

Durability

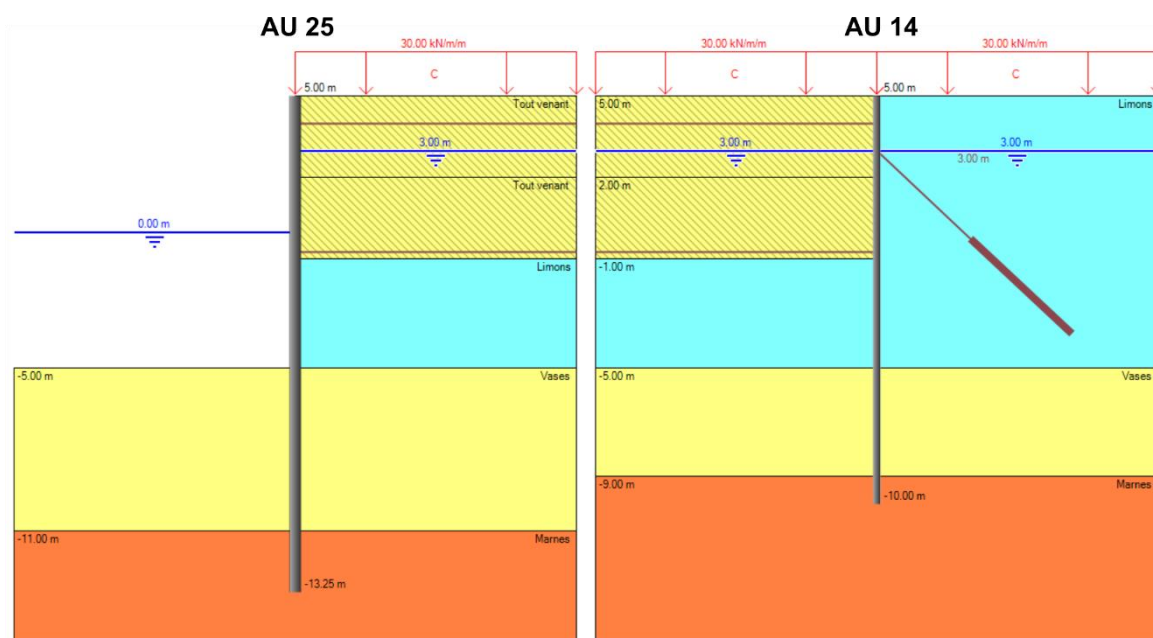
C. Exemples

1. Mur de quai en milieu maritime	2
1.1. Description	2
1.2. Approche ASD.....	3
1.3. Eurocode 3 - 5	7
1.4. Fonctionnalités supplémentaires	11
2. Vérification d'un système d'ancrage.....	13
2.1. Description	13
2.2. Vérification du tirant d'ancrage et du boulon.....	14
2.3. Vérification des palplanches et des plaques.....	15

1. Mur de quai en milieu maritime

1.1. Description

Cet exemple montre le cas d'un mur de quai dans un milieu marin en Grande-Bretagne. La durée de vie de la structure est de 50 ans.



Les profilés **AU 25 S 320 GP** (mur principal) et **AU 14 S 460 AP** (mur d'ancrage) ont été choisis dans la conception avec la méthode MISS (Méthode d'Interaction Sol Structure implémentée sur AMRetain). Les écrans sont écartés d'une distance de 12 m. Un tirant d'ancrage est mis en place à l'arrière du contre-écran pour le tenir en phase provisoire.

Les niveaux de charge les plus importants sont les suivants :

AU 25					AU 14				
z	MEd	VEd	NEd	e	z	MEd	VEd	NEd	e
m	kNm/m	kN/m	kN/m	mm	m	kNm/m	kN/m	kN/m	mm
2.00	37	-5	27	33	3.00	-118	94	97	6.3
-0.75	-191	317	68	38	-0.75	360	275	125	17
-4.40	389	-9	140	41	-7.00	123	2	120	0.3
-11.20	-330	-7	207	2.45					

Nous supposons qu'il n'y a pas de protection de surface contre la corrosion.

Les taux de corrosion sont tirés des tableaux 4.1 et 4.2 de la norme EN 1993-5.

Mur principal (AU 25) :

- Corrosion avant : *Eau de mer sous climat tempéré dans la zone d'immersion permanente ou de marnage*
- Corrosion arrière : *Sols naturels intacts*

La perte totale cumulée de l'épaisseur de l'acier est de 1,75 mm (avant) + 0,60 mm (arrière) = 2,35 mm avec une nuance d'acier standard.

Mur d'ancrage (AU 14) :

- Corrosion avant : *Sols naturels intacts*
- Corrosion arrière : *Sols naturels intacts*

La perte totale cumulée de l'épaisseur de l'acier est de 0,60 mm (avant) + 0,60 mm (arrière) = 1,20 mm avec une nuance d'acier standard.

Cet exemple sera réalisé avec les approches ASD et Eurocode 3-5.

Durability gère plusieurs calculs simultanément dans un même projet, sous forme de *Scénarios*, et permet de comparer leurs résultats. L'approche ASD sera définie dans le premier scénario et l'Eurocode 3-5 dans le deuxième. L'onglet *Synthèse des scénarios* résume les résultats pour chaque scénario.

Étapes de définition :

1. Tout d'abord, il faut choisir la géométrie du projet, la section de palplanches et sa nuance, définir les charges et les facteurs de sécurité partiels dans l'onglet **Palplanche**. Toutes les propriétés initiales des palplanches sont affichées dans un tableau.
2. Après avoir défini la durée de vie de la structure, il faut définir la corrosion à appliquer dans l'onglet **Corrosion** : soit à partir des tables provenant de l'Eurocode, soit la définir manuellement (taux ou perte totale).
3. Finalement, tous les résultats numériques sont affichés dans l'onglet **Résultats** pour chaque niveau de chargement défini précédemment.

1.2. Approche ASD

Définition et calcul du mur principal :

Mur principal

Mur d'ancrage

Géométrie

Z haut

5.00 m

Actions

N°	z [m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	e [mm]	+
1	2.00	37	27	33	✗
2	-0.75	-191	68	38	✗
3	-4.40	389	140	41	✗
4	-11.20	-330	207	2	✗

Facteurs de sécurité

Sf, min

1.50

Sf, max

10.00

Durée de vie

50 années

Quantité d'acier

L paroi

120.0 m

L palp.

