

**BREVET DE TECHNICIEN
SUPÉRIEUR

CONSTRUCTION NAVALE**

SESSION 2016

ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

Sous-épreuve U42 : Étude d'un élément du navire

Durée : 4 heures

Coefficient 2,5

Calculatrice électronique de poche – y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout autre matériel électronique est interdit.

Tout document autorisé.

Documents à rendre avec la copie .:

Les documents – réponse 2, 6 et 8 sont à rendre avec la copie même s'ils ne sont pas complétés.

BTS Construction Navale	Session 2016
Sous-épreuve U42 Conception d'un élément	CNE4CE

ÉTUDE D'UN MONTE-CHARGE SUR UN NAVIRE MIXTE DE RAVITAILLEMENT
ET DE RECHERCHE OCÉANOGRAPHIQUE

Le sujet comporte **3 parties indépendantes** :

- | | |
|---|----------|
| 1. Étude du monte-charge | / 16 pts |
| 2. Étude de structure de la cloison C43 | / 19 pts |
| 3. Conception du support du pied de vérin | / 15 pts |

Composition du sujet :

		Format
Texte du sujet : feuilles jaunes	<i>Pages 1/6 à 6/6</i>	A4
Documents techniques et réponses : feuilles blanches.		
▪ Implantation et description du monte-charge	<i>Document 1 pages 1/2 et 2/2</i>	A4
▪ Monte-charge avec cheminement des câbles	<u><i>Document réponse 2</i></u>	A3
▪ Plan de structure cloison C43	<i>Document 3</i>	A3
▪ Sections des raidisseurs de la cloison C43	<i>Document 4</i>	A4
▪ Modélisation de l'action de la plateforme	<i>Document 5</i>	A4
▪ Modélisation des actions des poulies et points d'accrochage	<u><i>Document réponse 6</i></u>	A4
▪ Modèle et résultats CAO dans la cloison C43	<i>Document 7 pages 1/2 et 2/2</i>	A4
▪ Plan du support de pied de vérin	<u><i>Document réponse 8</i></u>	A3

Documents à rendre :

Les documents réponse 2, 6 et 8 sont à rendre même s'ils ne sont pas complétés.

Notes aux candidats :

- Les 3 parties d'étude sont indépendantes.
- Des résultats intermédiaires en gras sont donnés dans la partie 1, permettant de passer directement à la question 1.7
- Les 4 parties 2.1 à 2.4 de la partie 2 sont indépendantes.

Présentation (voir document 1)

Le support de l'étude est l'implantation d'un nouveau monte-charge sur un navire mixte de ravitaillement et de recherche océanographique, dans le cadre d'un refit important du navire en photo ci-dessous.



L'ensemble monte-charge (voir document 1 page 1/2) est fourni par une entreprise spécialisée dans les systèmes mécaniques embarqués sur les navires. Celui-ci est implanté sur la cloison C43 afin de transférer une charge entre les ponts E et F. Les axes x, y et z représentent respectivement : l'axe longitudinal du navire (vers l'avant), l'axe transversal du navire (vers bâbord) et l'axe vertical (vers le haut). Une rambarde antichute non représentée se situe à l'intersection de la cloison C43 et du pont F.

L'ensemble monte-charge est constitué (voir document 1 page 2/2) :

- d'une plateforme de chargement permettant de transférer la charge entre les ponts E et F
- de 2 montants verticaux implantés sur la cloison C43 assurant le guidage de la plateforme
- de 2 bloqueurs assurant l'immobilisation de la plateforme en position haute
- d'un vérin hydraulique permettant la montée et la descente de la charge
- d'un système de 2 câbles 1 et 2 avec poulies (P1 à P8) transmettant le mouvement entre le vérin et la plateforme. Un système de moufle 4 brins permet de réduire la course du vérin. Les extrémités des câbles sont accrochées aux points A1 à A4.

Données générales:

- la charge maximale utile (CMU) est de 500 kg.
- La masse à vide de la plateforme est de 256 kg.
- Un coefficient de sécurité de 2 est appliqué sur les forces (forces multipliées par 2).
- Toute la structure est en acier S235, on admet une contrainte maximale admissible définie règlementairement : $\sigma_d = 192 \text{ MPa}$. Critère de résistance de Von-Mises.
- Aux forces statiques (poids), il faut ajouter les forces dynamiques dues aux mouvements de tangage, de roulis et aux chocs dans les vagues. Un calcul règlementaire nous donne les résultats suivants :
 - Accélération suivant x : $\gamma_x = 0,25.g$
 - Accélération suivant y : $\gamma_y = 0,47.g$
 - Accélération suivant -z (en plus du poids) : $\gamma_z = 0,2.g$
 où g est l'accélération de la pesanteur et vaut $9,81 \text{ m/s}^2$. Les forces dynamiques sont alors de la forme $F = m \cdot \gamma$ avec F en Newton, m en kg et γ en m/s^2 .

Toutes les forces seront exprimées en KN à 0,1 KN près, les moments seront exprimés en KN.m à 0,1 KN.m près.

1. Étude du monte charge (voir documents 1 et 2)

Dans cette étude, on se propose de réaliser l'étude mécanique des câbles et du vérin du monte-charge.

1.1. Définir la course de la plateforme.

1.2. Surligner sur le document réponse 2 et sur les vues transversales et horizontales :

1.2.1. sur le plan de la plateforme en position basse, le cheminement du câble 1 en rouge.

1.2.2. sur le plan de la plateforme en position haute, le cheminement du câble 2 en bleu.

1.3. Parmi les poulies P1 à P8, quelles sont celles qui doivent être doubles (à 2 réas) ?

1.4. Calcul de la tension T dans les câbles 1 et 2.

On admet que la charge maxi de 500 kg posée sur la plateforme est centrée en y , la tension T dans les 2 câbles est donc identique.

1.4.1. Calculer le poids P (charge statique) de l'ensemble charge+plateforme.

1.4.2. Calculer la force dynamique de l'ensemble charge+plateforme suivant $-z$

1.4.3. Calculer alors la force totale pondérée Q de l'ensemble charge+plateforme en tenant compte de la force dynamique et du coefficient de sécurité de 2.

1.4.4. En déduire la tension T dans les câbles 1 et 2.

1.5. Justifier le fait que la force F dans le vérin est telle que $F=8.T$. Calculer F .

1.6. Définir la course C du vérin en mm.

Pour la suite du problème on admettra les résultats suivants :

- Charge F dans le vérin : **71,2 KN**
- Course C du vérin : **585 mm.**

De plus, on donne :

- Durée de montée de la charge : 15 s.
- Pression hydraulique maximale 150 bars.
- Diamètre de tige du vérin 90 mm.

1.7. Pour soulever la charge, le vérin travaille-t-il en tirant ou en poussant ?

1.8. Déterminer le diamètre D du piston du vérin en mm permettant d'exercer la charge F .

1.9. Calculer le débit q en l/mn de la pompe hydraulique alimentant le vérin.

1.10. Le vérin est piloté par un distributeur 5/3, la position centrée du distributeur permettant de bloquer le vérin. Justifier néanmoins l'utilisation des 2 bloqueurs (voir document 1).

1.11. Calculer la puissance du moteur électrique entraînant la pompe en KW. On admettra un rendement du système de 1, ayant déjà pris un coefficient de sécurité de 2 sur la charge.

2. Étude de structure de la cloison C43 (voir documents 3 à 7)

Une étude de CAO a été menée pour vérifier que la cloison C43 permettait de reprendre les charges dues au monte-charge. Les 2 montants du monte-charge sont intégrés dans le modèle géométrique ainsi que la structure environnante. Nous allons, dans cette partie, analyser la structure de la cloison, modéliser en partie les actions mécaniques et liaisons à appliquer au modèle et interpréter les résultats du calcul.

On donne :

- Action de l'ensemble plateforme avec la charge (suivant $-z$) : $Q = 17,8$ KN
- Tension T dans les câbles : $T = 8,9$ KN

2.1. Analyse de la structure de la cloison C43 (voir documents 3 et 4)

- 2.1.1. Donner l'épaisseur de la cloison C43.
- 2.1.2. Donner l'écartement E des raidisseurs verticaux HP 120x6 soudés sur la cloison.
- 2.1.3. Donner le nombre et la nature des raidisseurs ajoutés sur la cloison pour reprendre les charges du monte-charge. Justifier l'emplacement de ces nouveaux raidisseurs.
- 2.1.4. Définir la Longueur L des raidisseurs verticaux (entre les ponts E et F)
- 2.1.5. Calcul du moment d'inertie I_{Gy} d'un raidisseur HP avec sa tôle associée (voir doc 4).
Règlementairement, la largeur ℓ de bordé associée est $L/5$ sans être supérieure à E. Calculer alors ℓ , puis xG positionnant le centre de surface du raidisseur 1 avec sa tôle associée 2 et enfin I_{Gy} en mm^4 .
- 2.1.6. Montrer alors que les montants du monte-charge ont une raideur à la flexion très supérieure à celle de la cloison (voir doc 4).

