

ACTIVITE 4

Plat 120x4, 2 files de 3 Boulons HM12 6.8

Situation du TP : 2nd semestre de 1^{ère} année BTS AMCR formatif ou sommatif.
Durée : 2 fois 4h.
Séance 1 (4h) : Lecture sujet 30 min
Q1 à Q4 réalisation de 2 plats, 4 goussets et assemblage 1h30
Q5 1h pour les deux essais
Q6 à Q7 1h calcul valeur moyenne et recherche des vérifications sur EC3
Séance 2 (4h) : Q8 à Q14 2h30 manipulations sur Excel pour trouver une solution
Q15 à Q18 1h30 réalisation d'1 plat, 2 goussets, assemblage et essai



- Centre de contrôle technique automobile de Saint-Victoret -

PRESENTATION

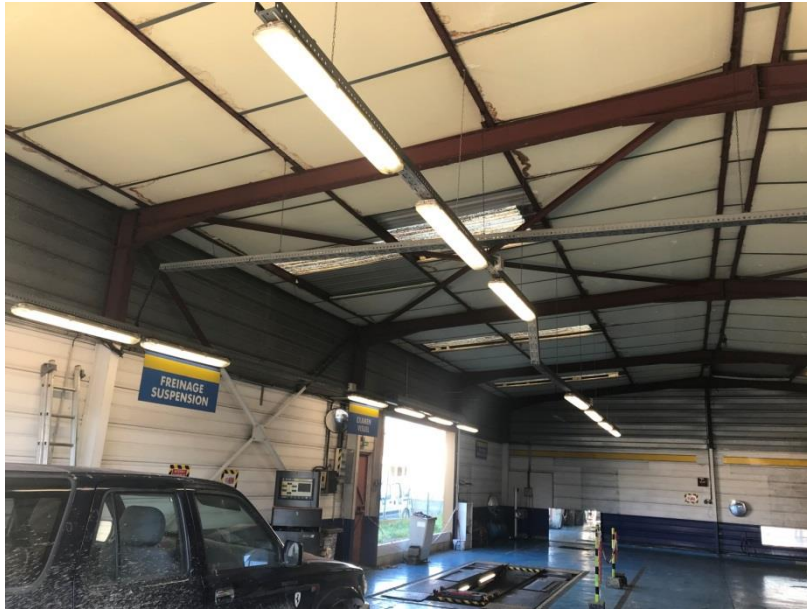
Nous nous proposons d'étudier un assemblage de la structure d'un bâtiment destiné à la réalisation de contrôles techniques automobiles pour la société **as autoSECURITE** à Saint-Victoret.

Ce bâtiment date de 1980. La couverture de ce bâtiment est constituée de bac acier (couverture dite bac « sec »). Le propriétaire souhaite améliorer l'isolation thermique et acoustique en remplaçant la couverture par des « panneaux sandwich ». Ce changement technologique impacte les chargements à prendre en compte sur la structure. Pour pouvoir réaliser une nouvelle étude, des relevés effectués sur la structure existante, ont permis de réaliser le modèle 3D BIM avec le logiciel Tekla Structures. Le fichier correspondant « CCT ABBADIE plat 120x4 2x3bls » est mis à disposition. De même, pour l'étude mécanique, une modélisation a été faite sur le logiciel « Robot Structural Analysis Professional ». Le fichier « CCT Abbadie Plat.rtd » s'appuie sur la réglementation « Eurocodes ». Les données fournies tiennent compte des changements dus à la nouvelle couverture.

Dans le cadre du développement durable et pour des raisons économiques, l'étude de ce bâtiment modifié doit permettre de déterminer s'il est possible de réutiliser tout ou partie de ses constituants.

Dans cette activité, l'étude porte particulièrement sur les liaisons des plats des diagonales de la croix de Saint-André de la palée de stabilité. Elle devra permettre de savoir s'il est possible de les réutiliser dans le bâtiment avec la nouvelle couverture. Les attaches des plats actuels sont constituées de 2 files de 3 boulons sur des goussets dont les caractéristiques restent inconnues. Pour pouvoir trancher sur la viabilité de la stabilité ou des modifications à apporter, il est proposé de réaliser des essais sur des échantillons.

Les essais seront des essais de traction pour déterminer la valeur de la sollicitation maximale admissible. Le mode de rupture sera également étudié pour connaître les modifications à apporter, ou pas, pour assurer la conformité avec l'EC3 (Eurocode 3).