18.25 m

Résultats

✓ Sf = 1.60

Palplanche valide sélectionnée

Palplanche

Type

Tous

Nom

AU 25

Trier par

Catalogue

Filtrer

☐ Palplanches valides

☐ I_y min

0

 cm⁴/m

☐ t_w min

0.00

 mm

☐ t_f min

0.00

 mm

Nuance d'acier

S 320 GP

☐ Afficher tout

Propriétés de la palplanche (valeurs initiales)

W _{el, y}	2 500 cm ⁴ /m	W _{pl, y}	2 866 cm ⁴ /m
I _y	56 240 cm ⁴ /m	A	187.5 cm ² /m
t _f	14.50 mm	t _w	10.20 mm
h	450.0 mm	α	59.6 °
b	406.0 mm	c	252.5 mm
A _v	59.2 cm ² /m	S _y	1 420 cm ³ /m
r _o	25.0 mm	masse	147.2 kg/m ²
B	1 500 mm		

Notes:

Mur de quai en milieu maritime (ASD)

Notes personnelles (200 caractères max)

Avant

Arrière

Actions

M

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (ASD) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Sf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Taux de corrosion Afficher le tableau

● Eurocode 3 - Partie 5
○ Manuelle

Eurocode 3 - Partie 5. Table 4.1 et 4.2 ▼

Zone	Z inf [m]	Corrosion avant		Corrosion arrière		Protection		Corrosion totale		+
		Atm. Conditions marines (près)	Sol. Remblais compactés et n	Atm. Conditions marines (près)	Sol. Remblais compactés et n	Avant [années]	Arrière [années]	Avant [mm]	Arrière [mm]	
1	3.00	1.00	0.60	0	0	1.00	0.60	✕		
2	0.00	1.00	0.60	0	0	1.00	0.60	✕		
3	-5.00	1.75	0.60	0	0	1.75	0.60	✕		
4	-18.25	0.60	0.60	0	0	0.60	0.60	✕		

Avant Arrière

Eau
Ancrage
Protection
Corrosion

Actions M

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (ASD) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Sf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Résultats

N°	Z [m]	ASD	Sf
1	2.00	✓	16.79 > 1.50
2	-0.75	✓	3.27 > 1.50
3	-4.40	✓	1.60 > 1.50
4	-11.20	✓	2.04 > 1.50

Synthèse

1.60

Section

Propriété	Valeur
f _y	320.0

Propriétés de la palplanche sélectionnée

Propriété	Ini.	Réd. Unité
W _{el, y}	2 500	2 095 cm²/m
W _{pl, y}	2 866	... cm²/m
I _y	56 240	47 020 cm⁴/m
A	187.5	156.0 cm²/m
t _f	14.50	12.15 mm
t _w	10.20	7.85 mm
h	450.0	447.6 mm
a	59.6	- °
b	406.0	- mm
c	252.5	- mm
A _v	59.2	45.6 cm²/m
S _y	1 420	- cm³/m
r ₀	25.0	- mm

Détails des vérifications : niveau n°3 (z = -4.40 m)

$$\sigma_{appliquee} = \frac{M}{W_{el,red}} + \frac{N \cdot e}{W_{el,red}} + \frac{N}{A_{red}}$$

$$\sigma_{appliquee} = \frac{395 \text{ kNm/m}}{2095 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}} + \frac{140 \text{ kN/m} \cdot 0.04 \text{ m}}{2095 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}} + \frac{140 \text{ kN/m}}{156.0 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{appliquee} = 200.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{admissible} = \frac{f_y}{S_f} = \frac{320.0 \text{ MPa}}{1.50} = 213.3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{appliquee} = 200.1 \text{ MPa} \leq \sigma_{admissible} = 213.3 \text{ MPa}$$

$$S_f = 1.60 > 1.50$$

Quantité d'acier

Paires palp.	80
Long. paroi	120.00 m
Total	322.37 t

Résultats

✓ Sf = 1.60
Palplanche valide sélectionnée

ArcelorMittal

Définition et calcul du mur d'ancrage :

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (ASD) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Sf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage X

Géométrie
Z haut 5.00 m

Actions

N°	z [m]	M [kNm/m]	N [kN/m]	e [mm]	+
1	3.00	-118	97	6	X
2	-0.75	360	125	17	X
3	-7.00	123	120	1	X

Facteurs de sécurité

S_f min 1.50

S_f max 10.00

Durée de vie 50 années

Quantité d'acier

L paroi 120.0 m

L palp. 15.00 m

Résultats

S_f = 1.51
Palplanche valide sélectionnée

Palplanche

Type Tous

Nom AU 14

Trier par Catalogue

Filtrer

☐ Palplanches valides

☐ I_y min 0 cm²/m

☐ t_w min 0.00 mm

☐ t_f min 0.00 mm

Nuance d'acier

S 460 AP

☐ Afficher tout

Propriétés de la palplanche (valeurs initiales)

W _{el, y}	1 405 cm²/m	W _{pl, y}	... cm²/m
I _y	28 680 cm⁴/m	A	132.3 cm²/m
t _f	10.00 mm	t _w	8.30 mm
h	408.0 mm	α	47.8 °
b	327.2 mm	c	268.6 mm
A _v	44.0 cm²/m	S _y	820 cm²/m
r _o	25.0 mm	masse	103.8 kg/m²
B	1 500 mm		

Notes:

Mur de quai en milieu maritime (ASD)

Notes personnelles (200 caractères max)

Avant Arrière

Eau
Ancrage
Protection
Corrosion

Actions M

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (ASD) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Sf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage X

Taux de corrosion

Afficher le tableau

● Eurocode 3 - Partie 5

○ Manuelle

Eurocode 3 - Partie 5. Table 4.1 et 4.2

Zone	Z _{inf} [m]	Corrosion		Protection		Corrosion totale		+
		avant [mm]	arrière [mm]	avant [années]	arrière [années]	avant [mm]	arrière [mm]	
1	-1.00	Sol. Remblais compactés et n...	Sol. Sols naturels intacts (sabl...	0	0	0.60	0.60	X
2	-10.00	Sol. Sols naturels intacts (sabl...	Sol. Sols naturels intacts (sabl...	0	0	0.60	0.60	X

Avant Arrière

Eau
Ancrage
Protection
Corrosion

Actions M

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (ASD) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Sf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Résultats