2.2. Modélisation de l'action mécanique de l'ensemble plateforme + charge sur les montants (voir document 5)Hypothèses de calcul :

- La liaison de la plateforme avec les 2 montants est modélisée par 2 glissières d'axe z centrées aux points A et B.
- Seul le moment de la force Q par rapport à l'axe $Ay=By$ est à prendre en compte, les autres moments sont négligés.
- Pour des questions de symétrie, les torseurs des actions mécaniques en A et B de la plateforme sur les montants sont considérés identiques et valent donc la moitié du torseur global de l'action mécanique de la plateforme sur les montants. Dans le modèle CAO, l'action de la plateforme sur les montants est alors modélisée par 2 torseurs identiques appliqués aux points A et B notés T_A et T_B .
- Les masses autres que celles de la plateforme et de la charge sont négligées.

On rappelle que les forces sont exprimées en KN à 0,1 KN près, les moments sont exprimés en KN.m à 0,1KN.m près.

- 2.2.1. Calculer les forces dynamiques F_x et F_y de l'ensemble plateforme + Charge.
- 2.2.2. Calculer le moment de la force Q par rapport à l'axe Ay , pour cela :
 - a) Déterminer la distance b de la force Q à l'axe Ay , située au barycentre des masses de la plateforme et de la charge.
 - b) En déduire le moment de la force Q par rapport à l'axe Ay .
- 2.2.3. En isolant l'ensemble plateforme + charge, en déduire les composantes des torseurs $T_A = T_B$.
Attention au signe des différentes composantes des 2 torseurs.

2.3. Modélisation de l'action mécanique des poulies et points d'accrochage sur la structure (voir document 1 page 2/2 et document réponse 6)Hypothèses de calcul :

- Les actions des poulies et des points d'accrochage des câbles sont modélisées par des charges nodales (forces).
- Tous les frottements au niveau des poulies sont négligés : la tension T dans les câbles est donc constante.

On note que l'action d'un câble sur une poulie est la somme vectorielle de la tension aval et de la tension amont.

2.3.1. En isolant la poulie 6 avec un tronçon de câble, montrer à l'aide d'un schéma que l'action de la poulie 6 sur la structure est telle que :

$$F_x = -\sqrt{2}/2.T \quad F_y = (\sqrt{2}/2 - 1).T \quad \text{et} \quad F_z = 0$$

2.3.2. Compléter le tableau du document réponse 6 (valeurs en fonction de T et valeurs numériques).

On remarquera que les poulies P3 et P4 sont doubles et reprennent donc la tension des 2 câbles.

2.4. Analyse du modèle et des résultats du calcul CAO (voir document 7)

La modélisation géométrique de la structure (voir figures 1 et 2 page 1/2) comporte également les 2 montants du monte-charge. Le calcul a été mené dans 3 configurations : plateforme en position basse, plateforme en position intermédiaire milieu et plateforme en position haute. Les 3 configurations donnent des niveaux de contraintes très similaires, la grande raideur des montants changeant peu les résultats au niveau des contraintes dans la structure du navire. Nous analyserons donc uniquement les résultats pour la plateforme en position haute.

On a rentré les actions mécaniques modélisées dans les questions 2.2 et 2.3 ainsi que celle du vérin.

Le calcul a été mené sur 2 modèles :

- Un modèle coque (plaques planes) sur lequel on donne la distribution des contraintes de Von-Mises : figure 3 page 2/2.
- Un modèle poutre sur lequel on donne la distribution des contraintes normales (flexion + traction-compression) : figure 4 page 2/2

2.4.1. Pourquoi le modèle géométrique n'est-il pas limité à la cloison C43 ?

2.4.2. Justifier le blocage des nœuds du modèle sur figure 2 page 1/2

2.4.3. La valeur des contraintes maximales dans les 2 modèles permettent-elles de satisfaire le cahier des charges ? Justifier la position des contraintes maximales dans la structure.

2.4.4. On se propose de simplifier le modèle en tenant compte de la grande rigidité des 2 montants. Pour cela on supprime les 2 montants du modèle géométrique.

- a) Quelles actions mécaniques faut-il supprimer du modèle ?
- b) Quels nœuds faut-il bloquer en plus sur le modèle ?

3. Conception du support de pied de vérin (Voir document 3 et document réponse 8)

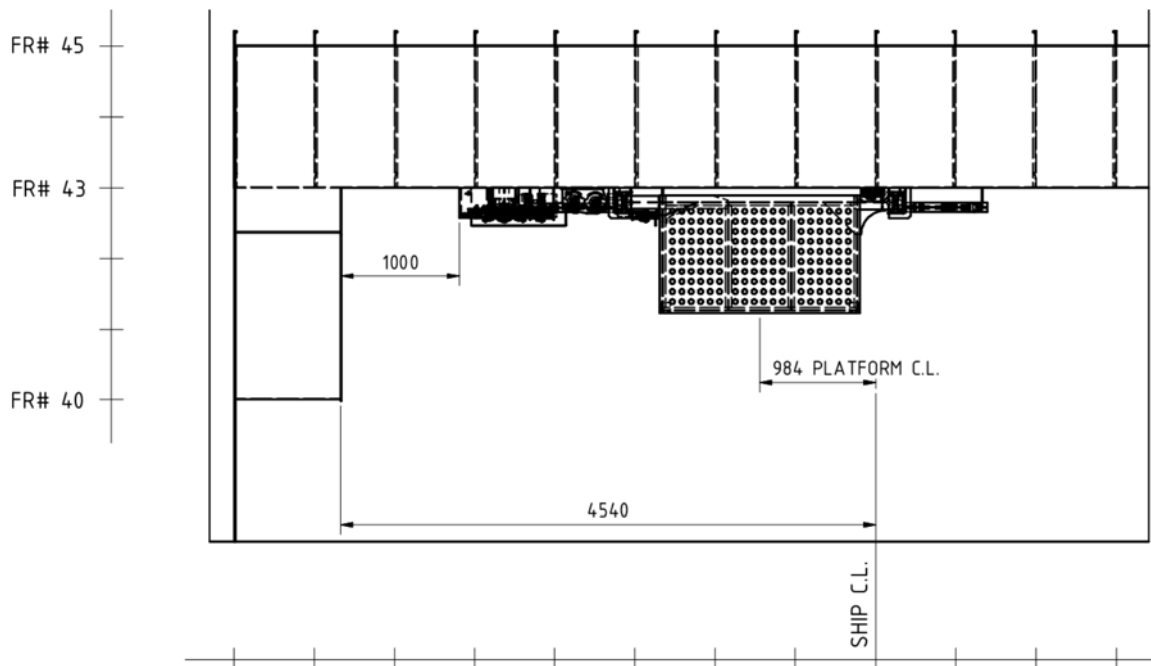
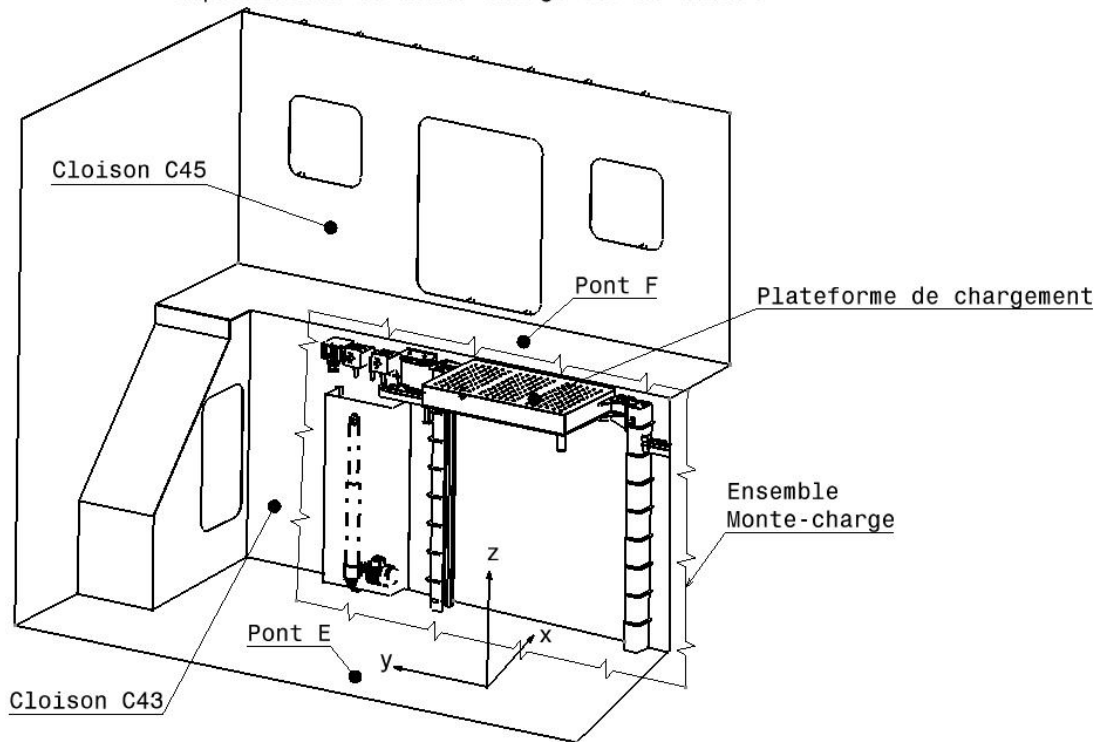
Cahier des charges :

