ELEMENT FLECHI : Déversement

Données

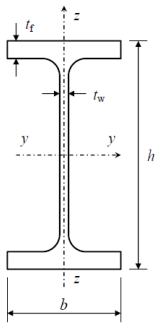
Poutre IPE330 uniformément chargée, bi-articulée, et maintenue latéralement aux 2 extrémités.

Facteur de sécurité ELU

γ_G=1.35 , γ_Q=1.5 γ_{M0}=1, γ_{M1}=1

Longueur de la poutre	5.7m
Bande de charge de la poutre	2.5m
Epaisseur de la dalle	12cm
Charge permanente	0.75KN/m²
Surcharge	2.5KN/m²
Masse volumique du béton	24KN/m^3
Qualité d'acier	S235
Profil de la poutre	IPE330

h = 330 mm
b = 160 mm
t_w = 7,5 mm
t_f = 11,5 mm
r = 18 mm
49,1 kg/m



A = 62,6 cm^2
I_y = 11770 cm^4
I_z = 788,1 cm^4
I_t = 28,15 cm^4
I_w = 199100 cm^6
$W_{el,y}$ = 713,1 cm^3
$W_{pl,y}$ = 804,3 cm^3
i_y=13.71cm
i_z=3.55cm

Evaluation des charges

Charges permanentes

Poids propre de la poutre	0,482 KN/m
Poids du plancher	0.12*24=2.88KN/m²

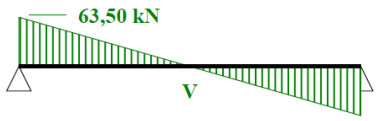
Soit $G = 0{,}482 + (2{,}88 + 0{,}75) \times 2{,}50 = 9{,}56$ kN/m

Surcharges

$Q = 2{,}5 \times 2{,}5 = 6{,}25$ kN/m

Charge ELU $P = \gamma_G G + \gamma_Q Q = 1{,}35 \times 9{,}56 + 1{,}50 \times 6{,}25 = 22{,}28$ kN/m





M_{yEd} = 90.48KNm V_{Ed} = 63.50KN

Classification du profil

L'épaisseur de l'âme et des semelles du profil sont inférieures à 40mm, donc f_y=235MPa

$$\varepsilon = \sqrt{235 / f_y} = 1$$

Semelle comprimée

$c = (b - t_w - 2\,r) / 2 = (160 - 7{,}5 - 2 \times 18)/2 = 58{,}25$ mm

$c/t_f = 58{,}25 / 11{,}5 = 5{,}07 \leq 9\,\varepsilon = 9$ Classe 1

Ame fléchie

$d = h - 2\,t_f - 2\,r = 330 - 2 \times 11{,}5 - 2 \times 18 = 271$ mm

$d / t_w = 271 / 7{,}5 = 36{,}1 < 72\,\varepsilon = 72$ Classe 1

Résistance en section

Le moment résistant d'une section de classe 1 est donné par

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl,y} f_y / \gamma_{M0} = (804{,}3 \times 235 / 1{,}0) / 1000 = 189{,}01 \text{ kNm}$$

$M_{y,Ed} / M_{c,Rd} = 90{,}48 / 189{,}01 = 0{,}479 < 1$ **OK**

Résistance en stabilité

Calcul du moment critique de déversement

Pour déterminer la stabilité au moment d'une poutre non maintenue latéralement, le facteur de réduction de déversement doit être déterminé. Le calcul suivant détermine ce facteur par le calcul du moment critique élastique de déversement

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(k L)^2} \left\{ \sqrt{\left(\frac{k}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k L)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g)^2} - C_2 z_g \right\}$$