N°	Z [m]	ASD	Sf
1	3.00	✓	4.41 > 1.50
2	-0.75	✓	1.51 > 1.50
3	-7.00	✓	4.20 > 1.50

Synthèse 1.51

Section

Propriété	Valeur
f_y	460.0

Propriétés de la palplanche sélectionnée

Propriété	Ini.	Réd.	Unité
$W_{el,y}$	1 405	1 240	cm²/m
$W_{pl,y}$	cm²/m
I_y	28 680	25 260	cm⁴/m
A	132.3	117.3	cm²/m
t_f	10.00	8.80	mm
t_w	8.30	7.10	mm
h	408.0	406.8	mm
α	47.8	-	°
b	327.2	-	mm
c	268.6	-	mm
A_v	44.0	37.7	cm²/m
S_y	820	-	cm³/m
r_o	25.0	-	mm

Détails des vérifications : niveau n°2 (z = -0.75 m)

$$\sigma_{appliquée} = \frac{M}{W_{el,red}} + \frac{N \cdot e}{W_{el,red}} + \frac{N}{A_{red}}$$

$$\sigma_{appliquée} = \frac{362 \text{ kNm/m}}{1240 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}} + \frac{125 \text{ kN/m} \cdot 0.02 \text{ m}}{1240 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}} + \frac{125 \text{ kN/m}}{117.3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$\sigma_{appliquée} = 304.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{admissible} = \frac{f_y}{S_f} = \frac{460.0 \text{ MPa}}{1.50} = 306.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{appliquée} = 304.4 \text{ MPa} \leq \sigma_{admissible} = 306.7 \text{ MPa}$$

$$S_f = 1.51 > 1.50$$

Quantité d'acier

Paires palpl.	80
Long. paroi	120.00 m
Total	186.84 t

Résultats

✓ Sf = 1.51
Palplanche valide sélectionnée

ArcelorMittal

En conclusion, on obtient un facteur de sécurité égal à $1.60 \geq 1.50$ pour le mur principal après 2.35 mm de perte d'épaisseur d'acier, et $1.51 \geq 1.50$ pour le mur d'ancrage après 1.20 mm de perte d'épaisseur d'acier.

1.3. Eurocode 3 - 5

L'approche Eurocode 3-5 exige la prise en compte des valeurs de calcul des charges, c'est-à-dire, une fois les valeurs caractéristiques ou ses effets ont été multipliées par le facteur de sécurité partiel applicable.

Paramètres de calcul supplémentaires requis pour le mur principal et le mur d'ancrage :

Coefficient de sécurité partiel	γ_{M0}	1.00
Coefficient de sécurité partiel	γ_{M1}	1.10
Facteur de réduction	β_B	0.80
Facteur de réduction	β_D	0.55

Tableau 1. Facteurs de pondération (valeurs par défaut)

Dans notre exemple concret basé en Grande-Bretagne, β_B et β_D sont tirées des tableaux des normes britanniques :

British Standards. NA to BS EN 1993-5:2007. July 2009

Table NA.2 Reduction factors for U shaped sheet piles.

Type of U-pile unit	Number of structural support levels (see Note 1)	Reduction factors β_B and β_D referred to in 5.2.2 (2); 5.2.2 (9); 5.2.3 (2); 6.4 (3) (see Notes 2, 3, 4, and 5)					
		Highly unfavourable conditions (see Note 6)		Unfavourable conditions (see Note 7)		Favourable conditions (see Note 8)	
		β_B	β_D	β_B	β_D	β_B	β_D
Singles or uncrimped doubles	0	0,40	0,30	0,50	0,35	0,60	0,40
	1	0,55	0,35	0,60	0,40	0,70	0,45
	>1	0,65	0,45	0,70	0,50	0,80	0,55
Crimped or welded doubles	0	0,70	0,60	0,75	0,65	0,80	0,70
	1	0,80	0,70	0,85	0,75	0,95	0,80
	>1	0,90	0,80	0,95	0,85	1,00	0,90

Définition et calcul du mur principal :

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Géométrie

Z haut 5.00 m Z eau avant 0.00 m

Longueur flamb. 8.00 m Z eau arrière 3.00 m

☒ Vérifier le flambement ☒ Utiliser une longueur de flambement commune

Actions

N°	Z [m]	M _{Ed} [kNm/m]	V _{Ed} [kN/m]	N _{Ed} [kN/m]	e [mm]	
1	2.00	37	-5	27	33	✕
2	-0.75	-191	317	68	38	✕
3	-4.40	389	-9	140	41	✕
4	-11.20	-330	-7	207	2	✕

Facteurs de sécurité partiels

γ_{M0} 1.00 γ_{M1} 1.00

Facteurs de réduction (palplanches U)

β_B 0.80 β_D 0.55

Norme Grande-Bretagne

NAD UK Afficher le tableau

Durée de vie 50 années

Quantité d'acier

L_{paroi} 120.0 m L_{palp.} 18.25 m

Résultats

Uf = 0.74
Palplanche valide sélectionnée

Palplanche

Type Tous

Nom AU 25

Trier par Catalogue

AZ : serrures communes soudées/pincées

☐ Filtrer ☐ Utiliser Wel uniquement ☐ Palplanches valides

☐ I_{y min} 0 cm²/m ☐ t_{w min} 0.00 mm ☐ t_{f min} 0.00 mm

Nuance d'acier

S 320 GP ϵ 0.857

☐ Afficher tout $(b/t_f)/\epsilon$ 33

☒ Réduire f_y pour obtenir classe 3 Classe ini 2

Propriétés de la palplanche (valeurs initiales)

W _{el, y}	2 500 cm ² /m	W _{pl, y}	2 866 cm ² /m
I _y	56 240 cm ⁴ /m	A	187.5 cm ² /m
t _f	14.50 mm	t _w	10.20 mm
h	450.0 mm	α	59.6 °
b	406.0 mm	c	252.5 mm
A _v	59.2 cm ² /m	S _y	1 420 cm ² /m
r _o	25.0 mm	masse	147.2 kg/m ²
B	1 500 mm		

Notes:

Mur de quai en milieu maritime (EC3-5)

Notes personnelles (200 caractères max)

Avant Arrière

Eau Ancrage Protection Corrosion

Actions MEd

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Taux de corrosion Afficher le tableau

