

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

CONSTRUCTION NAVALE

SESSION 2015

ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

Sous-épreuve U42 : Conception 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 7 et 9 sont à rendre même s'ils ne sont pas complétés.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Le sujet se compose de :

- 5 pages A4 numérotées de 1/5 à 5/5,
- 7 pages A4,
- 2 documents A2 et 1 document A3.

BTS Construction Navale		Session 2015
Sous-épreuve U 42 Conception d'un élément	CNE4CE	

ÉTUDE DES SUPPORTS DE POULIES DU CÂBLE WIDE-TOW D'UN NAVIRE SISMIQUE

Le sujet comporte **4 parties indépendantes** :

- | | |
|---|-----------------|
| 1. Étude des charges sur le câble wide-tow | / 10 pts |
| 2. Analyse du support de la poulie drapeau | / 10 pts |
| 3. Calcul du support de la poulie de renvoi | / 15 pts |
| 4. Conception du support de la poulie de renvoi | / 15pts |

Composition du sujet :

	<i>Pages</i>	Format
Texte du sujet :	<i>Pages 1/5 à 5/5</i>	A4
Documents techniques et réponses :		
▪ Système de mesure du navire	<i>Document 1</i>	A4
▪ Armement pour les câbles wide-tow dans le navire	<i>Document 2</i>	A2
▪ Charges sur le déflecteur	<i>Document 3</i>	A4
▪ Plan du support de la poulie drapeau	<i>Document 4</i>	A2
▪ Plans des poulies drapeau et de renvoi	<i>Document 5 pages 1/2 et 2/2</i>	A4
▪ Section épontille, modèle épontille et formulaire flexion	<i>Document 6</i>	A4
▪ Diagrammes effort tranchant / moment fléchissant	<u><i>Document réponse 7</i></u>	A4
▪ Document technique boulons	<i>Document 8</i>	A4
▪ Plan du support de la poulie de renvoi	<u><i>Document réponse 9</i></u>	A3

Documents à rendre :

Les documents réponse 7 et 9 sont à rendre même s'ils ne sont pas complétés.

Présentation (voir documents 1 et 2)

Un navire sismique est un navire de recherche géophysique. Il a pour objectif l'analyse de la structure géologique des fonds sous-marins, en particulier pour la recherche pétrolière. Ces recherches sont basées sur l'analyse de l'écho, réfléchi par les couches de l'écorce terrestre, d'un signal envoyé proche de la surface par une source sismique à air comprimé.

Pendant la phase d'enregistrement des données, le navire avance à vitesse réduite (5 nds) en entraînant avec lui tout un dispositif de câbles permettant de relier et d'alimenter les différents systèmes au navire :

- Les câbles reliés aux sources (canons à air comprimé) qui envoient une onde sur le fond. Ces câbles maintiennent les sources à 325 m environ du navire.
- Les câbles lead-in reliés aux récepteurs linéaires (streamers). Ces câbles permettent de maintenir la tête des streamers à 450 m à l'arrière du navire. Les streamers ont une longueur de 10 km environ, ils permettent de recevoir l'écho du signal des sources renvoyé par le fond.
- Le câble spread-rope qui permet de maintenir l'écartement entre les streamers grâce à un déflecteur hydrodynamique ou paravanne.
- Le câble wide-tow relié au déflecteur.

Le maintien à flot du dispositif est réalisé par :

- Des flotteurs sur les déflecteurs et en tête des streamers.
- Des foils (ou avions) montés sur les streamers tous les 600m.
- Des flotteurs avec feux en queue des streamers.
- Des flotteurs pour les sources à air comprimé.

Un refit du navire demandant une amélioration des performances par une augmentation du nombre et de la longueur des streamers engendre des charges plus élevées dans les câbles et notamment le câble wide-tow. Il a donc fallu revoir le dimensionnement du câble et des poulies permettant le guidage de celui-ci jusqu'à son treuil.

Le câble wide-tow pénètre dans le navire grâce à une poulie drapeau (poulie orientable) au niveau de la muraille, traverse ensuite le navire entre les ponts 6 et 7 sur toute sa largeur et revient par l'intermédiaire d'une poulie de renvoi sur le treuil (voir document 2).

Le changement des poulies dû à l'augmentation des charges engendre également une re-conception des supports des poulies sur la structure du navire.

Notes aux candidats :

Les 4 parties d'étude sont indépendantes.

Des résultats intermédiaires en gras sont donnés dans la partie 1 et la partie 3.

1. Étude des charges sur le câble wide-tow (voir documents 1 et 3)

Dans cette étude, on se propose de dimensionner le déflecteur et d'évaluer la charge dans le câble wide-tow en phase mesure.

Données et hypothèses :

- On néglige l'inclinaison du câble wide-tow dans un plan vertical, on ramène donc toutes les charges dans le plan horizontal (O,x,y).
- On considère le câble wide-tow parfaitement tendu (on néglige sa flèche).
- La vitesse du navire en phase mesure est de 5 nds.
- On note F1, F2 ,P et T les modules respectifs des charges \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{P} et \vec{T} .
- Pour un bon alignement des streamers, la tension F2 dans le câble spread-rope au niveau du déflecteur passe de 75 kN à 90 kN.
- La portance P du déflecteur (perpendiculaire à l'axe du navire) est donnée par $P = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$, la traînée T (parallèle à l'axe du navire) par $T = \frac{1}{2} \cdot C_T \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$ avec :
 - P et T en N
 - C_p et C_T coefficients de portance et de traînée donnés plus loin
 - ρ masse volumique de l'eau de mer en kg/m^3 , on donne $\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
 - S surface projetée du déflecteur en m^2 définie plus loin
 - V vitesse du navire en m/s
- Les coefficients de portance et de traînée du déflecteur sont respectivement : $C_p = 1,5$ et $C_T = 0,35$.
- Pour un bon rendement hydrodynamique, l'allongement $A_R = H/\ell$ d'une pale du déflecteur est fixé à 8 où H est la hauteur des pales et ℓ la corde.
- Le déflecteur ayant 4 pales identiques, la surface projetée du déflecteur $S = 4 \cdot \ell \cdot H$.