$E = 210000$ N/mm^2

$G = 80770$ N/mm^2

$L = 5{,}70$ m

k=1 car le profil est libre de pivoter latéralement suivant l'axe faible

k_w=1 car il n'existe pas de dispositif pour empêcher la déformation à l'extrémité de la poutre

z_g est la distance de la charge au centre de la pièce = $h / 2 = +165$ mm

Les facteurs C_1 et C_2 dépendent du diagramme de moment

$C_1 = 1{,}132$ et $C_2 = 0{,}459$

Il vient alors

$$\frac{\pi^2 E I_z}{(k L)^2} = \frac{\pi^2 \times 210000 \times 788{,}1 \times 10^4}{(5700)^2} \times 10^{-3} = 502{,}75\,\text{kN}$$

$$C_2 z_g = 0{,}454 \times 165 = +74{,}91\,\text{mm}$$

$$M_{cr} = 1{,}132 \times 502{,}75 \times \left\{ \sqrt{\frac{199100}{788{,}1} \times 100 + \frac{80770 \times 281500}{502750}} \right\}.10^{-3}$$

Soit Mcr = 113.9 KNm

Calcul du facteur de réduction

Elancement réduit $\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{804300 \times 235 \times 10^{-6}}{113{,}9}} = 1.288$ (β_w=1 classe 1 et 2)

Facteur de réduction pour profil en I

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \bar{\lambda}_{LT}^2}} \quad \text{où} \quad \phi_{LT} = 0{,}5\left[1 + \alpha_{LT}\left(\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}\right) + \beta \bar{\lambda}_{LT}^2\right]$$

h/b > 2 Courbe de déversement c donc α_{LT}=0.49

Valeurs recommandées $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0{,}4$; $\beta = 0{,}75$

Nous obtenons

$$\phi_{LT} = 0.5\left[1 + 0.49(1.288 - 0.4) + 0.75 * 1.288^2\right] = 1.34$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{1.34 + \sqrt{1.34^2 - 0.75 * 1.288^2}} = 0.48$$

L'influence de la distribution du moment fléchissant sur le coefficient de réduction est prise en compte par le facteur f

$$f = 1 - 0{,}5\,(1 - k_c)\left[1 - 2{,}0(\bar{\lambda}_{LT} - 0{,}8)^2\right] \quad \text{mais } f \le 1$$

$k_c = 0.94$ *et* $f = 1 - 0{,}5\,(1 - 0{,}94)\,[1 - 2\,(1{,}288 - 0{,}8)^2] = 0{,}984$

Nous obtenons alors

$$\chi_{LT,mod} = \chi_{LT} / f = 0{,}48 / 0{,}984 = 0{,}488$$

Calcul de la stabilité de l'élément

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT,mod} W_{pl,y} f_y / \gamma_{M1}$$

$$M_{b,Rd} = (0{,}488 \times 804300 \times 235 / 1{,}0) \times 10^{-6} = 92.24\,\text{kNm}$$

$$M_{y,Ed} / M_{b,Rd} = 90{,}48 / 92.24 = 0{,}98 < 1 \textbf{ OK}$$

Effort tranchant

En l'absence de torsion, l'effort tranchant résistant dépend de l'aire de cisaillement qui est donnée par

$$A_v = A - 2\,b\,t_f + (t_w + 2\,r)\,t_f$$

Soit $A_v = 6260 - 2 \times 160 \times 11{,}5 + (7{,}5 + 2 \times 18) \times 11{,}5 = 3080\ \text{mm}^2$

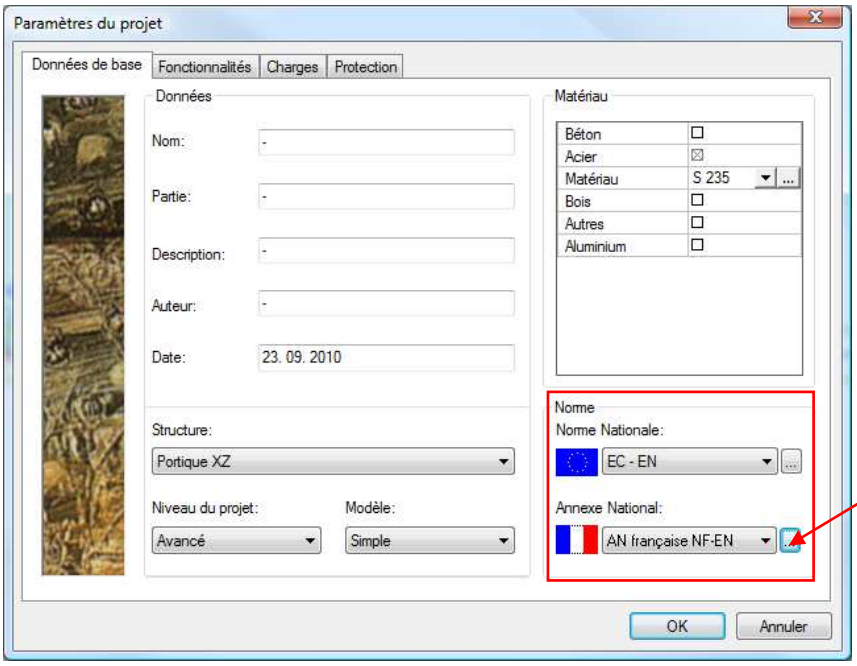
L'effort tranchant plastique résistant vaut