● Eurocode 3 - Partie 5
○ Manuelle

Eurocode 3 - Partie 5. Table 4.1 et 4.2 ▼

Zone	z inf [m]	Corrosion [mm]		Protection		Corrosion totale		+
		Avant	Arrière	Avant [années]	Arrière [années]	Avant [mm]	Arrière [mm]	
1	3.00	Atm. Conditions marines (près)	Sol. Remblais compactés et n°	0	0	1.00	0.60	✕
2	0.00	Atm. Conditions marines (près)	Sol. Remblais compactés et n°	0	0	1.00	0.60	✕
3	-5.00	Eau. Eau de mer sous climat t	Sol. Remblais compactés et n°	0	0	1.75	0.60	✕
4	-18.25	Sol. Remblais compactés et n°	Sol. Remblais compactés et n°	0	0	0.60	0.60	✕

Avant Arrière

Eau Ancrage Protection Corrosion

Actions MED

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Uf G

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Résultats

N°	z [m]	Flexion	Flexion & cisaillement	Voilement de l'âme par cisaillement	Flambement	Flexion & effort normal de compression	Flexion & effort tranchant & effort normal	Uf
1	2.00	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.06
2	-0.75	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.38
3	-4.40	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.74
4	-11.20	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.49

Synthèse

Propriété	Ini.	Réd.
f_y	320.0	320.0
ϵ	0.857	0.857
$(b/t_f)/\epsilon$	33	39
Classe	2	3

Classification de la palplanche

Détails des vérifications : niveau n°3 (z = -4.40 m)

Flexion

$$M_{Ed} = 395 \text{ kNm/m} \leq M_{c,Rd} = \frac{\beta_B W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = 536 \text{ kNm/m}$$

$$W_{pl,y} = 2095 \text{ cm}^3/\text{m}$$

Flexion & cisaillement

$$V_{Ed} = 9 \text{ kN/m} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = 842 \text{ kN/m}$$

$$V_{Ed} = 9 \text{ kN/m} \leq 0.50 V_{pl,Rd} = 421 \text{ kN/m}$$

Aucune vérification supplémentaire nécessaire

Voilement de l'âme par cisaillement

$$\frac{c}{t_w \cdot \epsilon} = 37.5 \leq 72$$

Aucune vérification nécessaire. Ok!

Flambement

$$N_{Ed} = 140 \text{ kN/m} \leq N_{pl,Rd} = \frac{A_{f,y} f_y}{\gamma_{M0}} = 4992 \text{ kN/m}$$

$$N_{cr} = \frac{EI \beta_D \pi^2}{l^2} = 8375 \text{ kN/m}$$

$$0.04 \cdot N_{cr} = 335 \text{ kN/m} \geq N_{Ed} = 140 \text{ kN/m}$$

Aucune vérification supplémentaire nécessaire

Flexion & effort normal de compression

$$N_{Ed} = 140 \text{ kN/m} \leq k_1 N_{pl,Rd} = k_1 \frac{A_{f,y} f_y}{\gamma_{M0}} = 499 \text{ kN/m avec } k_1 = 0.10$$

Quantité d'acier

Paires palpl.	Long. paroi	Total
80	120.00 m	322.37 t

Résultats

Uf = 0.74
Palplanche valide sélectionnée

ArcelorMittal

En conclusion, le mur principal a un taux d'utilisation égale à $0.74 \leq 1.00$ après 2.35 mm de perte d'épaisseur d'acier.

Définition et calcul du mur d'ancrage :

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Géométrie

Z haut 5.00 m Z eau avant 3.00 m
Longueur flamb. 7.00 m Z eau arrière 3.00 m

☒ Vérifier le flambement ☒ Utiliser une longueur de flambement commune

Actions

N°	Z [m]	M _{Ed} [kNm/m]	V _{Ed} [kN/m]	N _{Ed} [kN/m]	e [mm]	
1	3.00	-118	94	97	6	✕
2	-0.75	360	275	125	17	✕
3	-7.00	123	2	120	1	✕

Facteurs de sécurité partiels ☒ **Facteurs de réduction (palplanches U)** ☒

γ_{M0} 1.00 β_B 0.80
γ_{M1} 1.00 β_D 0.55
Norme Grande-Bretagne

NAD UK

Durée de vie ☒ **Quantité d'acier** ☒

50 années L_{paroi} 120.0 m
L_{palp.} 15.00 m

Résultats

☒ Uf = 0.88
Palplanche valide sélectionnée

Palplanche

Type Tous
Nom AU 14
Trier par Catalogue

AZ : serrures communes soudées/pincées

☐ Filtrer ☐ Utiliser Wel uniquement ☐ Palplanches valides

☐ l_y min 0 cm²/m
☐ t_w min 0.00 mm
☐ t_f min 0.00 mm

Nuance d'acier

S 460 AP ε 0.715
☐ Afficher tout (b/t_f)/ε 46
☒ Réduire fy pour obtenir classe 3 Classe ini 3

Propriétés de la palplanche (valeurs initiales)

W _{el,y}	1 405 cm²/m	W _{pl,y}	...
I _y	28 680 cm⁴/m	A	132.3 cm²/m
t _f	10.00 mm	t _w	8.30 mm
h	408.0 mm	α	47.8 °
b	327.2 mm	c	268.6 mm
A _v	44.0 cm²/m	S _y	820 cm²/m
r _o	25.0 mm	masse	103.8 kg/m²
B	1 500 mm		

Notes:

Mur de quai en milieu maritime (EC3-5)

Notes personnelles (200 caractères max)

Avant Arrière

Eau
Ancrage
Protection
Corrosion

Actions MEd

ArcelorMittal

Fichier Edition Unités Langue Scénarios Approche de calcul Module Aide

◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶ + Palplanche Corrosion Résultats LCA Ancrage Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Mur principal Mur d'ancrage ✕

Taux de corrosion ☒ **Afficher le tableau**

● Eurocode 3 - Partie 5
○ Manuelle

Eurocode 3 - Partie 5. Table 4.1 et 4.2

Zone	Z _{inf} [m]	Corrosion		Protection		Corrosion totale		
		avant [mm]	arrière [mm]	avant [années]	arrière [années]	avant [mm]	arrière [mm]	
1	-1.00	Sol. Remblais compactés et n...	Sol. Sols naturels intacts (sabl...)	0	0	0.60	0.60	✕
2	-10.00	Sol. Sols naturels intacts (sabl...)	Sol. Sols naturels intacts (sabl...)	0	0	0.60	0.60	✕