Étude du système en phase mesure : V = 5 nds et F2 = 90 KN (voir document 3)

- 1.1. Calculer l'angle β (voir documents 1 et 3). On considère le câble wide-tow parfaitement tendu.
- 1.2. En traduisant l'équilibre du déflecteur, calculer les charges F1 et F2 en fonction de P et T.
- 1.3. À l'aide de l'équation exprimant F2 en fonction de P et T, en déduire la surface projetée S du déflecteur.

Pour la suite du problème on admet $\beta = 44^\circ$ et $S = 23 \text{ m}^2$. Les charges seront exprimées en KN et définies à 1 KN près.

- 1.4. Calculer la portance P et la traînée T du déflecteur.
- 1.5. Calculer la charge F1 dans le câble wide-tow.
- 1.6. Déterminer la corde ℓ et la hauteur H des pales en m du nouveau déflecteur.

2. Analyse du support de la poulie drapeau (voir documents 4 et 5 page 1/2)

Le support de la poulie drapeau est un système préfabriqué venant s'insérer au niveau de la muraille entre les ponts 6 et 7. Il est principalement constitué (voir document 4):

- D'une plaque support épaisse horizontale
- D'une face avant alignée avec le bordé de muraille
- De 2 faces latérales

2.1. Analyse de l'échantillonnage du support (voir document 4)

- 2.1.1. Relever, sur le document 4, l'épaisseur des tôles de la face avant et de la plaque support.
- 2.1.2. Relever, sur le document 4, l'épaisseur des faces latérales au-dessus et en dessous de la plaque support. Justifier la différence d'épaisseur.
- 2.1.3. Donner la nature des raidisseurs verticaux montés sur les faces latérales.
- 2.1.4. Donner l'épaisseur des raidisseurs soudés sous la plaque support. Définir alors et justifier les préparations nécessaires pour le soudage de ces raidisseurs (*détails 3 et 4*).

2.2. Analyse de la liaison de la poulie avec son support (voir documents 4 et 5 page 1/2)

- 2.2.1. Comment est réalisée la fixation de la poulie sur son support ?
- 2.2.2. Quel est le rôle des 2 butées renforcées par des goussets soudés sur la plaque support ?
- 2.2.3. Justifier la position des 2 butées : choix des 2 faces de mise en butée par rapport aux 4 faces disponibles. On fera un schéma explicatif.

3. Calcul du support de la poulie de renvoi (voir documents 2, 5 page 2/2, 6, 7, 8 et 9)

Dans cette partie nous allons :

- vérifier dans un premier temps que le refit permet de conserver l'épontille existante qui sert de support pour la poulie de renvoi.
- dimensionner ensuite les boulons de fixation de la poulie de renvoi sur son support.

Données et hypothèses :

- Pour déterminer l'action de la poulie de renvoi sur l'épontille, nous nous placerons avec une tension dans le câble wide-tow égale à la charge de rupture de 900 kN, calculée à partir de conditions exceptionnelles de fonctionnement.
- On notera C , le module de la charge \vec{C} exercée par l'ensemble {poulie + support} sur l'épontille.

3.1. Calcul de l'épontille en flexion

- 3.1.1. Calcul des caractéristiques de la section de l'épontille (voir document 6)
 - a) Calculer Y_G , l'ordonnée du centre de surface G (par rapport à l'axe Oz).
 - b) Calculer I_{Gz} , le moment quadratique de la section par rapport à l'axe Gz.
 - c) Calculer W_{Gz} , le module de résistance de la section par rapport à l'axe Gz.

3.1.2. Diagrammes de l'effort tranchant et du moment fléchissant (voir documents 2 et 6)

- Justifier pourquoi nous prendrons comme valeur 1 800 kN, pour la charge C.
- A l'aide du formulaire de flexion (voir document 6), calculer les valeurs de $T_y(x)$ et $M_{fz}(x)$ aux différents nœuds de la poutre puis tracer les diagrammes correspondants en reportant les valeurs calculées (document réponse 7).

Vous donnerez respectivement les valeurs à 0,1 kN ou 0,1 kN.m près.

- Définir les valeurs maxi de $|T_y(x)|$ et de $|M_{fz}(x)|$.

On admettra pour la suite du problème : $|T_{y\max}| = 1\,429,3$ kN et $|M_{fz\max}| = 693,9$ kN.m

On admet que le module de résistance W_{GZ} de la section de l'épontille est de 6470cm^3

3.1.3. Calcul des contraintes maxi

- Calculer la contrainte normale maximale σ_{\max} due au moment fléchissant en MPa.
- Calculer la contrainte tangentielle maximale τ_{\max} due à l'effort tranchant en MPa : on admettra la formule approchée $\tau_{\max} = 1,5 \cdot (T_{y\max}/S_{\hat{a}me})$ où $S_{\hat{a}me}$ représente la section de l'âme du raidisseur.

3.1.4. Vérification de résistance

Le matériau utilisé pour l'épontille est de l'acier S235. La charge de 1800 kN étant déjà surévaluée, on ne prendra pas ici de coefficient de sécurité supplémentaire, nous prendrons : $R_{pe} = R_e$.

- Vérifier la bonne tenue de la poutre à la contrainte normale maxi.
- Conclure sur la condition de résistance pour la contrainte normale. Si celle-ci n'est pas respectée, proposer une modification de l'épontille.
- Vérifier la bonne tenue de la poutre à la contrainte tangentielle maxi, soit : $\tau_{\max} \leq \frac{R_{pe}}{\sqrt{3}}$.
- Conclure sur la condition de résistance pour la contrainte tangentielle. Si celle-ci n'est pas respectée, proposer une modification simple de l'épontille.

