranchant et des armatures de couture.

1. Effort tranchant : éléments pour lesquels aucune armature d'effort tranchant n'est requise

Ce point est traité par la clause 6.2.2 de l'EC2 NF EN 1992-1-1.

La version 16.1.w d'Épicentre apporte trois modifications relatives à la formule 6.2b de cette clause :

$$V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

Modification 1 :

La note de l'EC2 qui suit cette formule précise que la valeur de v_{min} doit être fixée par l'Annexe nationale à l'Eurocode 2.

La valeur de v_{min} a été fixée à $(0,35 / \gamma_c) \cdot f_{ck}^{1/2}$ par la clause 6.2.2(1)NOTE de la version de mars 2007 de l'Annexe nationale à l'EC2 (document NF EN 1992-1-1/NA).

C'est cette valeur qu'Épicentre utilise dans les versions antérieures à la version 16.1.w.

Mais cette valeur de v_{min} a été modifiée par le Guide d'application des normes NF EN 1992, daté du 4 décembre 2013 (document FD P 18-717) :

6.2.2 (1) - Contrainte limite de cisaillement des murs sans armatures d'effort tranchant – (I)

D'où vient la limite de v_{min} donnée dans l'Annexe Nationale en 6.2.2 (1) NOTE ?

Cette limite provient des résultats d'essais expérimentaux sur six maquettes (Cassba, Camus 1 et 2, Camus 2000 et Ecoleader), testées sur table vibrante sous actions sismiques. Elle a par ailleurs été recoupée par des calculs de béton armé aux éléments finis avec prise en compte de l'endommagement.

6.2.2 (1) - Contrainte limite de cisaillement des murs sans armatures d'effort tranchant – (II)

(...) La limite donnée pour v_{min} doit être rectifiée de façon indépendante du coefficient γ_c , en se basant sur la valeur de 1,2 MPa pour un béton C25/30, ce qui donne $v_{min} = 0,23 f_{ck}^{1/2}$.

Cette nouvelle valeur de v_{min} , égale à $0,23 f_{ck}^{1/2}$, sera officialisée par le prochain tirage de l'Annexe nationale de l'Eurocode 2.

C'est cette nouvelle valeur de v_{min} qui a été intégrée dans la version 16.1.w d'Épicentre.

Modification 2 :

Le guide d'application des normes NF EN 1992 du 4 décembre 2013 (document FD P18-717), précise également :

6.2.2 (1) - Contrainte limite de cisaillement des murs sans armatures d'effort tranchant – (II)

La contrainte limite donnée par v_{min} en 6.2.2 (1) NOTE de l'Annexe Nationale pour les murs, a été validée par des essais (cf. 6.2.2 (1) – (I) du présent document, ci-avant) et donc cette limite n'est pas à majorer par l'effet favorable de σ_{cp} .

Autrement dit, la formule 6.2b initiale :

$$(V_{Rd,c} = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) b_w \cdot d) \quad (6.2b)$$

ne doit être conservée que si la section est tendue, avec σ_{cp} négatif (effet défavorable).

Si la section reste partiellement comprimée (σ_{cp} positif), la formule 6.2b devient :

$$VR_{d,c} = v_{min} \cdot b_w \cdot d \quad (6.2b)$$

Modification 3 :

La version 16.1.w corrige également une erreur qui affectait le calcul de σ_{cp} dans les versions précédentes.

La clause 6.2.2 de l'EC 2 donne la formule qui permet de calculer σ_{cp} :

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0,2 f_{cd} \text{ en MPa}$$

Cette formule peut s'écrire aussi : $\sigma_{cp} = \min (N_{Ed}/A_c, 0,2 f_{cd})$ avec f_{cd} en MPa

Jusqu'à la version 16.1.w, Épicentre utilisait la formule erronée suivante : $\sigma_{cp} = \max (N_{Ed}/A_c, 0,2 f_{cd})$

Ce qui conduisait généralement à une surestimation de σ_{cp} , et donc à un sous-dimensionnement des armatures d'effort tranchant.

A noter que du fait de la modification 2 détaillée précédemment, σ_{cp} n'intervient plus désormais que pour ses valeurs négatives, ce qui va dans le sens d'une augmentation générale des armatures d'effort tranchant.

NB : les trois modifications décrites ci-dessus entraînent une augmentation notable des armatures de cisaillement des projets.