- Vue intérieure sur la structure du bâtiment -

Hypothèses :

- Acier S235
- Boulons HM12 classe 6.8
- Goussets épaisseur 6 mm
- L'effort appliqué sur les boulons du plat sera supposé centré

QUESTIONNAIRE

Préparation de l'essai : Réalisation des pièces et de l'assemblage

Afin de diminuer les incertitudes provenant de plusieurs sources, l'essai sera réalisé deux fois avec deux éprouvettes.

- Q1 : En utilisant le fichier Tekla Structures « CCT ABBADIE plat 120x4 2x3bls », produisez le dessin d'exécution du plat.
- Q2 : Avec le dessin d'exécution du plat vous devez réaliser les perçages sur un tronçon de plat de *400 mm*. Répétez cette dernière opération pour obtenir au final deux tronçons de plat de *400 mm* pour pouvoir réaliser les deux essais de traction.
- Q3 : Afin de réaliser l'essai, vous devez réaliser deux goussets permettant de tester le plat. Chacun des goussets viendra se positionner aux extrémités du tronçon de plat de *400 mm*. Vous expliquerez votre démarche. L'épaisseur des goussets est de *6 mm*. Répétez cette dernière opération pour obtenir au final, quatre goussets pour pouvoir réaliser les deux essais de traction.
- Q4 : Après avoir contrôlé vos 3 pièces, vous devez réaliser l'assemblage afin de pouvoir tester celui-ci sur la machine de traction.



- Vue de l'éprouvette sur la machine de traction -

Répétez cette dernière opération pour les 3 éléments supplémentaires pour réaliser le deuxième essai.

Essai : Réalisation de l'essai de traction

Afin de diminuer les incertitudes provenant de plusieurs sources, l'essai sera réalisé deux fois avec deux éprouvettes.

- Q5 : Sur la machine de traction, vous devez réaliser un essai de traction sur votre assemblage jusqu'à atteindre la rupture d'un des éléments. Vous relèverez la valeur atteinte pour obtenir la rupture.



Photo 2

- Vue de l'éprouvette après rupture -

Répétez cette dernière opération pour le deuxième essai.

Essai : Analyse des résultats et vérification EC3

- Q6 : Proposez une valeur moyenne de la sollicitation de traction atteinte au moment de la rupture lors des deux essais.
- Q7 : À l'aide de l'EC3, listez les vérifications d'usage à réaliser sur cet assemblage (Plat, Boulons, Goussets). Proposez les modes de ruine qui vous paraissent les plus probables. Élaborez un protocole de vérification de ce type d'assemblage.
- Q8 : Avec la feuille de calcul Excel fournie (ATTACHE_CORNIERE-PLAT_sur_PLAT_BLS.xlsm), dans le premier onglet (CaracRésultats), renseignez les caractéristiques de votre assemblage du côté des 2x3 boulons et choisissez parmi les résultats fournis, la valeur qui correspond à votre essai en vous aidant des schémas de rupture.

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAE ou Plat 120 ép.2,3,4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler	
Plat 120 ép.4	Plat 120 ép.4
a =	120 [mm]
e = t =	4 [mm]
A =	480 [mm ²]
A _{nette} =	376 [mm ²]
Acier Plat / f _y plat =	235 [MPa]
Acier Plat / f _u plat =	360 [MPa]
γ _{M0} =	1,0
γ _{M2} =	1,25
1 plan de cisaillement	
Plat/Gousset épaisseur =	6 [mm]
Acier Plat / f _y gousset =	235 [MPa]
Acier Plat / f _u gousset =	360 [MPa]
Plat 120 ép.4 3 x 2 Boulons HM 12	
Éléments d'assemblage Boulons	
Ø boulon d =	12 [mm]
Ø trou d ₀ =	13 [mm]
A =	113,0 [mm ²]
A _s =	84,3 [mm ²]
Nbre de boulons ?	3
Cisaillement sur partie filetée ?	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Classe Boulons	
6.8	
f _b =	480 [MPa]
f _{tb} =	600 [MPa]