- La liaison du pied de vérin avec la structure est une liaison pivot d'axe y. Une bride située à 1025mm du pont E empêche le basculement du vérin.
- La liaison pivot en chape est réalisée par :
 - Le corps du vérin central d'épaisseur 26 mm
 - 2 flancs latéraux, repris sur la cloison C43 et le pont E, d'épaisseur 15 mm. La distance interne entre les 2 flancs est de 30 mm (jeu axial de 4 mm entre le vérin et les flancs)
 - Un axe de diamètre 32 mm
- Le guidage en rotation est réalisé par un palier monté sur le vérin, l'axe doit donc être fixé sur les flancs par une liaison encastrement démontable. Nous n'étudierons pas cette liaison ici.
- 2 raidisseurs HP de 120x6 sont ajoutés sur la cloison C43, ils sont définis sur le document 3.
- 1 raidisseur transversal (suivant l'axe y) HP 120x6 est à ajouter sous le pont E, position à définir.

On demande de définir les 2 flancs ainsi que le raidisseur sous pont E. Pour cela, répondre aux questions suivantes sur le document réponse 8:

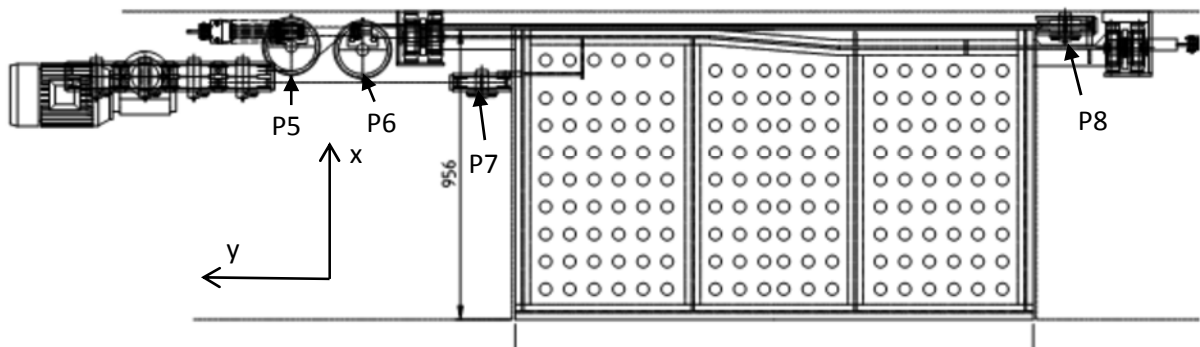
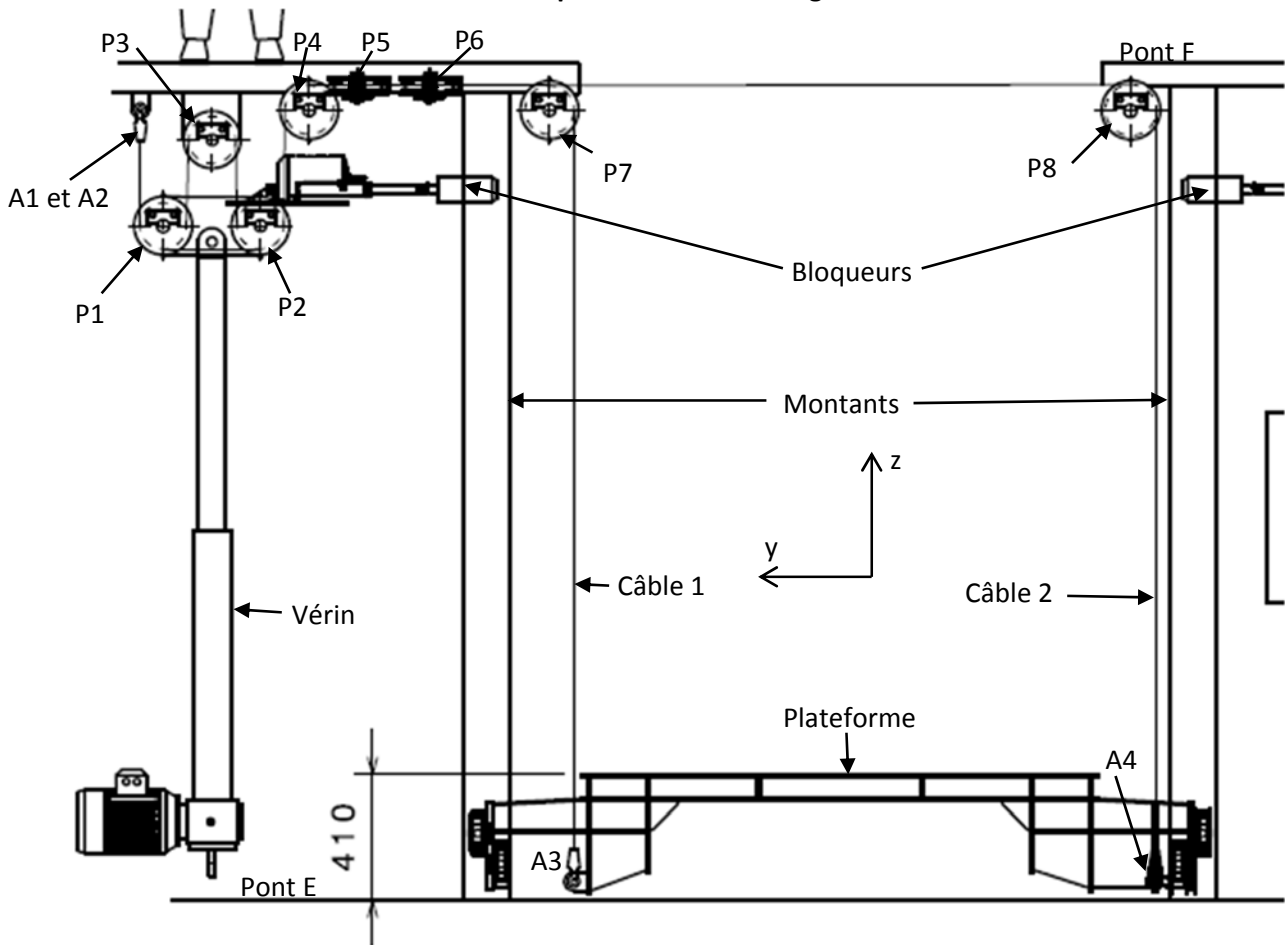
- 3.1.** Pourquoi la liaison du corps du vérin avec la structure est-elle réalisée par une liaison pivot en pied plus une bride et non pas par une seule liaison encastrement en pied ?
- 3.2.** Quelle préparation nécessite les 2 flancs pour leur soudage sur la cloison C43 et le pont E? Justifier votre réponse.
- 3.3.** Pourquoi le bas du raidisseur HP vertical ajouté en avant de la cloison C43 a-t-il une terminaison en soufflet?
- 3.4.** Compléter les 3 vues du document 8.
- 3.5.** Définir toute la cotation dimensionnelle sans tolérance de votre conception.
- 3.6.** Indiquer les soudures des 2 flancs sur la cloison C43 et le pont E.