2. Effort tranchant : éléments pour lesquels des armatures d'effort tranchant sont requises

Ce point est traité par la clause 6.2.3 de l'EC2 NF EN 1992-1-1.

La version 16.1.w d'Épicentre apporte une modification relative à la valeur du paramètre α_{cw} qui intervient dans la formule 6.9 de cette clause.

Modification 4 :

La valeur du paramètre α_{cw} dépend de la valeur de σ_{cp} (formules 6.11 de la norme EN 1992-1-1) et s'établit à 1 pour toutes les valeurs négatives de σ_{cp} .

L'Annexe nationale de l'EC2 de mars 2007 modifie la valeur de α_{cw} pour les valeurs négatives de σ_{cp} :

- dans les sections « en flexion composée avec traction, avec une membrure comprimée », α_{cw} devient $\alpha_{cw,t} = (1 + \sigma_{cp} / f_{ctm})$ (NB : σ_{cp} doit être comprise entre 0 et $-f_{ctm}$)
- pour une section sans zone comprimée ou pour laquelle $\sigma_{cp} < -f_{ctm}$, la formule 6.9 n'est plus applicable. Épicentre signale les sections qui sont dans ce cas (couleur orange) : l'utilisateur devra les désactiver pour le contreventement.

La version 16.1.w d'Épicentre applique ces dispositions.

3. Cisaillement le long des surfaces de reprise (modification du coefficient de rugosité)

Ce point est traité par la clause 5.4.3.5.2 (4) de l'EC8 qui renvoie pour le traitement à la clause 6.2.5 de l'EC2 NF EN 1992-1-1.

La version 16.1.w d'Épicentre apporte une modification relative à la formule 6.25 de cette clause.

Modification 5 :

La mise à jour de l'EC2-1 datée de mai 2013 a modifié les valeurs du coefficient de rugosité c données dans la clause 6.2.5(2) : désormais, $c = 0,10$ si les surfaces sont très lisses et $0,20$ si elles sont lisses (dans la version initiale datée d'octobre 2005 de l'EC2-1, ces valeurs étaient respectivement de $0,25$ et $0,35$).

NB : cette modification entraîne une augmentation notable des armatures de couture des projets.

4. Cisaillement le long des surfaces de reprise (cas des murs en zone critique)

Ce point est traité par la clause 5.4.3.5.2 (4) de l'EC8 qui renvoie pour le traitement à la clause 6.2.5 de l'EC2 NF EN 1992-1-1.

La version de décembre 2013 de l'Annexe nationale à l'EC8-1 apporte deux précisions, dont l'une relative aux murs situés en zone critique :

« Les dispositions suivantes complètent les dispositions prévues par la norme NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale pour l'application du paragraphe 6.2.5 dans le cas d'une section droite complète :

- en zone critique, les armatures de flexion composée (tendues et/ou comprimées) et les armatures des chaînages d'about de murs ne sont pas à prendre en compte pour la justification*
- les armatures comprimées et/ou tendues situées dans les membrures d'un mur (partie des murs en retour constituant table) ne sont pas à prendre en compte pour la justification de la section »*

Modification 6 :

La disposition explicitée dans le premier alinéa (non prise en compte en zone critique des armatures de flexion composée ou des chaînages d'extrémité dans le calcul des aciers de couture) est mise en œuvre par Épicentre depuis la version 16.1.y, sous réserve que la prise en compte de l'Annexe nationale de décembre 2013 ait été demandée pour les traitements.

La seconde disposition (non prise en compte des armatures de flexion composée des membrures d'un mur pour le calcul des aciers de couture de l'âme de ce mur) est mise en œuvre par Épicentre de manière naturelle du fait de la méthode utilisée par Épicentre pour dimensionner le ferrailage des voiles (approche par « plans de contreventements »).

NB : la définition des zones critiques relatives aux murs est donnée dans la clause 5.4.3.5.3 (4) de l'Annexe nationale :

« En zone critique, c'est-à-dire au niveau le plus bas de chaque mur et sur une hauteur d'étage ainsi que pour le niveau situé au-dessus d'un retrait, de l'extrémité d'un mur par rapport à celle du mur sous jacent, de plus de 1 mètre, les chaînages verticaux d'extrémité du mur sont portés à 4 HA 12 avec des cadres en diamètre 6 espacés au plus de 10 cm. »