3.2. Calcul des boulons de fixation de la poulie sur l'épontille en traction pure (voir documents 5 page 2/2 et 8)

- Définir combien de boulons sont utilisés pour fixer la semelle de la poulie de renvoi sur l'épontille.
- Calculer l'effort de traction dans chaque boulon en faisant l'hypothèse d'une équi-répartition de l'effort.
- Choisir dans la classe de qualité 8.8 le diamètre de boulons qui conviendra au montage si nous prenons un coefficient de sécurité de 1.5.
- Ce diamètre est-il compatible avec les trous dans la semelle de la poulie de renvoi.

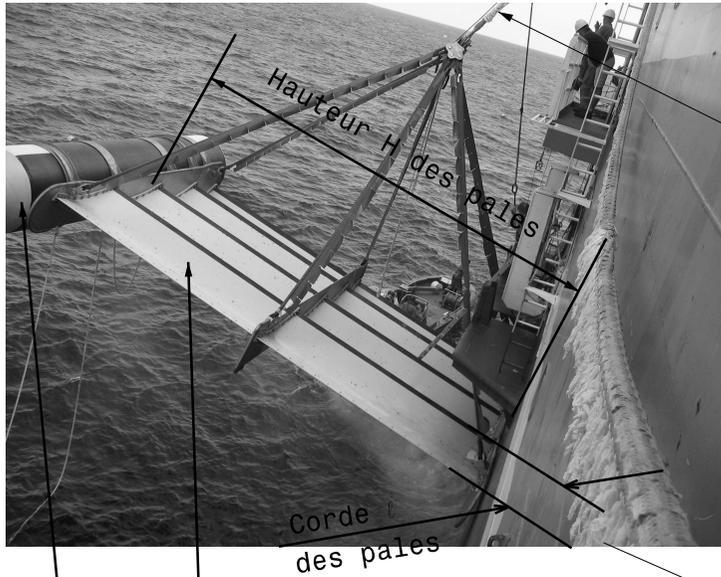
4. Conception du support de la poulie de renvoi (voir documents 5 page 2/2 et 9)

Cahier des charges :

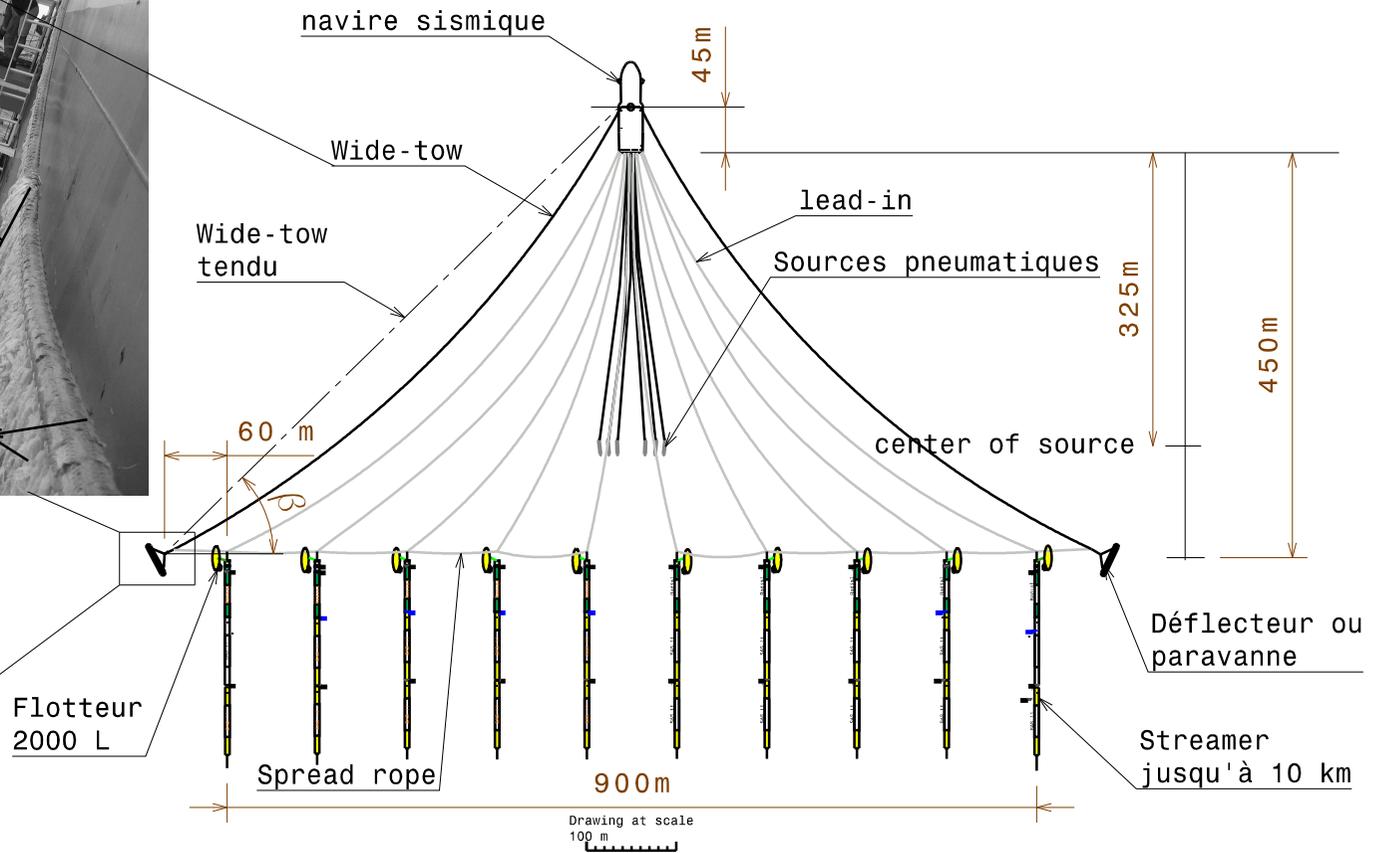
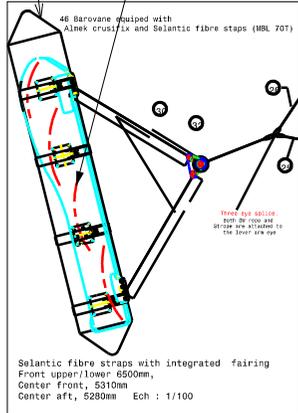
- Le support de la poulie de renvoi est réalisé sur une épontille entre les ponts 6 et 7. Cette épontille est définie sur le document 9.
- La plaque support d'une épaisseur de 60 mm vient directement s'insérer en place de la semelle interne (côté poulie) de l'épontille.
- 3 raidisseurs horizontaux d'une épaisseur de 25 mm sont insérés de chaque côté de l'âme de l'épontille entre la plaque support et la semelle externe (côté muraille) de l'épontille.
- Des goussets de renfort sont ajoutés entre l'épontille et le barrot sous pont 7. Le gousset interne ($e=20$ mm) jusqu'à la partie supérieure de la plaque support, le gousset externe ($e=14$ mm) jusqu'au niveau bas de la plaque support. La grande dimension de ce gousset nécessite un renfort contre le flambage.