Implantation du monte-charge sur le navire

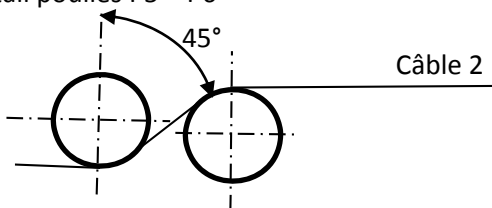


Vue de dessus avec l'implantation du monte-charge

Description du monte-charge

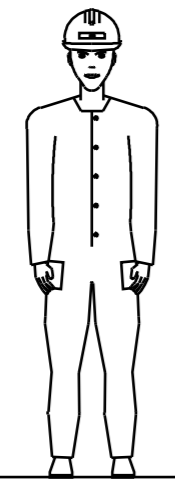


Détail poulies P5 – P6



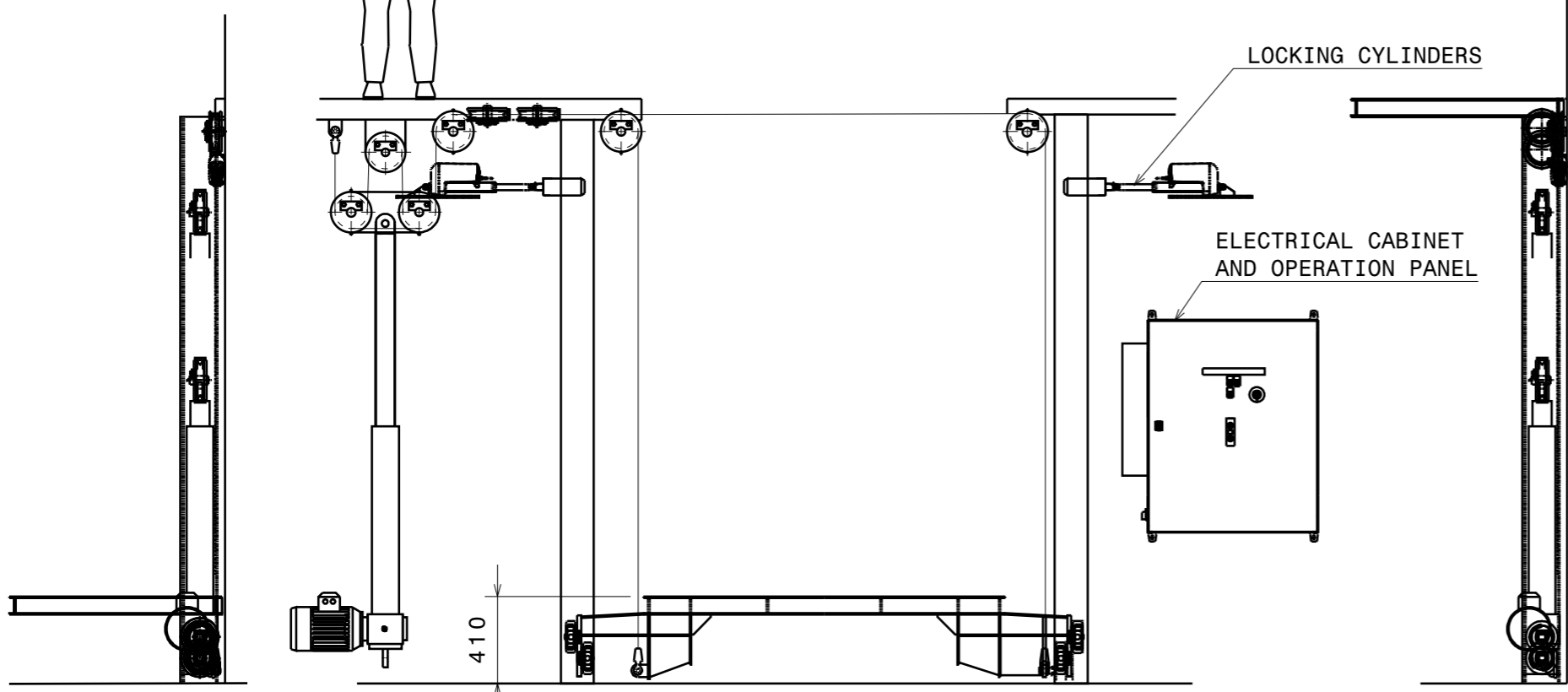
H G F E D C B A

4

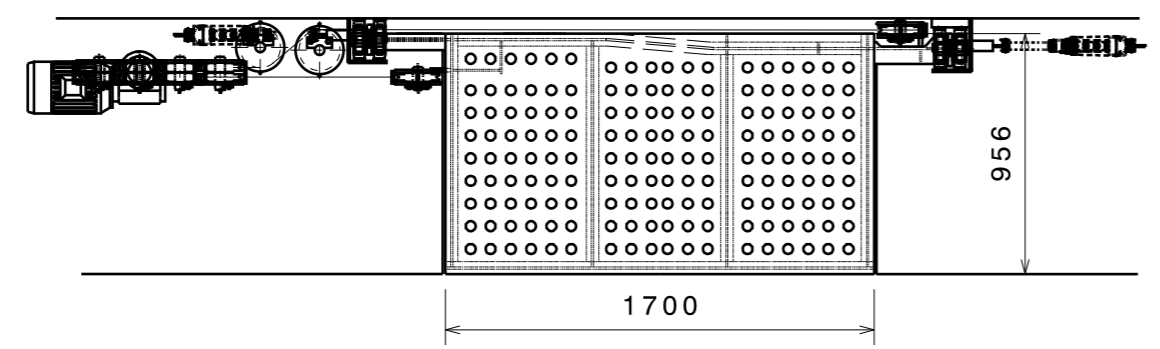


UPPER OPERATION CHANEL

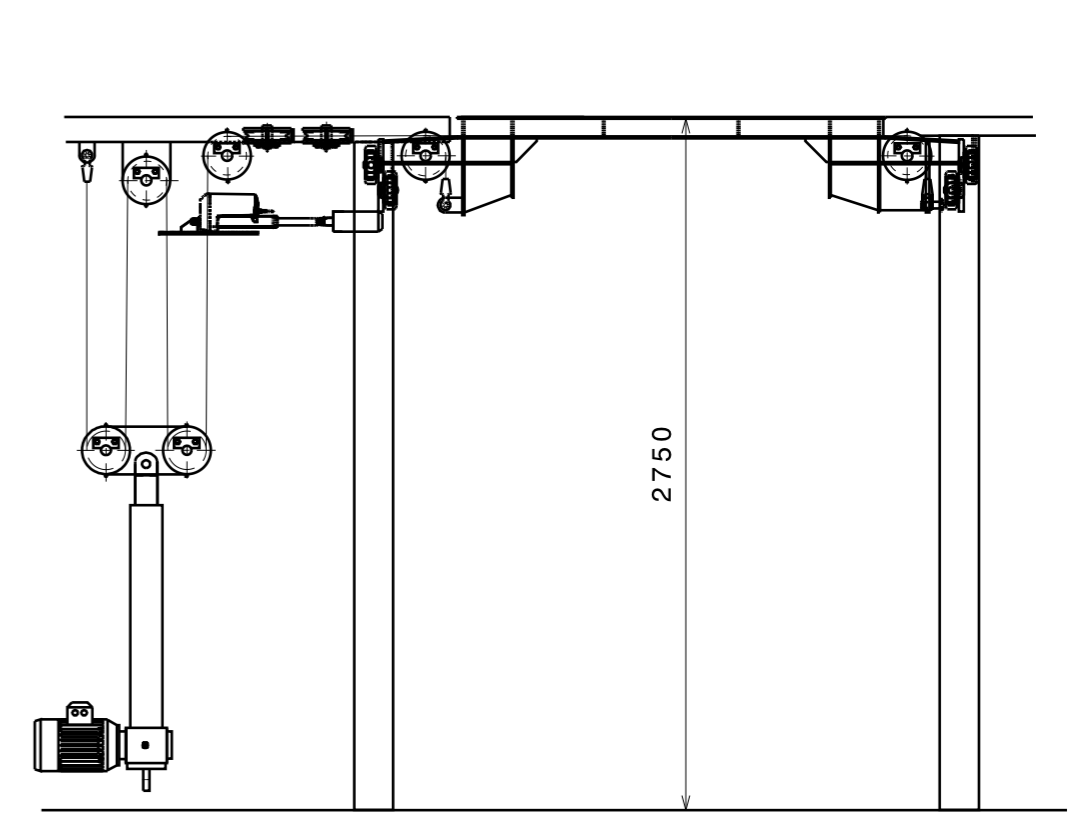
Question 1.2.1
Cheminement du câble 1



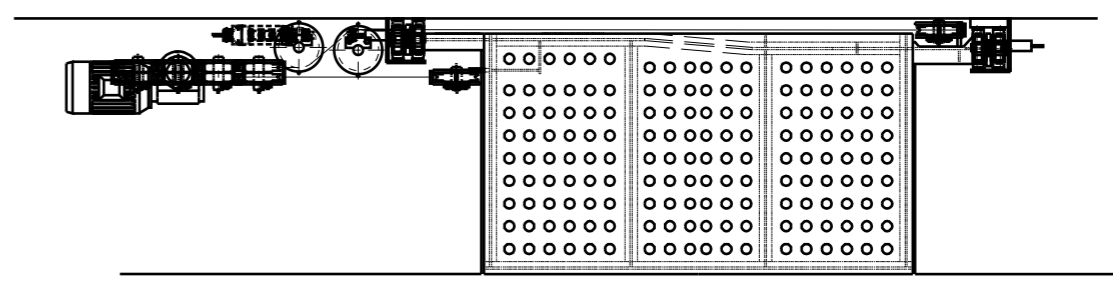
Plateforme en position basse



Question 1.2.2
Cheminement du câble 2



Plateforme en position haute



4

3

2

2

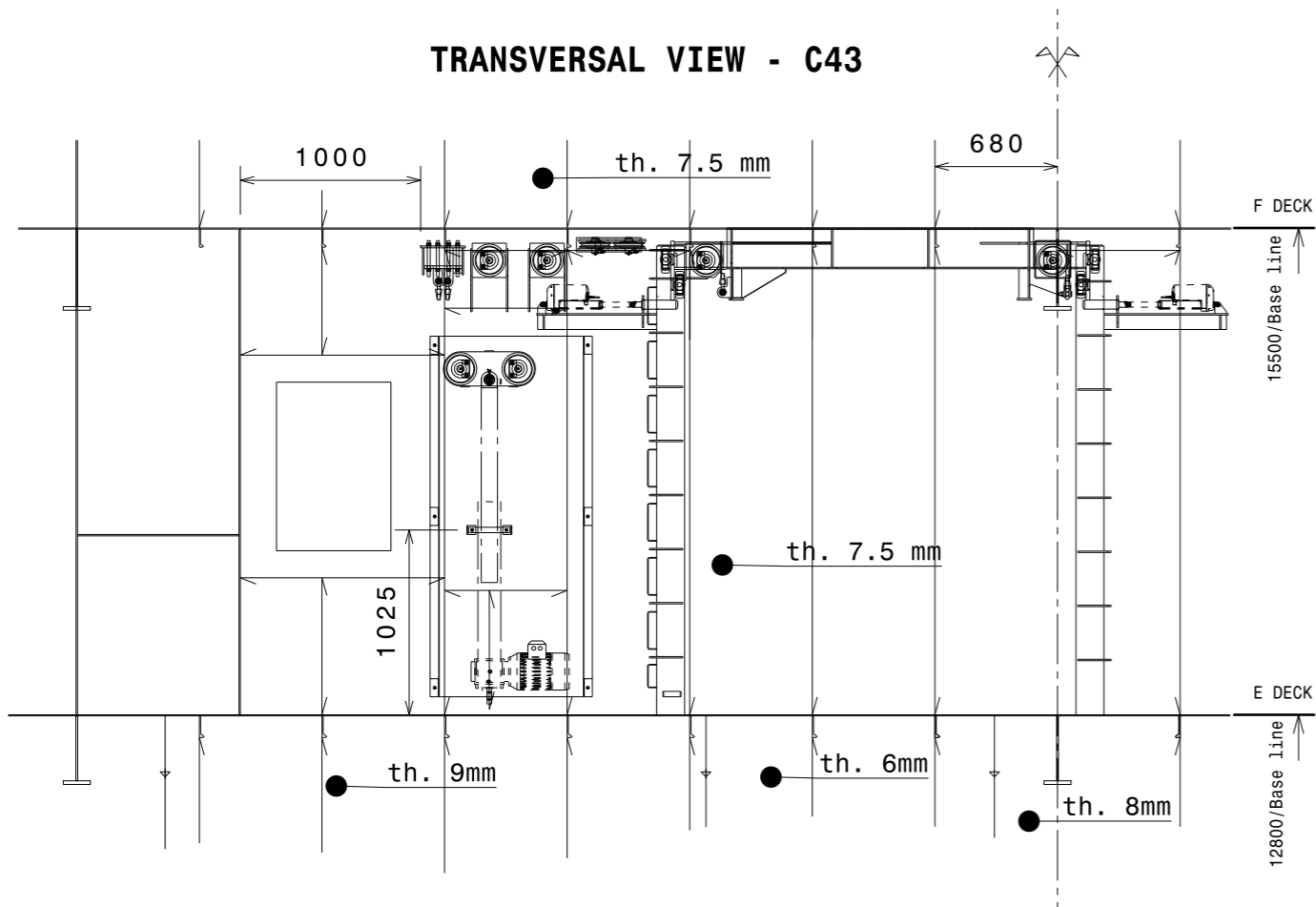