Avant Arrière

Eau
Ancrage
Protection
Corrosion

Actions MEd

ArcelorMittal

Fichier	Edition	Unités	Langue	Scénarios	Approche de calcul	Module	Aide				
◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶				Palplanche	Corrosion	Résultats	LCA	Ancrage	Synthèse des scénarios	Résumé des Uf	Gr
Mur principal		Mur d'ancrage ✕									
Résultats											
N°	z [m]	Flexion	Flexion & cisaillement	Voilement de l'âme par cisaillement	Flambement	Flexion & effort normal de compression	Flexion & effort tranchant & effort normal	Uf			
1	3.00	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.29			
2	-0.75	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.88			
3	-7.00	✓	✓	✓	✓	✓	-	0.30			
Synthèse											
Classification de la palplanche		Détails des vérifications : niveau n°2 (z = -0.75 m)									
Propriété		Ini.	Réd.	Classe 3 réd.	Flexion				Quantité d'acier		
f _y		460.0	460.0	416.3	$M_{Ed} = 362 \text{ kNm/m} \leq M_{c,Rd} = \frac{\beta_B W_{el} f_y}{\gamma_{M0}} = 413 \text{ kNm/m}$				Paires palpl. 80		
ε		0.715	0.715	0.751	$W_{el} = 1240 \text{ cm}^3/\text{m}$				Long. paroi 120.00 m		
(b/t _f)/ε		46	52	49	Flexion & cisaillement				Total 186.84 t		
Classe		3	4	3	$V_{Ed} = 275 \text{ kN/m} \leq V_{pl,Rd} = \frac{A_v f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = 906 \text{ kN/m}$						
Propriétés de la palplanche sélectionnée		Aucune vérification supplémentaire nécessaire									
Propriété		Ini.	Réd.	Unité	Voilement de l'âme par cisaillement				Résultats		
W _{el, y}		1 405	1 240	cm³/m	$\frac{c}{t_w \cdot \epsilon} = 50.4 \leq 72$				✓ Uf = 0.88		
W _{pl, y}		cm³/m	Aucune vérification nécessaire. Ok!				Paplanche valide sélectionnée		
I _y		28 680	25 260	cm⁴/m	Flambement						
A		132.3	117.3	cm²/m	$N_{Ed} = 125 \text{ kN/m} \leq N_{pl,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = 4882 \text{ kN/m}$						
t _f		10.00	8.80	mm	$N_{cr} = \frac{EI \beta_D \pi^2}{l^2} = 5877 \text{ kN/m}$						
t _w		8.30	7.10	mm	$0.04 \cdot N_{cr} = 235 \text{ kN/m} \geq N_{Ed} = 125 \text{ kN/m}$						
h		408.0	406.8	mm	Aucune vérification supplémentaire nécessaire						
α		47.8	-	°	Flexion & effort normal de compression						
b		327.2	-	mm	$N_{Ed} = 125 \text{ kN/m} \leq k_1 N_{pl,Rd} = k_1 \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = 488 \text{ kN/m}$ avec $k_1 = 0.10$						
c		268.6	-	mm							
A _v		44.0	37.7	cm²/m							
S _y		820	-	cm³/m							
r ₀		25.0	-	mm							
masse		103.8	-	kg/m²							
B		1 500	-	mm							

En conclusion, le mur d'ancrage a un taux d'utilisation égale à $0.88 \leq 1.00$ après 1.20 mm de perte d'épaisseur d'acier.

1.4. Fonctionnalités supplémentaires

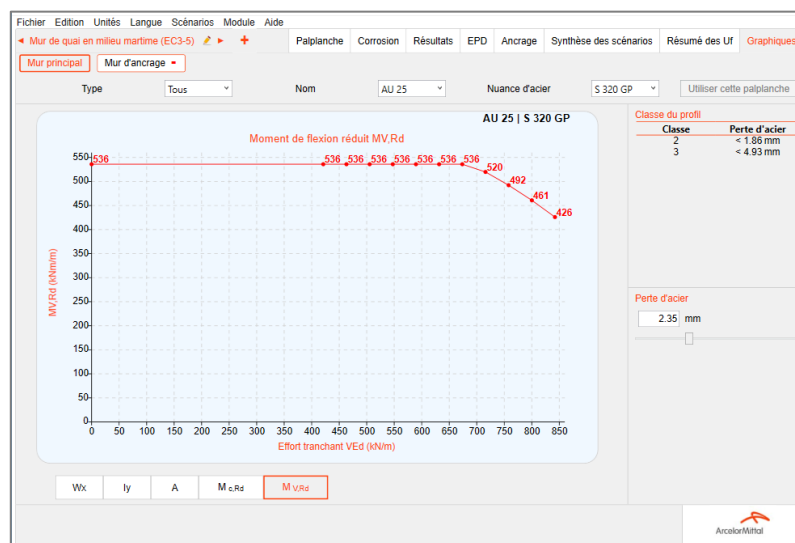
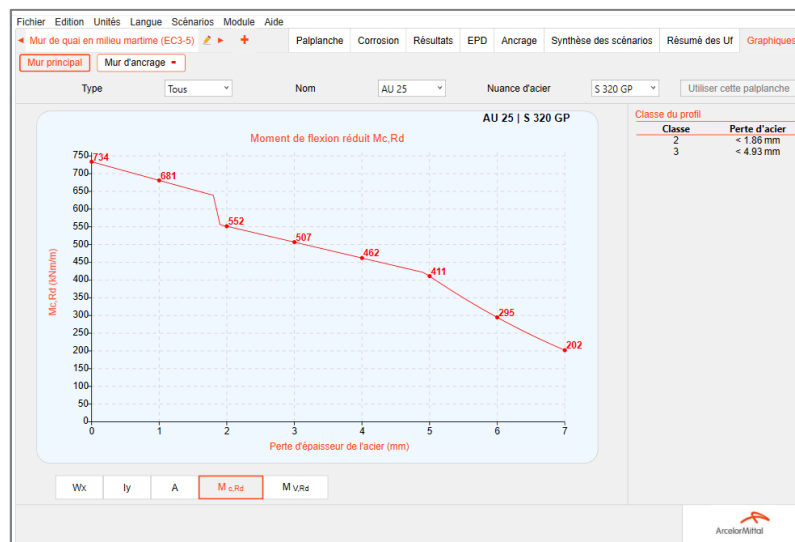
- L'onglet **Synthèse des scénarios** permet de comparer les différents résultats de chaque scénario.