On demande sur le document réponse 9 (format A3, échelle 1/25) :

- 4.1.** Quelle préparation nécessite la plaque support pour son soudage avec la semelle de l'épontille ? Justifier votre réponse.
- 4.2.** Compléter la vue transversale en coupe au couple FR65 et les coupes A-A et B-B
- 4.3.** Compléter la section C-C (au 1/10). Celle-ci a pour objectif de définir les raidisseurs horizontaux.
- 4.4.** Définir toute la cotation dimensionnelle sans tolérance de votre conception.

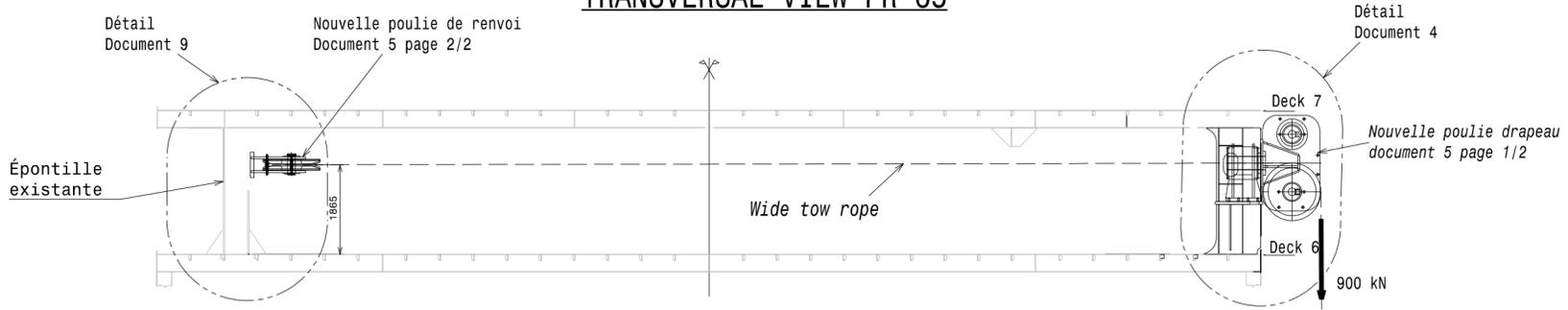


4 pales du déflecteur
Floteur du déflecteur



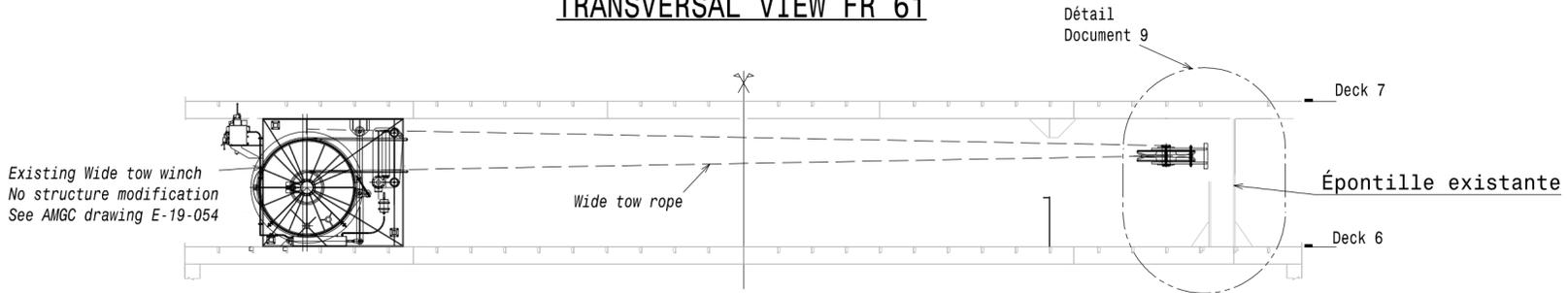
DATE:		<h1>Navire sismique</h1> <h2>Système de mesure</h2>		I	-
Session 2015				H	-
Épreuve U42		<h1>BTS Construction Navale</h1>		G	-
SIZE				F	-
A4		E	-		
DRAWING NUMBER		Document 1		D	-
SHEET				C	-
		1 / 1		B	-
				A	-