RÉSULTATS

$N_{b,Rd} = 112\,800,00 \text{ [N]} = 112,80 \text{ [kN]}$
$N_{u,Rd} = 97\,459,20 \text{ [N]} = 97,46 \text{ [kN]}$
$V_{eff,1,Rd} = 69\,103,71 \text{ [N]} = 69,10 \text{ [kN]}$
$F_{b,Rd} = 14\,178,46 \text{ [N]} = 14,18 \text{ [kN]}$
3 x 2 BIs $85\,070,77 \text{ [N]} = 85,07 \text{ [kN]}$
$F_{v,Rd} = 20\,232,00 \text{ [N]} = 20,23 \text{ [kN]}$
3x2 $N_{Ed} = 121\,392,00 \text{ [N]} = 121,39 \text{ [kN]}$
$B_{p,Rd} = 42\,104,78 \text{ [N]} = 42,10 \text{ [kN]}$
3 x 2 BIs $252\,628,69 \text{ [N]} = 252,63 \text{ [kN]}$

Pour cela et avec les informations contenues dans les fichiers Tekla Structures et Robot Structural Analysis Professional vous devrez :

- Choisir le plat correspondant dans le menu déroulant pour le choix du profil
- Renseigner les valeurs de f_y de votre plat, de la pince et de l'entraxe ainsi que l'épaisseur du gousset et la valeur de son f_y
- Choisir le diamètre des boulons ainsi que leur classe
- Renseigner le nombre de boulons.
- Choisir avec l'EC3 si l'effort appliqué est centré ou excentré et si les boulons sont cisailés sur la partie filetée ou non.
- Donner la valeur de l'effort maximal correspondant à votre schéma de rupture.

Q9 : Avec le fichier Robot Structural Analysis Professional « CCT Abbadie Plat.rtd », relevez la valeur de la sollicitation maximale N_{Ed} dans le plat sous la combinaison ELU et effectuez la vérification à l'EC3 réglementaire. Conclure sur la validité de l'attache telle qu'elle est réalisée.

Modification de la solution existante : calculs

Q10 : On se rend compte que la rupture se fait en cisaillement de bloc $V_{eff,1}$ avec une valeur théorique de 69,10 kN.

Indiquez sur quelles valeurs est-il possible d'agir pour augmenter la valeur de $V_{eff,1,Rd}$ en vous référant à l'EC3 et en agissant sur les paramètres cités dans les onglets (TEST_p1_CaracResultats) et (TEST_e1_CaracResultats).

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAF ou Plat 120 à 2, 3, 4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CHARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler

Plat 120 ép.4

a = 120 [mm] 1,2 $d_0 = 18$ [mm] $\leq e_1 = 40$ [mm] $\leq 4t + 40$ mm = 56 [mm]

e = t = 4 [mm] 1,2 $d_0 = 18$ [mm] $\leq e_2 = 44$ [mm] $\leq 4t + 40$ mm = 56 [mm]

A = 480 [mm²] 2,2 $d_0 = 33$ [mm] $\leq p_1 = 33,1$ [mm] $\leq \text{Min}\{14t; 200$ mm $\} = 56$ [mm]

A_{nette} = 360 [mm²]

Acier Plat / f_y plat = 235 [MPa] A_{et} = 68 [mm²]

Acier Plat / f_u plat = 360 [MPa] A_{ev} = 550 [mm²] choix A_{ev}

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

1 plan de cisaillement

Plat/Gousset épaisseur = 6 [mm]

Acier Plat / f_y gousset = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u gousset = 360 [MPa]

Éléments d'assemblage Boulons

M14

Classe Boulons 6.8

Ø boulon d = 14 [mm] f_b = 480 [MPa]

Ø trou d₀ = 15 [mm] f_b = 600 [MPa]

A = 154,0 [mm²]

A_s = 115,0 [mm²]

Nbre de boulons ? 3

Cisaillement sur partie filetée ? ☒ Oui ☐ Non

RESULTATS

$N_{p,Rd} = 112\,800,00$ [N] = 112,80 [kN]

$N_{u,Rd} = 93\,312,00$ [N] = 93,31 [kN]

$V_{eff,1,Rd} = 94\,206,52$ [N] = 94,21 [kN]

$F_{b,Rd} = 19\,600,00$ [N] = 19,60 [kN]

3 x 2 Bls 117 600,00 [N] = 117,60 [kN]

$F_{v,Rd} = 27\,600,00$ [N] = 27,60 [kN]

3x2 $N_{Ed} = 165\,600,00$ [N] = 165,60 [kN]