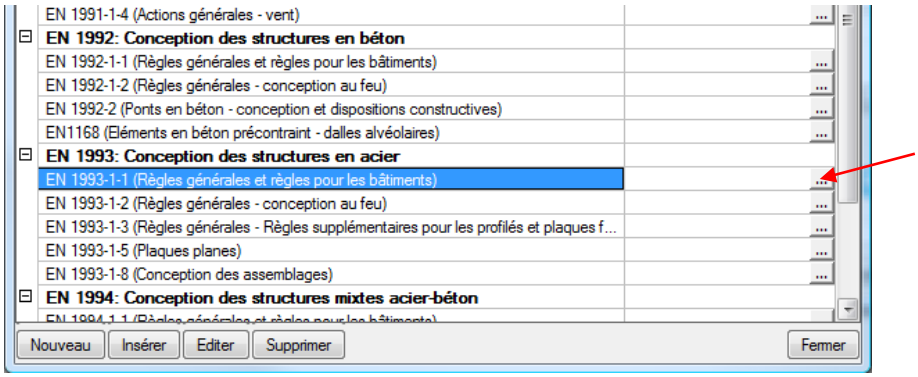
$$V_{pl,z,Rd} = \frac{A_{v,z}\,(f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{3080 \times (235 / \sqrt{3})}{1{,}0} = 417{,}9\ \text{kN}$$