TRANSVERSAL VIEW FR 65

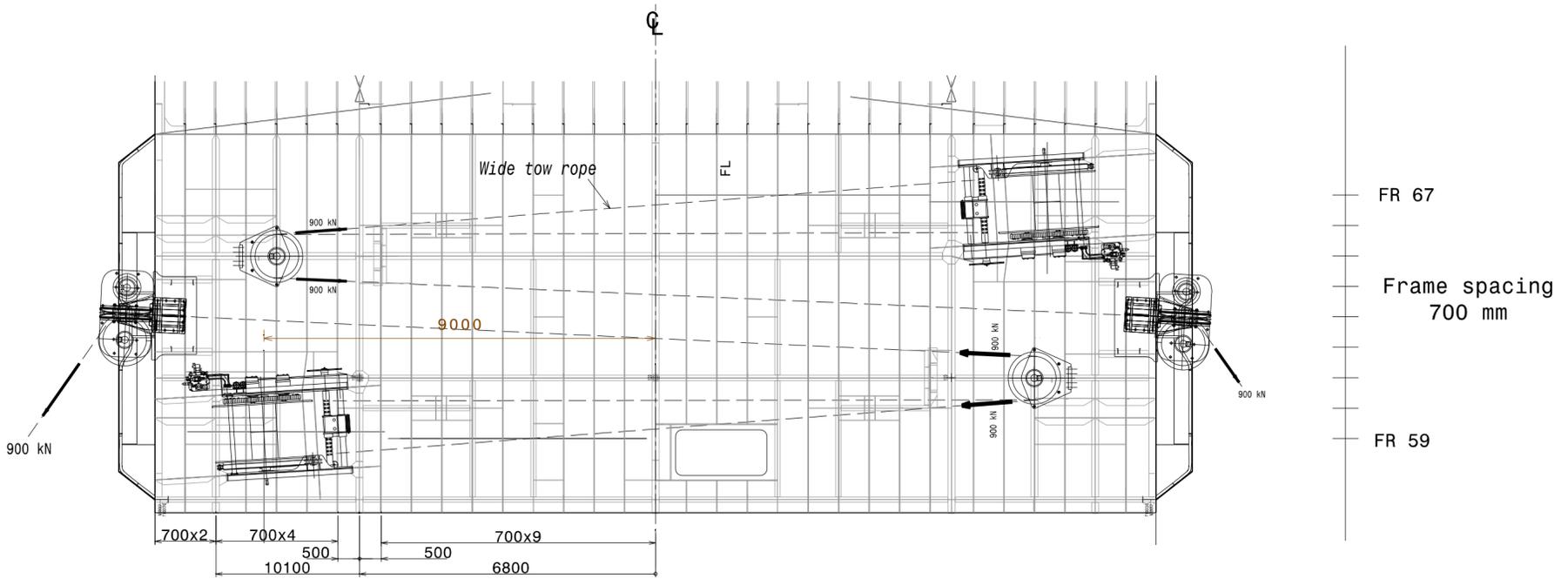


Les supports des 2 poulies de renvoi sur leur épontille ne sont pas représentés, ils font l'objet de l'étude de la partie 4.