1

1

H G B A CNE4CE

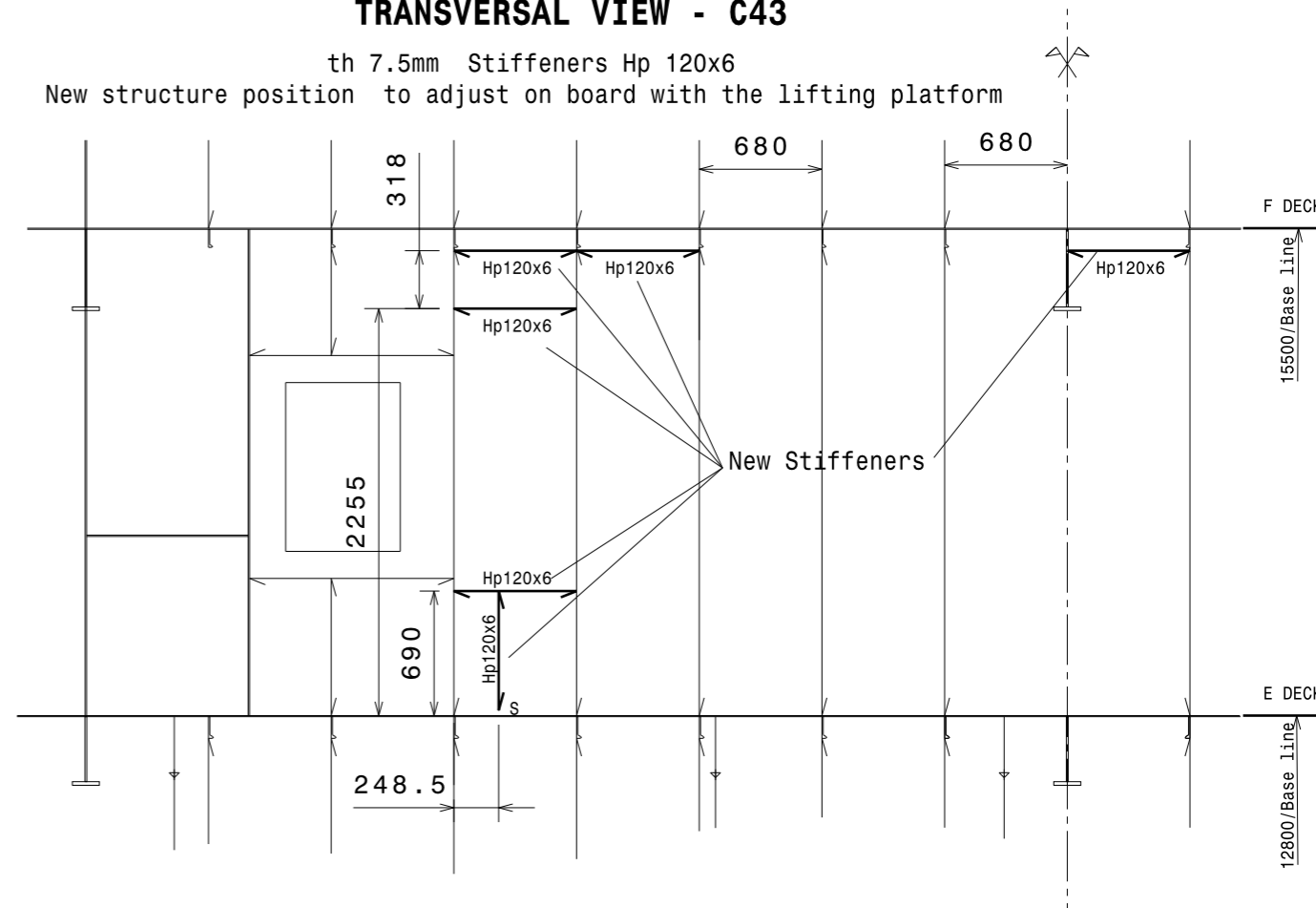
ÉPREUVE U42		Monte-charge Cheminement des câbles		G	-
DATE: Session 2016				F	-
SIZE A3		BTS Construction Navale		E	-
SCALE 1:30				D	-
WEIGHT (kg)	DRAWING NUMBER	Document réponse 2		C	-
				B	-
				A	-

TRANSVERSAL VIEW - C43

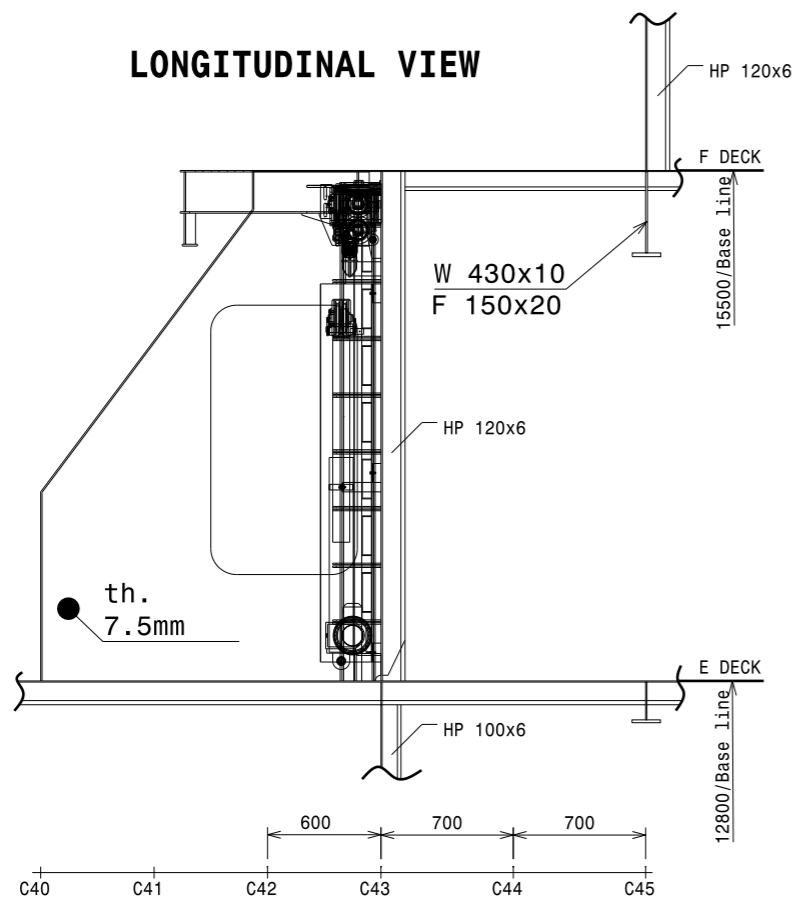


TRANSVERSAL VIEW - C43

th 7.5mm Stiffeners Hp 120x6
New structure position to adjust on board with the lifting platform



LONGITUDINAL VIEW



NOTA:

The manufacturer shall apply the fabrication good practices and the requirements in the regulations and standards listed below.