$B_{p,Rd} = 49\,140,34$ [N] = 49,14 [kN]

3 x 2 Bls 294 842,04 [N] = 294,84 [kN]

Effort excentré ? ☐ Oui ☒ Non

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAF ou Plat 120 ép. 2, 3, 4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler

Plat 120 ép.4

a = 120 [mm]

e = t = 4 [mm]

A = 480 [mm²]

A_{nette} = 376 [mm²]

Acier Plat / f_y plat = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u plat = 360 [MPa]

γ_{u0} = 1,0

γ_{u2} = 1,25

1 plan de cisaillement

Plat/Gousset épaisseur = 6 [mm]

Acier Plat / f_y gousset = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u gousset = 360 [MPa]

Éléments d'assemblage Boulons

M12

Classe Boulons 6.8

Ø boulon d = 12 [mm]

Ø trou d₀ = 13 [mm]

A = 113,0 [mm²]

A_s = 84,3 [mm²]

Nbre de boulons ? 3

Cisaillement sur partie fileté ? ☒ Oui ☐ Non

1,2 d₀ = 15,6 [mm] ≤ e₁ = 21 [mm] ≤ 4t + 40 mm = 56 [mm]

1,2 d₀ = 15,6 [mm] ≤ e₂ = 44 [mm] ≤ 4t + 40 mm = 56 [mm]

2,2 d₀ = 28,6 [mm] ≤ p₁ = 56 [mm] ≤ Min(14t; 200 mm) = 56 [mm]

choix p₁

A_{nt} = 76 [mm²]

A_{nv} = 800 [mm²] choix A_{nv}

Plat 120 ép.4

3 x 2 Boulons HM 12

Effort excentré ? ☐ Oui ☒ Non

RÉSULTATS

N_{pl,Rd} = 112 800,00 [N] = 112,80 [kN]

N_{u,Rd} = 97 459,20 [N] = 97,46 [kN]

V_{eff,1,Rd} = 130 429,85 [N] = 130,43 [kN]

F_{b,Rd} = 18 166,15 [N] = 18,17 [kN]

3 x 2 Bls 108 996,92 [N] = 109,00 [kN]

F_{v,Rd} = 20 232,00 [N] = 20,23 [kN]

3x2 N_{Ed} = 121 392,00 [N] = 121,39 [kN]

B_{p,Rd} = 42 104,78 [N] = 42,10 [kN]

3 x 2 Bls 252 628,69 [N] = 252,63 [kN]

Changement de classe 8.8

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAF ou Plat 120 ép. 2, 3, 4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler

Plat 120 ép.4

a = 120 [mm]

e = t = 4 [mm]

A = 480 [mm²]

A_{nette} = 376 [mm²]

Acier Plat / f_y plat = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u plat = 360 [MPa]

γ_{u0} = 1,0

γ_{u2} = 1,25

1 plan de cisaillement

Plat/Gousset épaisseur = 6 [mm]

Acier Plat / f_y gousset = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u gousset = 360 [MPa]

Éléments d'assemblage Boulons

M12

Classe Boulons 8.8

Ø boulon d = 12 [mm]

Ø trou d₀ = 13 [mm]

A = 113,0 [mm²]

A_s = 84,3 [mm²]

Nbre de boulons ? 3

Cisaillement sur partie fileté ? ☒ Oui ☐ Non

1,2 d₀ = 15,6 [mm] ≤ e₁ = 50 [mm] ≤ 4t + 40 mm = 56 [mm]

1,2 d₀ = 15,6 [mm] ≤ e₂ = 44 [mm] ≤ 4t + 40 mm = 56 [mm]

2,2 d₀ = 28,6 [mm] ≤ p₁ = 35 [mm] ≤ Min(14t; 200 mm) = 56 [mm]

choix p₁

A_{nt} = 76 [mm²]

A_{nv} = 700 [mm²] choix A_{nv}

Plat 120 ép.4

3 x 2 Boulons HM 12

Effort excentré ? ☐ Oui ☒ Non

RÉSULTATS

N_{pl,Rd} = 112 800,00 [N] = 112,80 [kN]

N_{u,Rd} = 97 459,20 [N] = 97,46 [kN]

V_{eff,1,Rd} = 116 862,12 [N] = 116,86 [kN]

F_{b,Rd} = 22 375,38 [N] = 22,38 [kN]

3 x 2 Bls 134 252,31 [N] = 134,25 [kN]

F_{v,Rd} = 32 371,20 [N] = 32,37 [kN]

3x2 N_{Ed} = 194 227,20 [N] = 194,23 [kN]

B_{p,Rd} = 42 104,78 [N] = 42,10 [kN]

3 x 2 Bls 252 628,69 [N] = 252,63 [kN]

Q11 : Les contraintes f_y et f_u étant imposées par les caractéristiques de l'acier du plat, indiquez comment il est possible d'augmenter A_{nt} et A_{nv} .