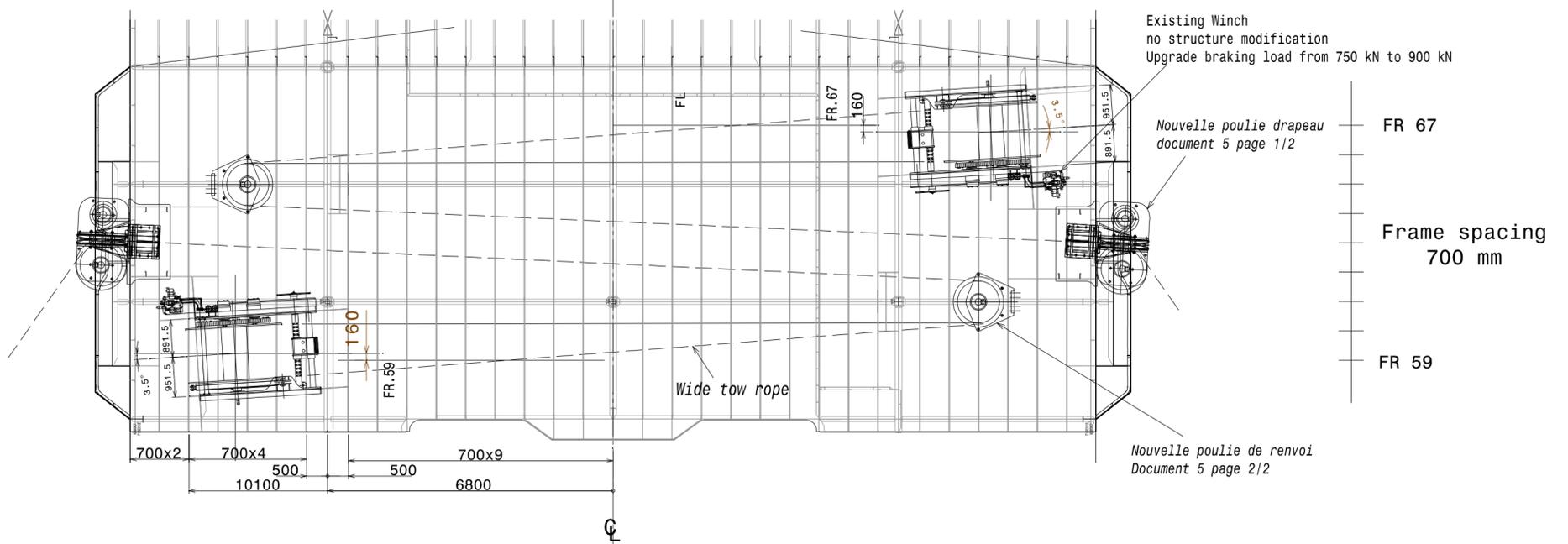
TRANSVERSAL VIEW FR 61



PLAN VIEW STRUCTURE DECK 7 WITH EQUIPMENTS BELOW DECK 7

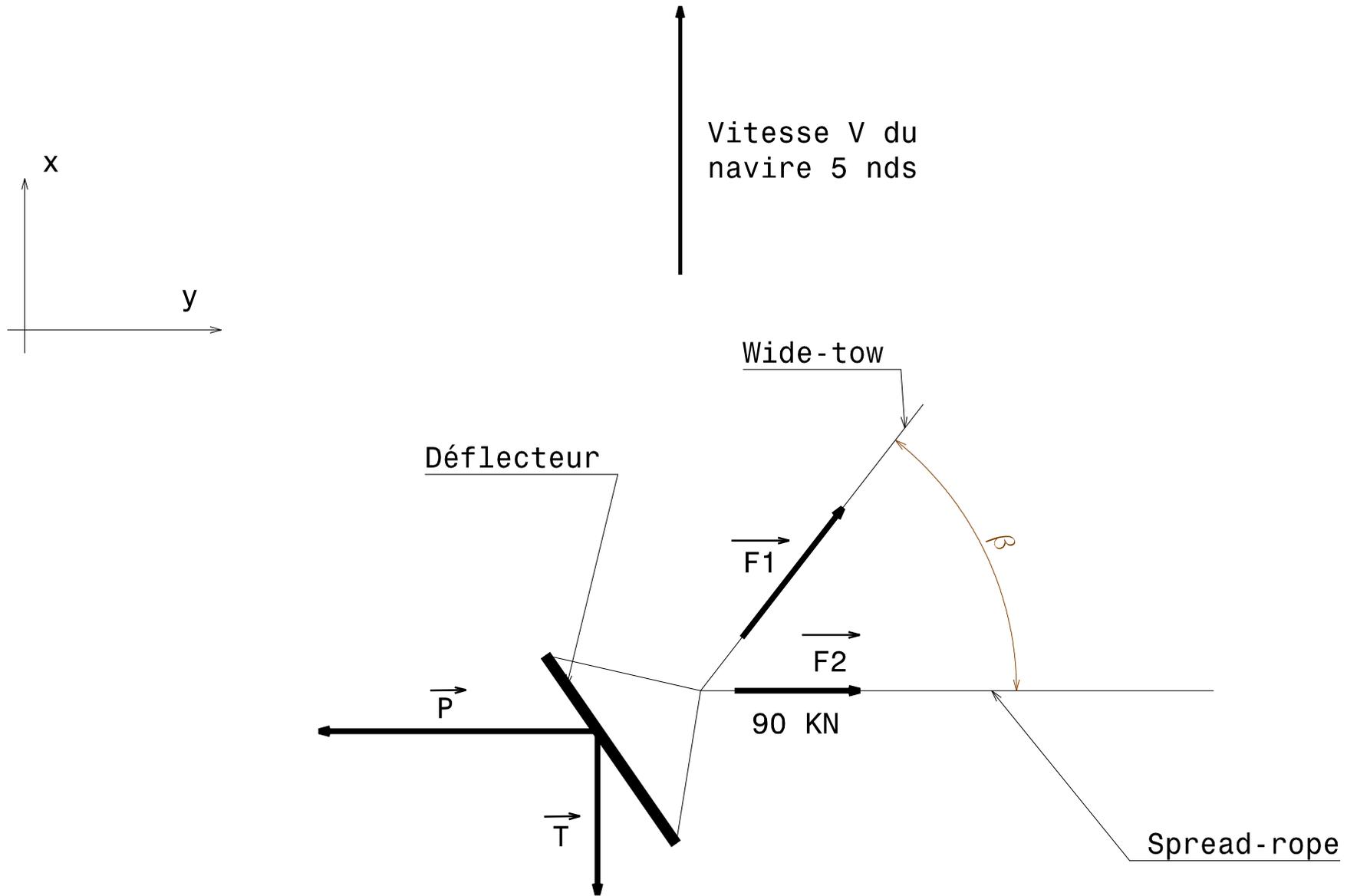


PLAN VIEW STRUCTURE DECK 6



Session		2015		I	-
Épreuve		U42		H	-
SIZE		A2		G	-
SCALE		1:100		F	-
		BTS Construction Navale		E	-
		Document 2		D	-
		1/1		C	-
				B	-
				A	-