MATERIAL

Steel grade according to EN 10025 : S235 JR

GENERAL TOLERANCES

Welding - NF EN 13920 & NF E 86-050 Class B
Shipbuilding - IACS REC 47
Surface Ra 3.2 except otherwise specified.

WELD

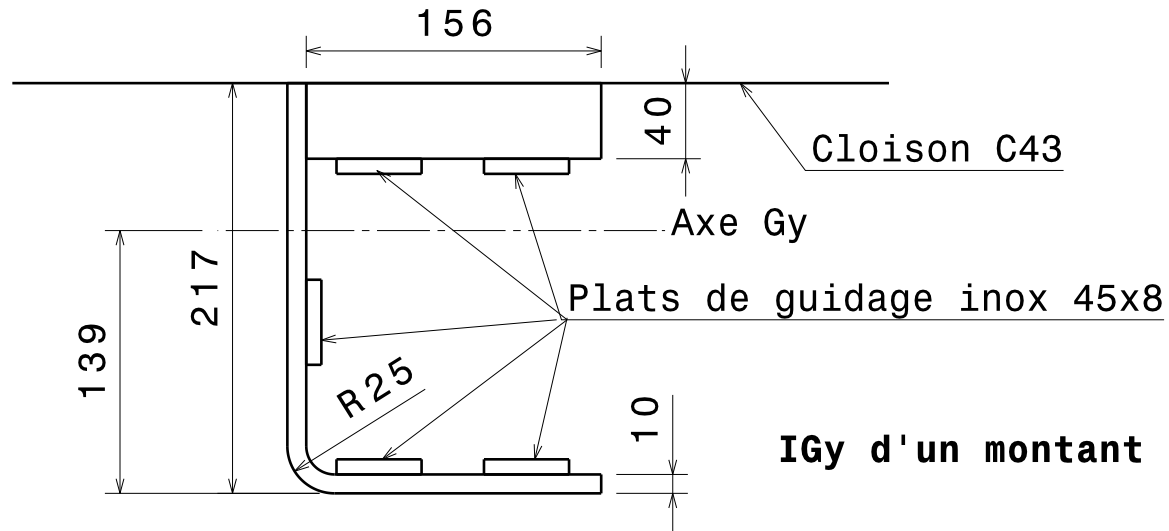
NF EN 52109 - standard quality except otherwise specified.
Continuous weld, a= 0.7 x th. min (5 mm min)
Chamfer and welding preparation to be determined by manufacturer.

MATERIAL PROTECTION

See order specification.

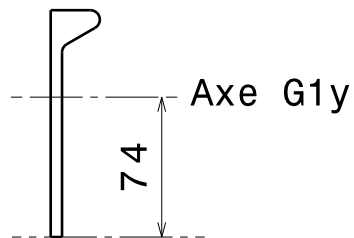
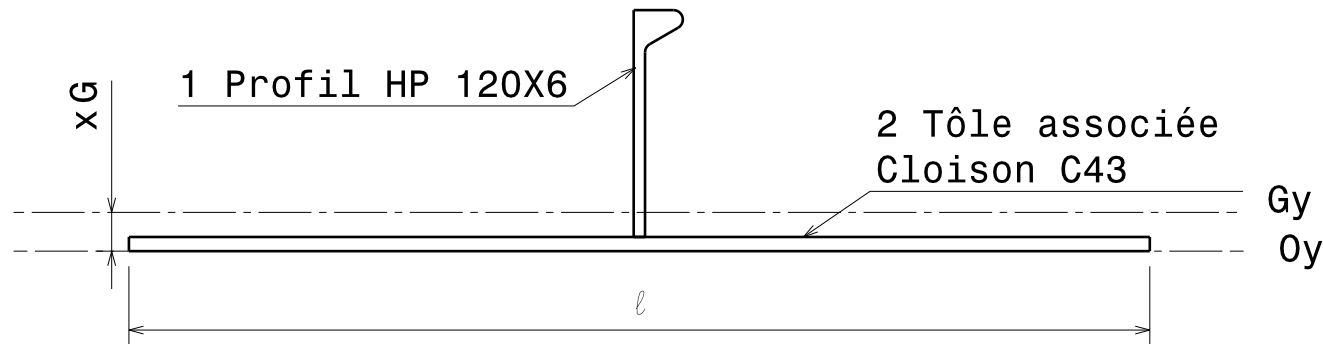
DATE: Session 2016		LIFTING PLATFORM INTEGRATION DETAILED DRAWING		I	-
ÉPREUVE U42				H	-
SIZE A3		BTS Construction Navale		G	-
SCALE 1:40				E	-
WEIGHT (kg)		Document 3		F	-
DRAWING NUMBER				D	-
SHEET				C	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				B	-
				A	-

Section des montants



I_{Gy} d'un montant = $7,33 \cdot 10^7 \text{ mm}^4$

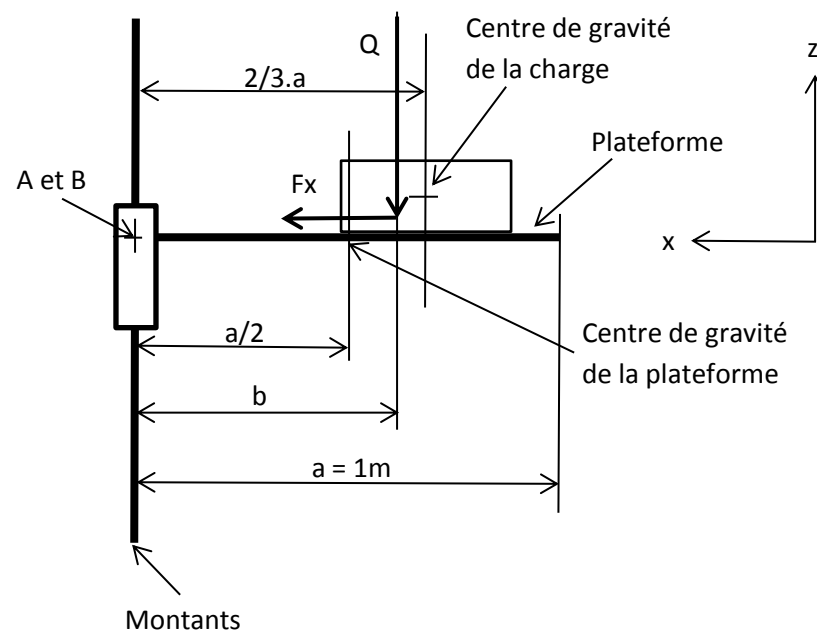
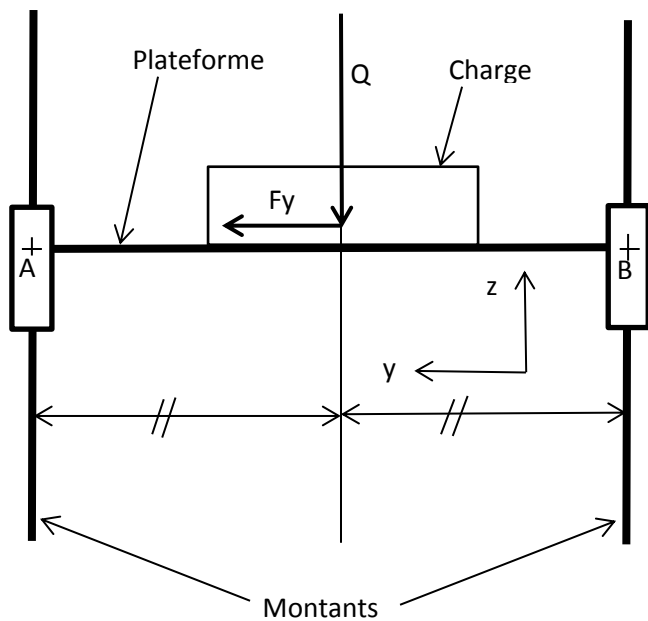
Section raidisseur HP avec tôle associée



Profil HP 120x6
 $S_1 = 988 \text{ mm}^2$
 $I_{1,G1y} = 1,42 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Section des raidisseurs de la cloison C43
 Échelle 1/4

Modélisation de l'action mécanique sur les montants



Largeur de la plateforme $a=1\text{m}$

Centre de gravité de la plateforme au milieu de sa largeur : $a/2$

Centre de gravité de la charge au $2/3$ de a .