Description	Méthode de calcul	Ecran	Palplanche	Nuance d'acier	Long. paroi [m]	L palp. [m]	Poids d'acier [t]	S _f	U _f	Résultats des scénarios	Résultats d'ancrage	Scénarios retenus
Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5)	Eurocode 3 - 5	Mur principal	AU 25	S 320 GP	120.00	18.25	322.37	-	0.74	✓	-	✓
		Mur d'ancrage	AU 14	S 460 AP	120.00	15.00	186.84	-	0.88	✓	-	✓
Mur de quai en milieu maritime (ASD)	ASD	Mur principal	AU 25	S 320 GP	120.00	18.25	322.37	1.60	-	✓	-	☐
		Mur d'ancrage	AU 14	S 460 AP	120.00	15.00	186.84	1.51	-	✓	-	☐
Total	-	-	-	-	-	-	509.21	-	-	-	-	-

- L'onglet **Résumé Sf/Uf** permet de vérifier chaque section de palplanches pour chaque nuance d'acier et de calculer soit le facteur de sécurité (Sf) pour une approche ASD, soit le facteur d'utilisation (Uf) pour une approche Eurocode 3-5.

Fichier	Edition	Unités	Langue	Scénarios	Approche de calcul	Module	Aide					
◀ Mur de quai en milieu maritime (Eurocode 3-5) ▶					Palplanche	Corrosion	Résultats	LCA	Ancrage	Synthèse des scénarios	Résumé des Uf	G
Mur principal		Mur d'ancrage ✕										
Facteur d'utilisation						Facteur de réduction pour AMLocor						
<input type="radio"/> Ini. <input checked="" type="radio"/> Réd.						Avant <input type="text" value="1"/> Arrière <input type="text" value="1"/>						
						Facteur de réduction pour A690						
						Avant <input type="text" value="1"/> Arrière <input type="text" value="1"/>						
	S 240 GP	S 270 GP	S 320 GP	Européen S 355 GP	S 390 GP	S 430 GP	S 460 AP	Blue320	AMLacor Blue355	Blue390	A 328	A572 Gr.
AZ 18-800	0.93	0.82	0.76	0.76	0.76	0.76	0.76	°	°	°	0.82	0.76
AZ 20-800	0.84	0.75	0.63	0.57	0.54	0.54	0.54	0.63	0.57	0.54	°	0.58
AZ 22-800	0.77	0.69	0.58	0.52	0.47	0.43	0.40	°	°	°	0.69	0.54
AZ 23-800	0.62	0.55	0.54	0.48	0.44	0.40	0.37	°	°	°	0.55	0.50
AZ 25-800	0.57	0.51	0.43	0.45	0.41	0.37	0.34	°	°	°	0.51	0.46
AZ 27-800	0.53	0.47	0.40	0.36	0.33	0.34	0.32	°	°	°	0.47	0.37
AZ 28-750	0.51	0.46	0.44	0.40	0.36	0.33	0.31	°	°	°	0.46	0.41
AZ 30-750	0.47	0.42	0.36	0.32	0.34	0.31	0.29	°	°	°	0.42	0.33
AZ 32-750	0.44	0.39	0.33	0.30	0.27	0.25	0.27	°	°	°	0.39	0.31
AZ 12-770	-	-	1.02	0.92	0.84	0.76	0.73	°	°	°	-	0.95
AZ 13-770	-	-	0.98	0.88	0.80	0.73	0.68	°	°	°	-	0.90
AZ 14-770	1.05	0.93	0.93	0.84	0.76	0.69	0.65	°	°	°	0.93	0.86
AZ 14-770-10/10	1.00	0.89	0.89	0.80	0.73	0.66	0.62	°	°	°	0.89	0.83
AZ 12-700	-	-	1.05	0.95	0.86	0.78	0.77	°	°	°	-	0.98
AZ 13-700	1.09	-	0.96	0.87	0.79	0.72	0.67	°	°	°	-	0.89
AZ 13-700-10/10	1.04	0.93	0.92	0.83	0.76	0.69	0.64	°	°	°	0.93	0.86
AZ 14-700	1.00	0.89	0.75	0.80	0.73	0.66	0.62	°	°	°	0.89	0.82
AZ 17-700	0.98	0.87	0.73	0.66	0.60	0.55	0.53	°	°	°	0.87	0.68
AZ 18-700	0.93	0.83	0.70	0.63	0.57	0.52	0.49	°	°	°	0.83	0.65
AZ 19-700	0.76	0.80	0.67	0.61	0.55	0.50	0.47	0.67	0.61	0.55	0.80	0.62
AZ 20-700	0.73	0.65	0.64	0.58	0.53	0.48	0.45	0.64	0.58	0.53	0.65	0.60
AZ 24-700	0.58	0.51	0.43	0.46	0.42	0.38	0.35	°	°	°	0.51	0.40

- L'onglet **Graphiques** montre graphiquement la réduction des paramètres de calcul avec l'augmentation de la perte d'épaisseur due à la corrosion. L'utilisateur peut choisir une autre section de palplanche dans cet onglet et remplacer la section initiale précédemment considérée.



2. Vérification d'un système d'ancrage

2.1. Description

Cet exemple a pour but de montrer comment vérifier un système d'ancrage selon les normes Eurocode.

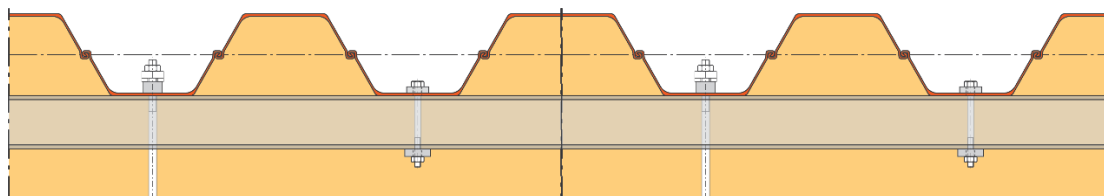
La vérification d'un système d'ancrage consiste à vérifier l'équilibre interne de toutes les pièces métalliques utilisées pour la reprise de l'effort mobilisé dans l'ancrage (liaison d'ancrage, de la lierne, plaques, rondelles à bossages et efforts localisés dans la section de palplanche).