Q12 : En conservant $e_1 = 16 \text{ mm}$ et $p_1 = 30 \text{ mm}$, donnez le nombre de boulons minimum nécessaire pour que $V_{eff,1,Rd}$ soit supérieur à $N_{u,Rd}$
 Pour cela, vous ferez varier le nombre de boulons dans l'onglet (CaracResultats) en conservant des boulons HM12 6.8

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAE ou Plat 120 ép.2,3,4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler

Plat 120 ép.4 Plat 120 ép.4

$a = 120 \text{ [mm]}$ $1,2 d_0 = 15,6 \text{ [mm]} \leq e_1 = 16 \text{ [mm]} \leq 4t + 40 \text{ mm} = 56 \text{ [mm]}$

$e = t = 4 \text{ [mm]}$ $1,2 d_0 = 15,6 \text{ [mm]} \leq e_2 = 44 \text{ [mm]} \leq 4t + 40 \text{ mm} = 56 \text{ [mm]}$

$A = 480 \text{ [mm}^2\text{]}$ $2,2 d_0 = 28,6 \text{ [mm]} \leq p_1 = 30 \text{ [mm]} \leq \text{Min}(14t; 200 \text{ mm}) = 56 \text{ [mm]}$

$A_{nette} = 376 \text{ [mm}^2\text{]}$

Acier Plat / f_y plat = 235 [MPa] $A_{nt} = 76 \text{ [mm}^2\text{]}$

Acier Plat / f_u plat = 360 [MPa] $A_{nv} = 620 \text{ [mm}^2\text{]}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

1 plan de cisaillement

Plat/Gousset épaisseur = 6 [mm]

Acier Plat / f_y gousset = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u gousset = 360 [MPa]

Éléments d'assemblage Boulons M12 Classe Boulons 6.8

\varnothing boulon $d = 12 \text{ [mm]}$ $f_{yb} = 480 \text{ [MPa]}$

\varnothing trou $d_0 = 13 \text{ [mm]}$ $f_{ub} = 600 \text{ [MPa]}$

$A = 113,0 \text{ [mm}^2\text{]}$

$A_s = 84,3 \text{ [mm}^2\text{]}$

Nbre de boulons ? 5

Cisaillement sur partie filetée ? ☒ Oui ☐ Non

Effort excentré ? ☐ Oui ☒ Non

RÉSULTATS

$N_{pl,Rd} = 112\,800,00 \text{ [N]} = 112,80 \text{ [kN]}$
$N_{u,Rd} = 97\,459,20 \text{ [N]} = 97,46 \text{ [kN]}$
$V_{eff,1,Rd} = 106\,007,93 \text{ [N]} = 106,01 \text{ [kN]}$
$F_{b,Rd} = 14\,178,46 \text{ [N]} = 14,18 \text{ [kN]}$
5 x 2 Bls $141\,784,62 \text{ [N]} = 141,78 \text{ [kN]}$
$F_{v,Rd} = 20\,232,00 \text{ [N]} = 20,23 \text{ [kN]}$
5x2 $N_{Ed} = 202\,320,00 \text{ [N]} = 202,32 \text{ [kN]}$
$B_{p,Rd} = 42\,104,78 \text{ [N]} = 42,10 \text{ [kN]}$
5 x 2 Bls $421\,047,81 \text{ [N]} = 421,05 \text{ [kN]}$

Q13 : En conservant deux boulons HM12 6.8, donnez de nouvelles valeurs de p_1 et e_1 pour que $V_{eff,1,Rd}$ soit supérieur à $F_{v,Rd}$. Donnez la valeur de A_{nv} .