Charge centrée en y .

Modélisation des actions mécaniques des poulies et points d'accrochage sur la structure

Les forces sont exprimées en KN - T tension dans les câbles T=8,9 KN

Élément	Fx	Fy	Fz
Poulies			
P3			
P4	0	-2.T	-2.T
	0	-17,8	-17,8
P5			
P6	$-\sqrt{2}/2.T$	$(\sqrt{2}/2-1).T$	0
	-6,3	-2,6	0
P7	0	T	-T
	0	8,9	-8,9
P8			
Points d'accrochage			
A1	0	0	-T
	0	0	-8,9
A2			

Modélisation CAO de la structure au voisinage de la cloison C43

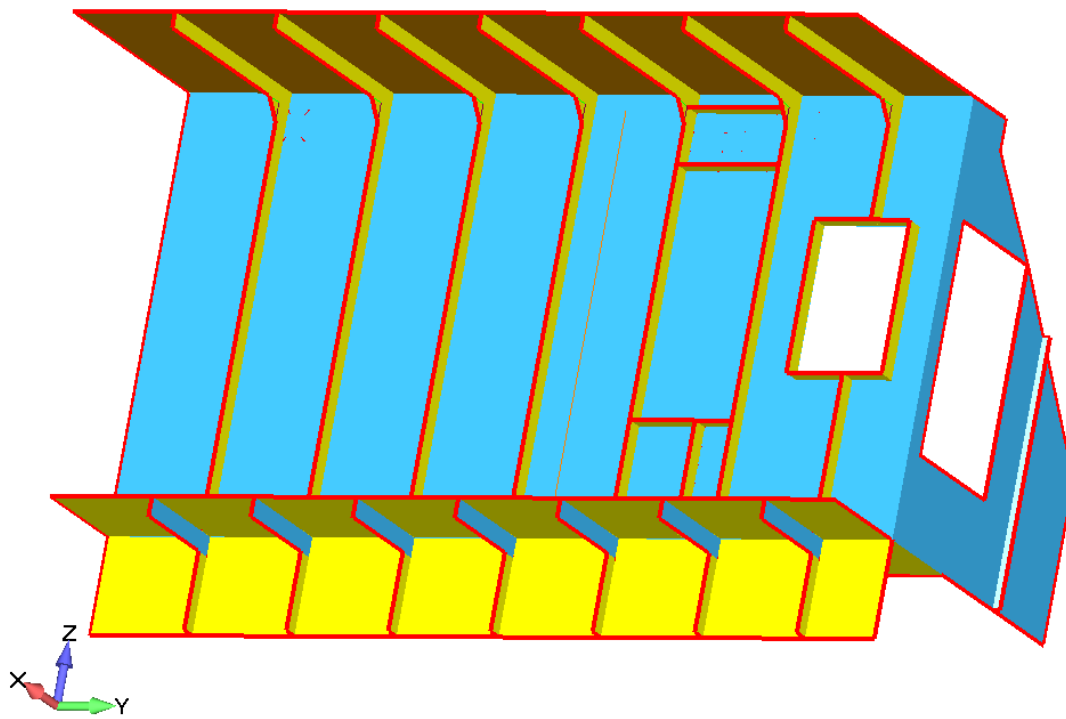
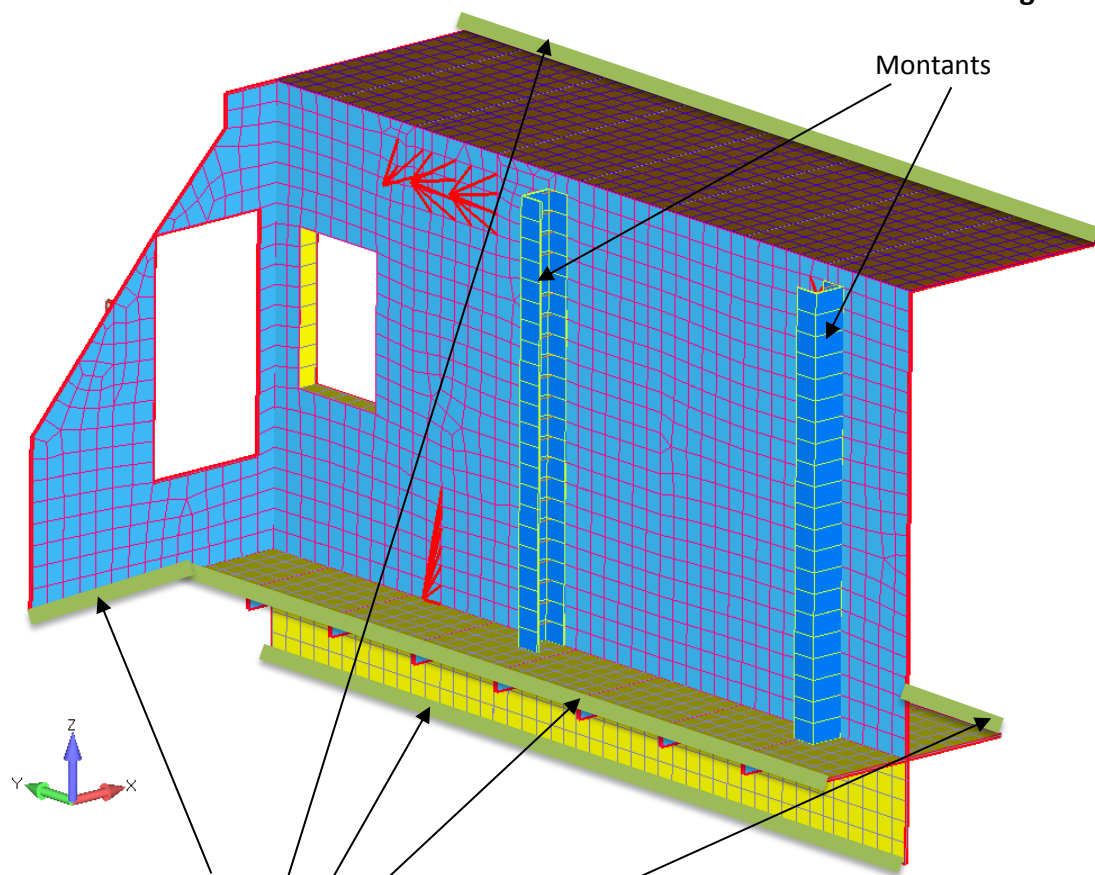