$V_{z,Ed} / V_{pl,z,Rd} = 63{,}50 / 417{,}9 = 0{,}152 < 1$ **OK**

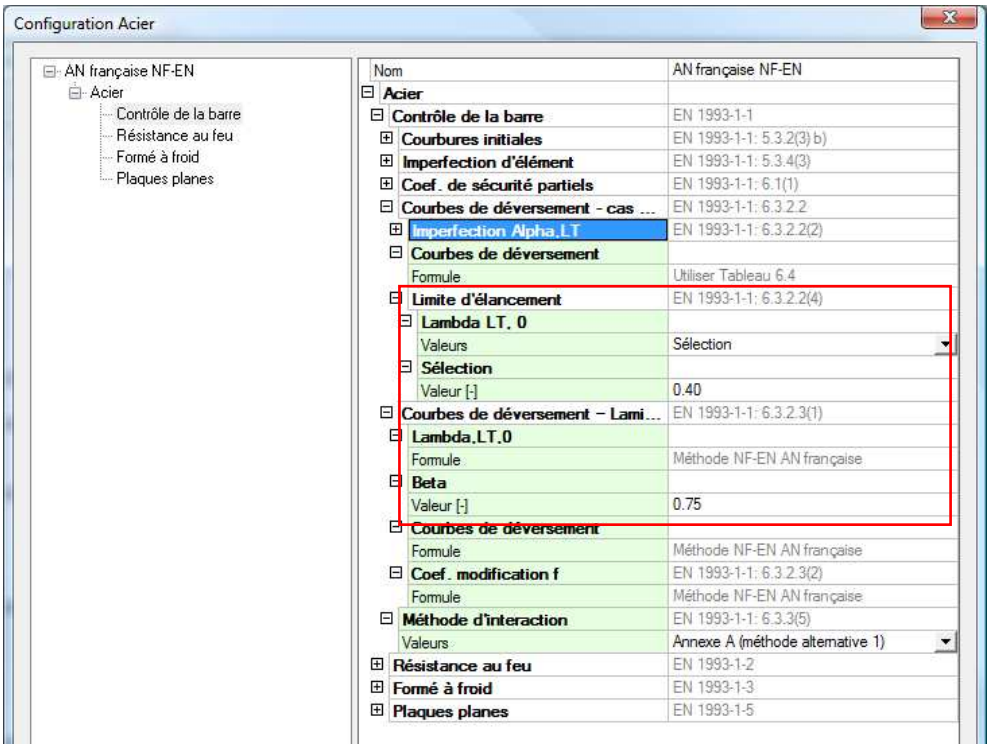
Implémentation de SCIA Eng

Sur SCIA Eng 2010.1, il est désormais possible de choisir l'annexe nationale de l'eurocode que nous souhaitons prendre en compte.

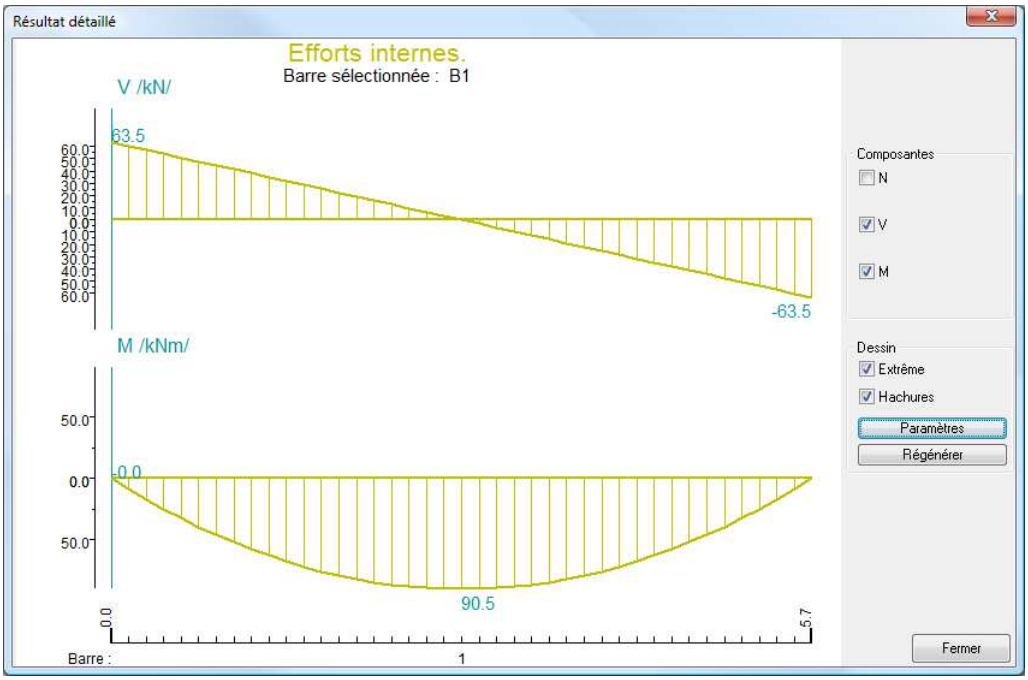




Nous paramètrerons comme suit la partie de l'EN1993.1, pour nous conformer à ce qui précède.