Charges en phase mesure

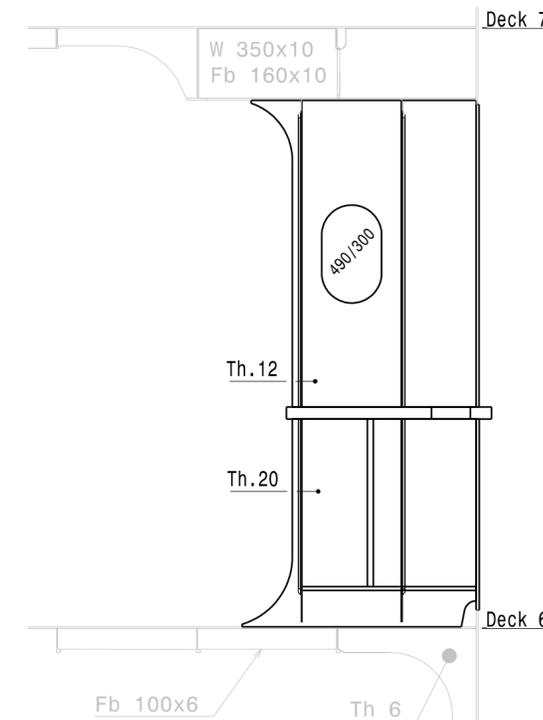
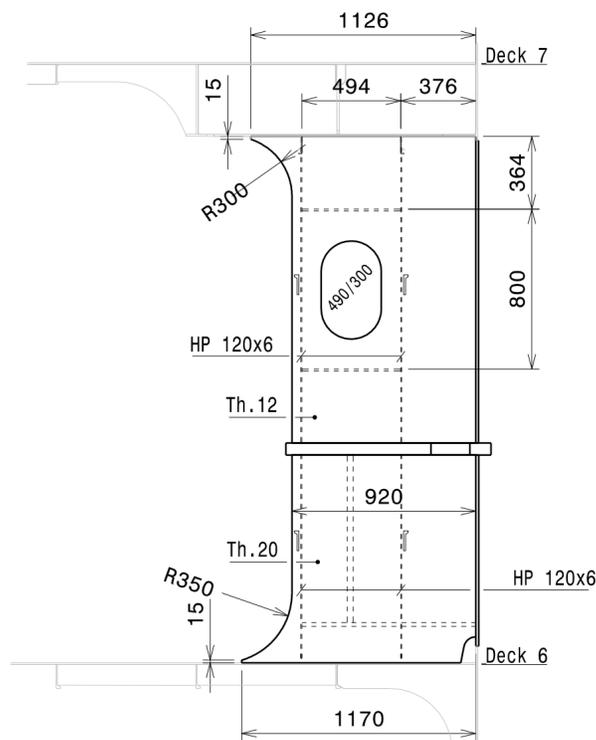
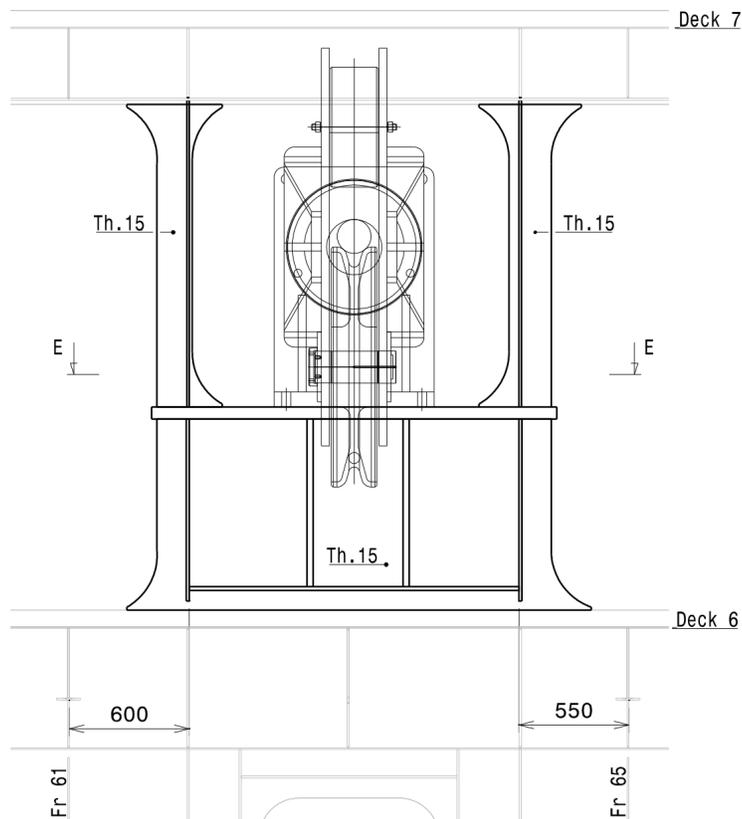
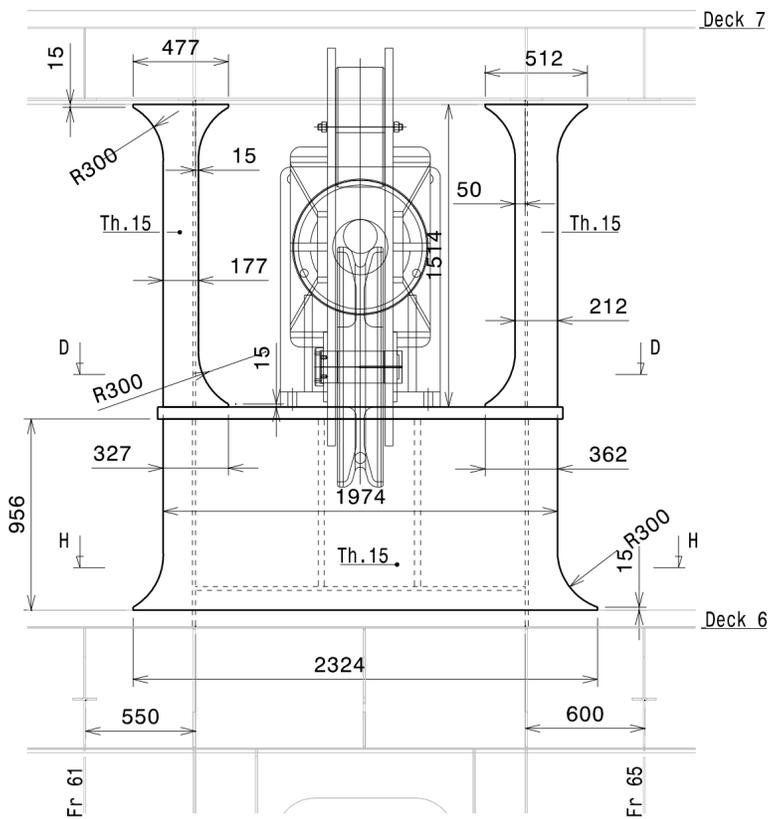