Figure 1

V1
C2

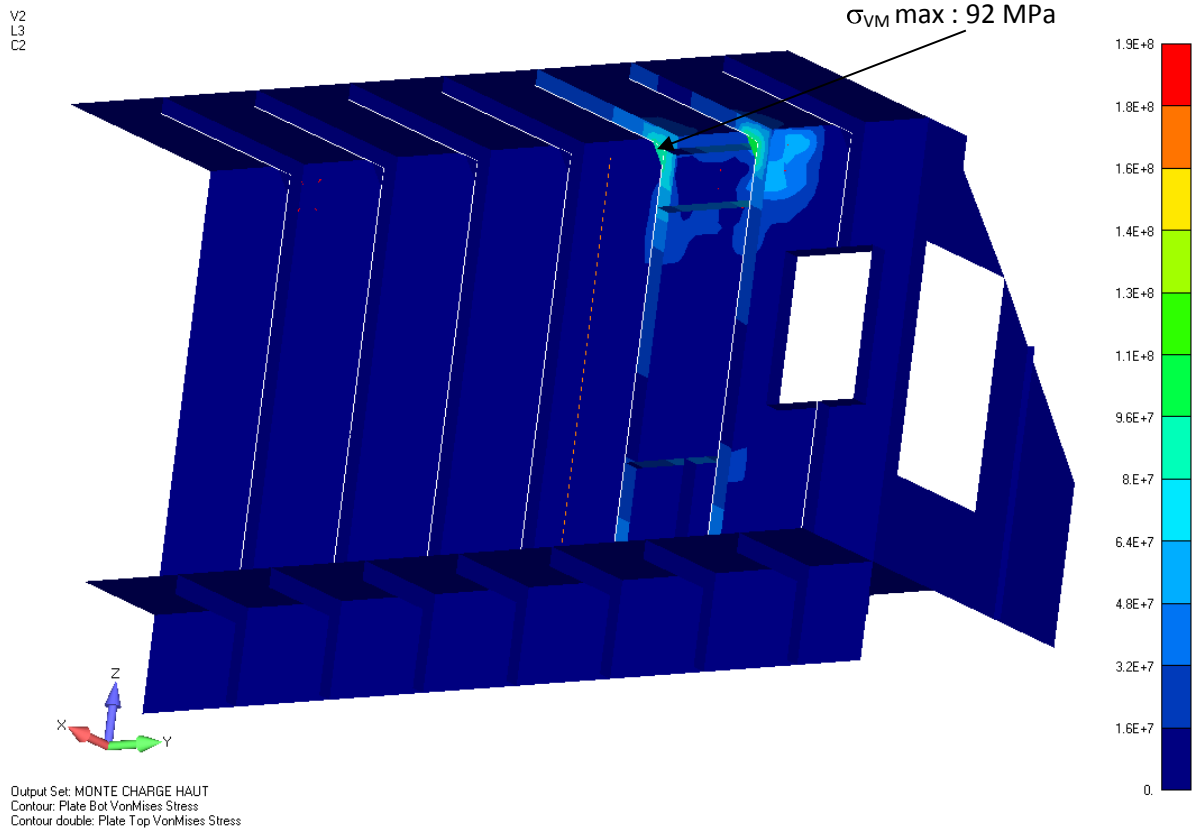


Lignes en vert : nœuds bloqués en Tx,Ty et Tz

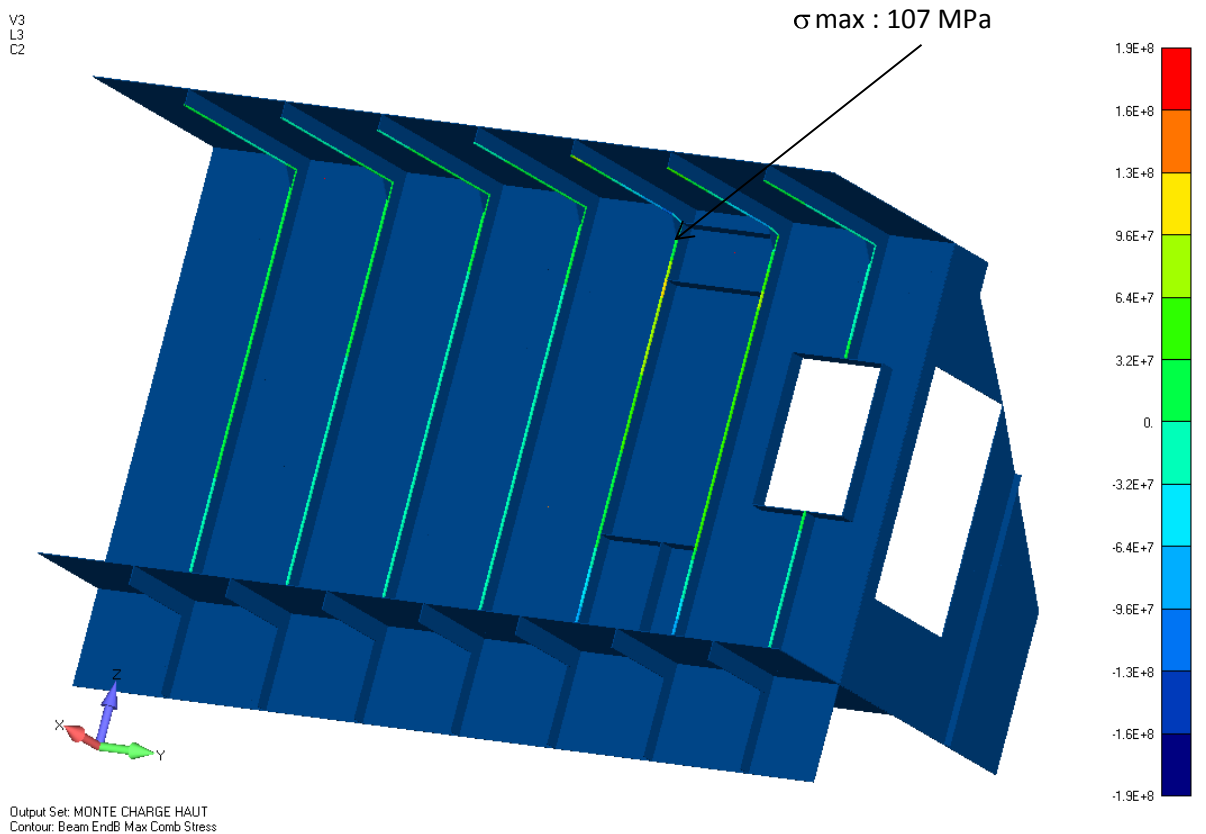
Figure 2

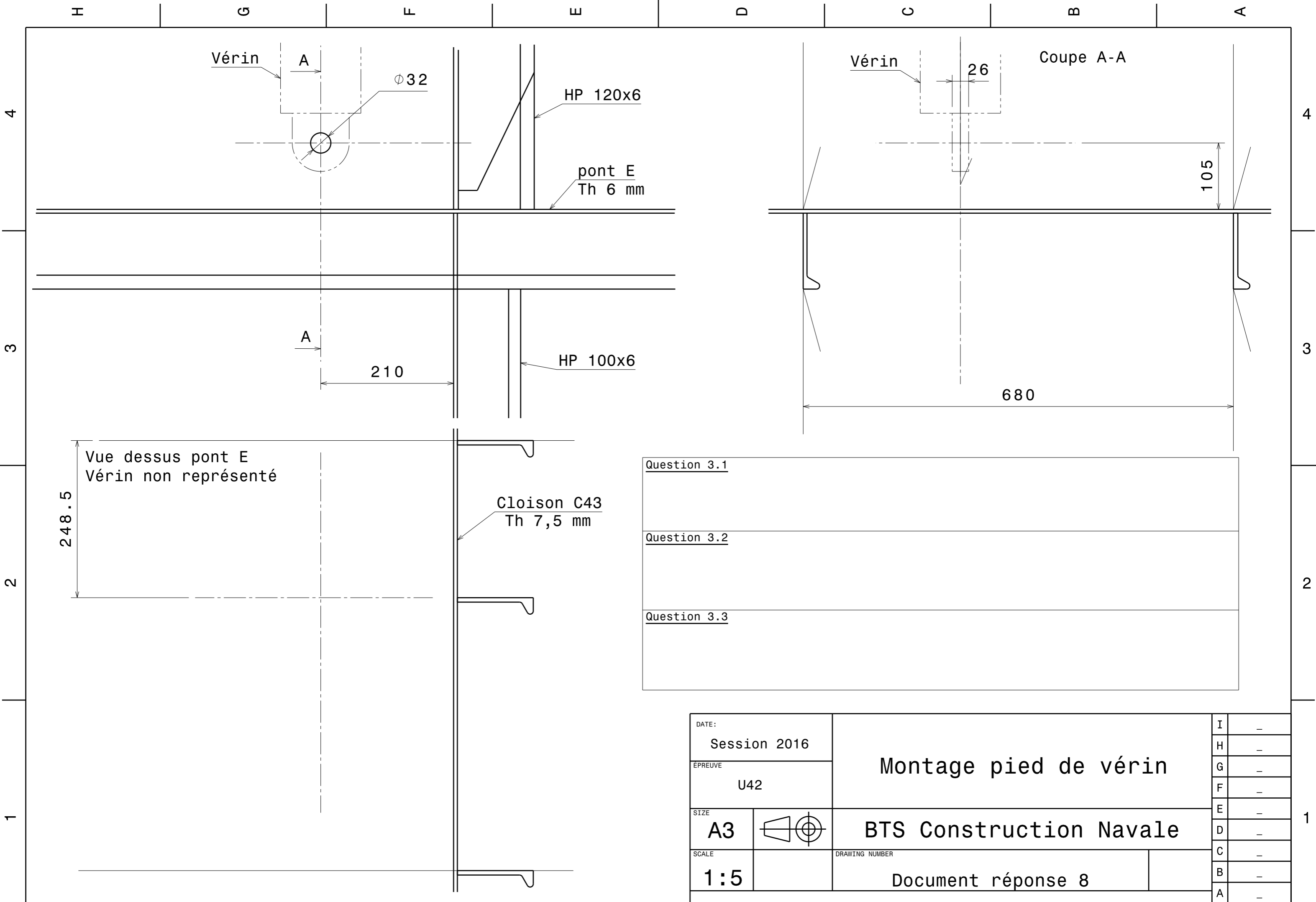
Résultats des contraintes dans le modèle

Contraintes modèle coque – figure 3



Contraintes modèle poutre – figure 4





Question 3.1

Question 3.2

Question 3.3

DATE: Session 2016		Montage pied de vérin	I	-
ÉPREUVE U42			H	-
SIZE A3		BTS Construction Navale	G	-
SCALE 1:5			E	-
DRAWING NUMBER		Document réponse 8	D	-
			C	-
			B	-
			A	-