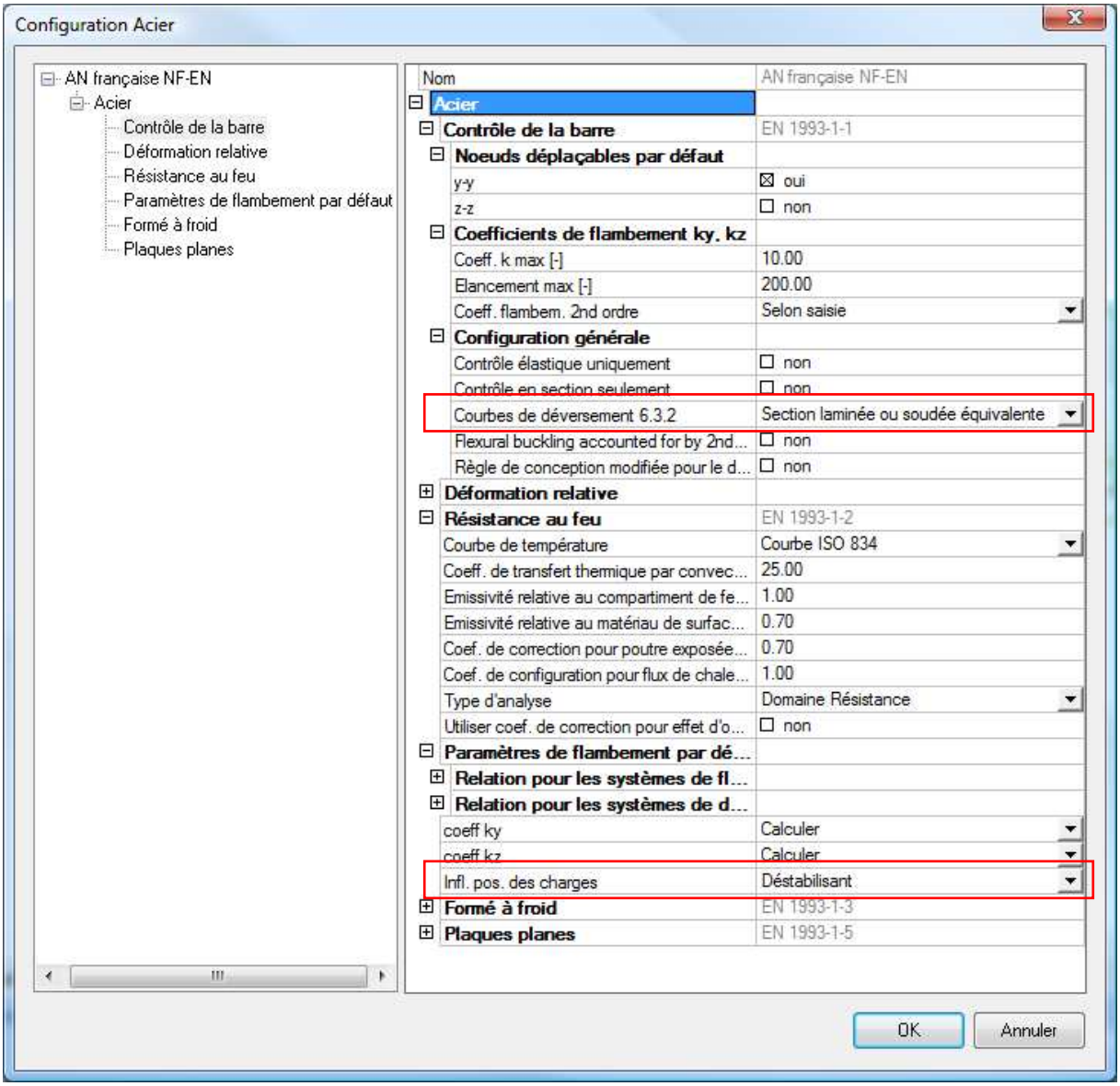


Après la modélisation de la structure (poutre bi-articulée sur 2 appuis, des cas de charges (permanents et surcharges), puis enfin des combinaisons, vérifions les sollicitations ELU.



Nous retrouvons sans surprises les sollicitations déterminées au début du document.

Dans le module de vérification des profil à l'EC3, nous paramètrerons comme suit le bouton de Configurations.



Ainsi, pour le contrôle au déversement, le cas général ne sera pas utilisé, mais la spécificité lié au profil en I, définie dans l'EC3.