ASSEMBLAGE Cornière à Ailes Égales - CAE ou Plat 120 ép.2,3,4 ou 5 sur gousset par Boulon(s)

CARACTÉRISTIQUES / DONNÉES

Pièces à assembler

Plat 120 ép.4 Plat 120 ép.4

$a = 120 \text{ [mm]}$ $1,2 d_0 = 15,6 \text{ [mm]} \leq e_1 = 40 \text{ [mm]} \leq 4t + 40 \text{ mm} = 56 \text{ [mm]}$

$e = t = 4 \text{ [mm]}$ $1,2 d_0 = 15,6 \text{ [mm]} \leq e_2 = 44 \text{ [mm]} \leq 4t + 40 \text{ mm} = 56 \text{ [mm]}$

$A = 480 \text{ [mm}^2\text{]}$ $2,2 d_0 = 28,6 \text{ [mm]} \leq p_1 = 40 \text{ [mm]} \leq \text{Min}(14t; 200 \text{ mm}) = 56 \text{ [mm]}$

$A_{nette} = 376 \text{ [mm}^2\text{]}$

Acier Plat / f_y plat = 235 [MPa] $A_{nt} = 76 \text{ [mm}^2\text{]}$

Acier Plat / f_u plat = 360 [MPa] $A_{nv} = 700 \text{ [mm}^2\text{]}$

$\gamma_{M0} = 1,0$

$\gamma_{M2} = 1,25$

1 plan de cisaillement

Plat/Gousset épaisseur = 6 [mm]

Acier Plat / f_y gousset = 235 [MPa]

Acier Plat / f_u gousset = 360 [MPa]

Éléments d'assemblage Boulons M12 Classe Boulons 6.8

\varnothing boulon $d = 12 \text{ [mm]}$ $f_{yb} = 480 \text{ [MPa]}$

\varnothing trou $d_0 = 13 \text{ [mm]}$ $f_{ub} = 600 \text{ [MPa]}$

$A = 113,0 \text{ [mm}^2\text{]}$

$A_s = 84,3 \text{ [mm}^2\text{]}$

Nbre de boulons ? 3

Cisaillement sur partie filetée ? ☒ Oui ☐ Non

Effort excentré ? ☐ Oui ☒ Non

RÉSULTATS

$N_{pl,Rd} = 112\,800,00 \text{ [N]} = 112,80 \text{ [kN]}$
$N_{u,Rd} = 97\,459,20 \text{ [N]} = 97,46 \text{ [kN]}$
$V_{eff,1,Rd} = 116\,862,12 \text{ [N]} = 116,86 \text{ [kN]}$
$F_{b,Rd} = 26\,806,15 \text{ [N]} = 26,81 \text{ [kN]}$
3 x 2 Bls $160\,836,92 \text{ [N]} = 160,84 \text{ [kN]}$
$F_{v,Rd} = 20\,232,00 \text{ [N]} = 20,23 \text{ [kN]}$
3x2 $N_{Ed} = 121\,392,00 \text{ [N]} = 121,39 \text{ [kN]}$
$B_{p,Rd} = 42\,104,78 \text{ [N]} = 42,10 \text{ [kN]}$
3 x 2 Bls $252\,628,69 \text{ [N]} = 252,63 \text{ [kN]}$

Q14 : Concluez quant à la possibilité d'utiliser ce plat. Vous donnerez vos choix et modifications éventuelles.

Modification de la solution existante : Réalisation et validation

Afin de diminuer les incertitudes provenant de plusieurs sources, l'essai sera réalisé deux fois avec deux éprouvettes.

Q15 : Ouvrez le fichier Tekla Structures « CCT ABBADIE plat 120x4 2x3bls » et modifiez les attaches correspondantes avec vos résultats.

Q16 : Produisez, avec votre fichier Tekla Structures, les dessins de définition du plat et du gousset avec vos nouvelles valeurs de e_1 et p_1 .

Q17 : Réalisez les perçages sur un tronçon de plat de 400 mm ainsi que sur les deux goussets. Répétez cette dernière opération pour pouvoir réaliser le deuxième essai.

Q18 : Effectuez un nouvel essai de traction pour vérifier que les boulons cèdent ou le plat cède bien en section nette.

Répétez cette dernière opération pour pouvoir réaliser le deuxième essai.

En effectuant une moyenne avec les deux valeurs obtenues, donnez la valeur maximale de rupture relevée pour la comparer à la valeur théorique.