Un palplanche de type **PU 18+1 S 430 GP** a été choisi pour la paroi de tête. Aucune corrosion n'est prise en compte.

Le système d'ancrage est composé de :

- Une lierne derrière le mur principal : **2 x UPN 260 S 235 JR, espacement = 250 mm**
- Un ancrage horizontal tous les 2 systèmes de palplanches : **ASDO355 - M68/60**
 - Plaque d'appui avec écrou
 - Rondelle à bossages appuyée sur la plaque d'appui
- Un boulon entre 2 ancrages fixés pour maintenir la palplanche à la lierne : **M45 – ASDO 355**
 - Plaque d'appui avant
 - Plaque d'appui à l'arrière

Notre cas correspond au cas 7.4 défini par l'Eurocode 3 - Partie 5 :





Cette application est menée conformément à la norme française pour la définition des facteurs de sécurité.

L'analyse géotechnique fournit la réaction des tirants d'ancrage : 250 kN/m (ELU) et 185 kN/m (ELS).

2.2. Vérification du tirant d'ancrage et du boulon

Tout d'abord, il faut vérifier le tirant d'ancrage et le boulon.

Verification du système d'ancrage  

Palplanche Corrosion Résultats LCA **Ancrage** Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Ancrage de liaison **Palplanches et plaques**

☒ Vérification des plaques

Géométrie de l'ancrage

Z mur principal 155.00 m n 2

β 0.00 ° Espacement 2.40 m

F_{Ed, axial} 250 kN/m

F_{t,ser, axial} 185 kN/m

Facteur de sécurité

γ_{M0} 1.00 γ_{M2} 1.25

γ_{M1} 1.00 $\gamma_{Mt,ser}$ 1.10

Filtrer

☐ d_{ini, min} 0.00 mm

☐ f_{y min} 0 MPa

Ancrage de liaison

k_t 0.60

Ancrage ASDO355 - M68 / 52

f_y 355 MPa

f_{ua} 510 MPa

d_{ini} 68.00 mm

x' 4 mm

A_{s,ini} 30.55 cm²

A_{g,ini} 21.24 cm²




Corrosion


Δd 0.00 mm

Méthode de vérification

☒ Ancrage de liaison ☐ Boulon

Vérification des ancrages

N°	Z [m]	Type	Valid	+
1	155.00	Ancrage Boulon	 	

 Les niveaux d'ancrage sont correctement vérifiés

Détails des vérifications : ancrage n°1 (z = 155.00 m)

Vérification à l'ELU

$$F_{t,ld} = k_t \cdot \frac{f_{ua} A_s}{\gamma_{M2}} = 748 \text{ kN/ancrage}$$

$$F_{t,ser} = \frac{f_y A_s}{\gamma_{Mt,ser}} = 986 \text{ kN/ancrage}$$

$$F_{t,ld} = \frac{f_y A_s}{\gamma_{M0}} = 754 \text{ kN/ancrage}$$

$$F_{t,ld} = \min(F_{t,ld}, F_{t,ser}) = 748 \text{ kN/ancrage}$$


$$F_{Ed} = 600 \text{ kN/ancrage} \leq 748 \text{ kN/ancrage}$$


Vérification à l'ELS


$$F_{t,ser} \leq \frac{f_y A_s}{\gamma_{Mt,ser}} = 986 \text{ kN/ancrage}$$


$$F_{t,ser} = 444 \text{ kN/ancrage} \leq 986 \text{ kN/ancrage}$$

Avant **Arrière** Z1


 Eau



 Ancrage

 Protection

 Corrosion

Actions MEd



Verification du système d'ancrage  

Palplanche Corrosion Résultats LCA **Ancrage** Synthèse des scénarios Résumé des Uf Graphiques

Ancrage de liaison **Palplanches et plaques**

☒ Vérification des plaques

Géométrie de l'ancrage

Z mur principal 155.00 m Espacement 2.40 m

β 0.00 °

F_{Ed, axial} 250 kN/m

F_{t,ser, axial} 185 kN/m

Facteur de sécurité

γ_{M0} 1.00 γ_{M2} 1.25

γ_{M1} 1.00 $\gamma_{Mt,ser}$ 1.10

Filtrer

☐ d_{ini, min} 0.00 mm

☐ f_{y min} 0 MPa

Boulon

k_t 0.60

Type Tous

Boulon M 45 - ASDO 355

f_y 355 MPa

f_{ua} 510 MPa

d_{ini} 45.00 mm

x' 3 mm

A_{s,ini} 13.06 cm²

A_{g,ini} 15.90 cm²




Corrosion


Δd 0.00 mm

Méthode de vérification

☐ Ancrage de liaison ☒ Boulon

Vérification des ancrages

N°	Z [m]	Type	Valid	+
1	155.00	Ancrage Boulon	 	

 Les niveaux d'ancrage sont correctement vérifiés

Détails des vérifications : boulon n°1 (z = 155.00 m)

Vérification à l'ELU

$$F_{t,ld} = k_t \cdot \frac{f_{ua} A_s}{\gamma_{M2}} = 320 \text{ kN/boulon}$$

$$F_{t,ser} = \frac{f_y A_s}{\gamma_{Mt,ser}} = 421 \text{ kN/boulon}$$

$$F_{t,ld} = \frac{f_y A_s}{\gamma_{M0}} = 565 \text{ kN/boulon}$$

$$F_{t,ld} = \min(F_{t,ld}, F_{t,ser}) = 320 \text{ kN/boulon}$$


$$F_{Ed} = 300 \text{ kN/boulon} \leq 320 \text{ kN/boulon}$$


Vérification à l'ELS


$$F_{t,ser} \leq \frac{f_y A_s}{\gamma_{Mt,ser}} = 421 \text{ kN/boulon}$$


$$F_{t,ser} = 222 \text{ kN/boulon} \leq 421 \text{ kN/boulon}$$

Avant **Arrière** Z1


 Eau

 Ancrage

 Protection

 Corrosion

Actions MEd



Le tirant d'ancrage et le boulon sont correctement vérifiés en tenant compte de la perte de diamètre.