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \beta \overline{\lambda}_{LT}^2}} \qquad \text{où} \qquad \phi_{LT} = 0{,}5\left[1 + \alpha_{LT}\left(\overline{\lambda}_{LT} - \overline{\lambda}_{LT,0}\right) + \beta \overline{\lambda}_{LT}^2\right]$$

Enfin, l'influence de la position des charges positionnées permet de prendre en compte le fait que la charge soit appliquée sur la fibre supérieure du profil, ce qui donne cet effet déstabilisant

Nous donnerons ci-dessous les résultats du contrôle Acier de SCIA Eng

Contrôle acier

Contrôle acier EN 1993-1-1

Barre B1	**IPE330**	**S 235**	**ELU/1**	**1.00**

Données de base EC3 : EN 1993	
Facteur partiel sécurité Gamma M0 de résistance des sections	1.00
coef. de sécurité partiel Gamma M1 pour la stabilité	1.00
Facteur partiel sécurité Gamma M2 de résistance des sections nettes	1.25

Données matériaux		
limite élastique fy	235.0	MPa
limite de rupture fu	360.0	MPa
fabrication	laminé	

CONTROLE EN SECTION

Rapport largeur-épaisseur pour parois internes comprimées (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. feuille 1).

rapport 36.13 sur position 0.143 m

rapport		
rapport maximal	1	72.00
rapport maximal	2	83.00
rapport maximal	3	124.00

==> Classe section 1

Rapport largeur-épaisseur pour parois semelles en consoles (EN 1993-1-1 : Tab.5.2. feuille 2).

rapport 5.07 sur position 0.143 m

rapport		
rapport maximal	1	9.00
rapport maximal	2	10.00
rapport maximal	3	13.77

==> Classe section 1

Ame : 5.07 pour SCIA à comparer à 5.07

Semelle : 36.13 pour SCIA à comparer à 36.1

Contrôle critique sur position 2.850 m

Efforts internes		
NEd	0.00	kN
Vy,Ed	0.00	kN
Vz,Ed	0.00	kN
TEd	0.00	kNm
My,Ed	90.49	kNm
Mz,Ed	0.00	kNm

Vérification en flexion (My)

Selon article EN 1993-1-1 : 6.2.5. et formule (6.12)

Classe de la section est 1.

Tableau des valeurs		
Mc,Rd	189.01	kNm
Contrôle unité	0.48	-

189.01KN pour SCIA à comparer à 189.01KN

Contrôle combiné flexion, effort normal et tranchant

Selon article EN 1993-1-1 : 6.2.9.1. et formule (6.31)

Classe de la section est 1.

Tableau des valeurs		
MNVy.Rd	189.01	kNm
MNVz.Rd	36.12	kNm

alpha 2.00 beta 1.00
Contrôle unité 0.48 -
Barre satisfait au contrôle de section !

CONTROLE DE STABILITE

Contrôle déversement

Selon article EN 1993-1-1 : 6.3.2.1. et formule (6.54)

Paramètres pour le déversement		
Méthod pour courbe de déversement	Art. 6.3.2.3.	
Wy	8.0430e-04	m^3
Moment critique élastique Mcr	114.43	kNm
Elancement relatif Lambda,LT	1.29	
Elancement limite Lambda,LT,0	0.4	
Imperfection Alpha,LT	0.24	
Beta	0.75	
Coef. de réduction Chi,LT	0.47	
Coef. de correction kc	0.94	
Coef. de correction f	0.98	
Coef. de réduction modifié Chi,LT,mod	0.48	
Résistance de flambement Mb.Rd	90.51	kNm
Contrôle unité	1.00	-

Moment critique Elastique
114.43KN pour SCIA à comparer à 113.9 K

Coef de réduction λ_{LT}
1.29 pour SCIA à comparer à 1.288

Coef de réduction χ_{LT} *et* $\chi_{LT,mod}$
0.47 pour SCIA à comparer à 0.48
0.48 pour SCIA à comparer à 0.488

Calcul de Mb,Rd
90.51 à comparer à 92.24KNm

Paramètres pour Mcr		
Longueur déversement	5.700	m
k	1.00	
kw	1.00	
C1	1.13	
C2	0.45	
C3	0.53	

Coef C1 et C2
1.13 pour SCIA à comparer à 0.132
0.45 pour SCIA à comparer à 0.454

influence négative de la position de la charge
Barre satisfait au contrôle de stabilité !