2.3. Vérification des palplanches et des plaques

Dans l'onglet **Palplanches et plaques**, on peut trouver :

- Synthèse de toutes les vérifications à effectuer et des propriétés des palplanches utilisées dans le calcul :

Détails des vérifications de l'eurocode					
Palplanche		Mur principal		Fixation des boulons	
Cisaillement de l'âme	Traction des âmes	Plaque avant	Rondelle à bossage avant	Plaque avant	Plaque arrière
✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mur principal PU 18+1.0					
$t_{f, ini}$	12.20 mm	$t_{w, ini}$	9.50 mm		
$W_{el, ini}$	1 920 cm ³ /m	$W_{pl, ini}$	2 280 cm ³ /m		
b	288.5 mm	α	57.5 °		
f_y	430.0 MPa	Classe	2 -		
h	430.0 mm	c	247.7 mm		
r_o	15.0 mm	b_c	mm		

- Vérifier l'ancrage de la plaque d'appui avant :

Plaque ?
Avant ?
 Nuance d'acier f_y 215 MPa
 b_a mm h_a mm
 t_a mm d mm

Plaque
 Géométrie
 $b_a = 231 \text{ mm} \geq 0.8b = 231 \text{ mm}$
 $h_a = 346 \text{ mm} \leq 1.5b_a = 347 \text{ mm}$
 $t_a = 51 \text{ mm} \geq \max(\frac{d_A}{3}; 2t_f) = 24 \text{ mm}$
 Charges
 $F_{P,Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{P,M,Rd} = 2t_a^2 \frac{h_a - d}{2b_a - b_{sp} - d} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1179 \text{ kN}$
 $F_{P,Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{P,V,Rd} = \frac{2}{\sqrt{3}} h_a t_a \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 4381 \text{ kN}$
 $F_{W,Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{W,M,V,Rd} =$
 $= \frac{2}{3} (-s + \sqrt{s^2 + 3t_a^2})(b_a - d) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 304 \text{ kN}$

Il est important de noter que Durability est capable de suggérer des dimensions de plaques qui vérifient tous les conditions nécessaires requis (🔁)

Conformément à l'Eurocode, la nuance d'acier doit être réduite pour une épaisseur supérieure à 40 mm, c'est pour cela que $f_y=215$ MPa alors que la nuance d'acier est S 235.

- Rondelle à bossages du tirant :

Rondelle à bossage ?
 Nuance d'acier f_y 215 MPa
 b_{sp} mm h_{sp} mm
 t_{sp} mm d_{sp} mm
 w_{sp} mm
Ecrou ?
 d_{SG} mm e mm

Rondelle à bossage
 Géométrie
 $b_{sp} = 130 \text{ mm} \leq \max(d_{SG} + 2t_{sp}; e) = 200 \text{ mm}$
 $h_{sp} = 110 \text{ mm} \leq \max(d_{SG} + 2t_{sp}; e) = 200 \text{ mm}$
 $t_{sp} = 50 \text{ mm} \geq \frac{d_A}{2} = 34 \text{ mm}$
 Charges
 $F_{Ed} = 600 \text{ kN} \leq F_{RdJ,1} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} (d_{SG}^2 - w_{sp}^2) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1791 \text{ kN}$
 $F_{RdJ,1} = 1791 \text{ kN} \leq F_{RdJ,2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \pi d_{SG} t_{sp} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1950 \text{ kN}$
 $F_{Ed} = 600 \text{ kN} \leq F_{loc} = w_{sp}(b_{sp} - d) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 624 \text{ kN}$

- Géométrie et vérification des plaques d'appui pour le boulon :

Plaque ?				Arrière ?			
Avant				Arrière			
Nuance d'acier	S 235	f_y	235 MPa	Nuance d'acier	S 235	f_y	235 MPa
b_a	231 mm	h_a	346 mm	b_a	231 mm	h_a	346 mm
t_a	28 mm	d	48 mm	t_a	28 mm	d	48 mm
Ecrou ?				Ecrou ?			
d_{SG}	70 mm			d_{SG}	70 mm		

Il est important de noter que Durability est en mesure de suggérer des dimensions de plaques qui répondent à tous les critères requis (🔄)

Plaque avant

Géométrie

$$b_a = 231 \text{ mm} \geq 0.8b = 231 \text{ mm}$$

$$h_a = 346 \text{ mm} \leq 1.5b_a = 347 \text{ mm}$$

$$t_a = 28 \text{ mm} \geq \max\left(\frac{d_A}{3}; 2t_f\right) = 24 \text{ mm}$$

Charges

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{M,V,Rd} =$$

$$= \frac{2}{3} \left[-(b_a - d') + \sqrt{(b_a - d')^2 + 3t_a^2} \right] (h_a - d) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 313 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{RdJ,1} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} (d_{SG}^2 - d^2) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 678 \text{ kN}$$

$$F_{RdJ,1} = 678 \text{ kN} \leq F_{RdJ,2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \pi \cdot d_{SG} \cdot t_a \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 835 \text{ kN}$$

Plaque arrière

Géométrie

$$b_a = 231 \text{ mm} \geq 0.8b = 231 \text{ mm}$$

$$h_a = 346 \text{ mm} \leq 1.5b_a = 347 \text{ mm}$$

$$t_a = 28 \text{ mm} \geq \max\left(\frac{d_A}{3}; 2t_f\right) = 24 \text{ mm}$$

Charges

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{M,V,Rd} =$$

$$= \frac{2}{3} \left[-(b_a - d') + \sqrt{(b_a - d')^2 + 3t_a^2} \right] (h_a - d) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 313 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq F_{RdJ,1} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} (d_{SG}^2 - d^2) \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 678 \text{ kN}$$

$$F_{RdJ,1} = 678 \text{ kN} \leq F_{RdJ,2} = \frac{1}{\sqrt{3}} \pi \cdot d_{SG} \cdot t_a \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 835 \text{ kN}$$

- Vérification des palplanches au niveau de l'ancrage

Palplanche

Cisaillement de l'âme (EC3-5 §7.4.3 (3a))

$$R_{Vf,Rd} = 2(b_a + h_a)t_f \frac{f_y}{\sqrt{3}\gamma_{M0}} = 3495 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq R_{Vf,Rd} = 3495 \text{ kN}$$

Traction des âmes (EC3-5 §7.4.3 (3b))

$$R_{tw,Rd} = 2h_a t_w \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 2827 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 300 \text{ kN} \leq R_{tw,Rd} = 2827 \text{ kN}$$