SIDE SHELL STBD AT 11500/CL

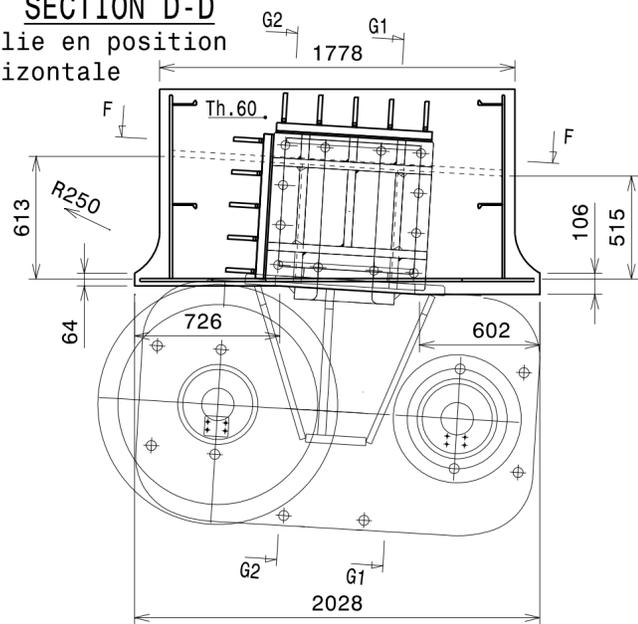
SIDE SHELL PS AT 11500/CL

FR 61 + 550 STBD
FR61 + 600 PS

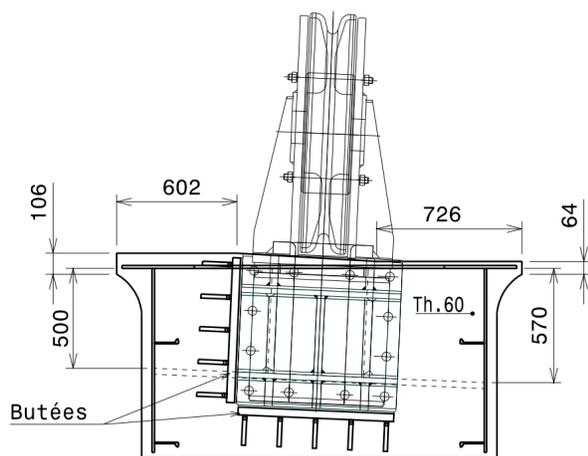
FR 65 - 600 STBD
FR65 - 550 PS



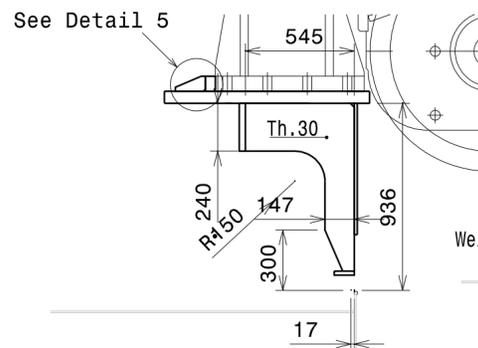
SECTION D-D
Poulie en position horizontale



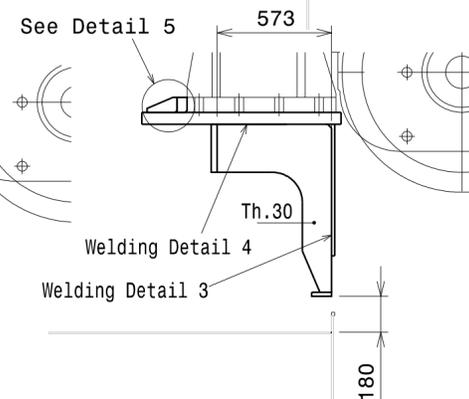
SECTION E-E
Poulie en position verticale



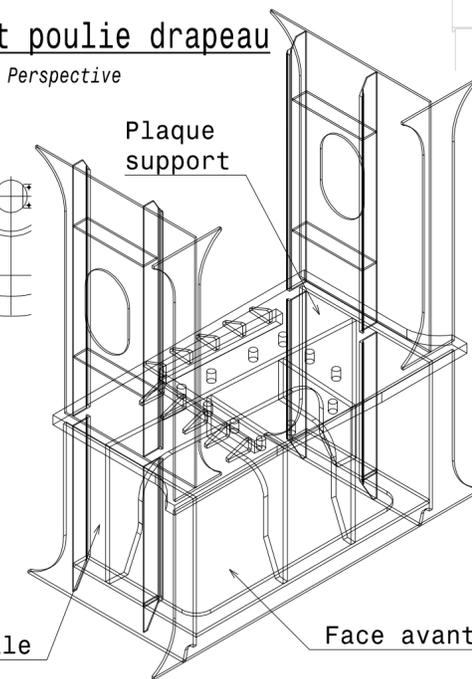
SECTION G1-G1



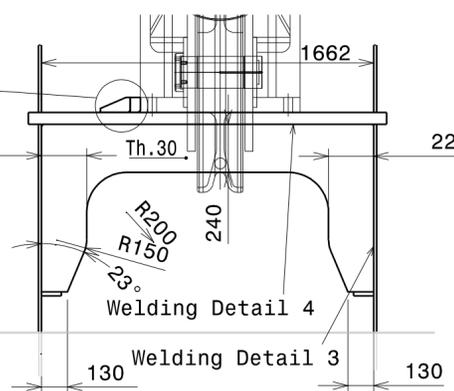
SECTION G2-G2



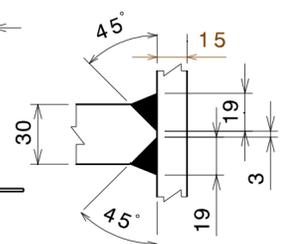
Support poulie drapeau
Perspective



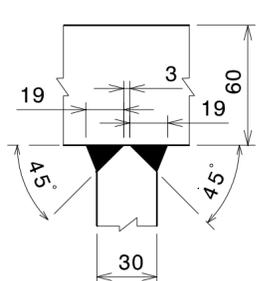
SECTION F-F



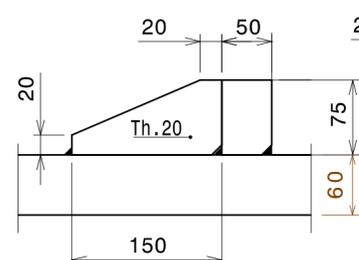
DETAIL 3
Scale : 1/2.5



DETAIL 4
Scale : 1/2.5

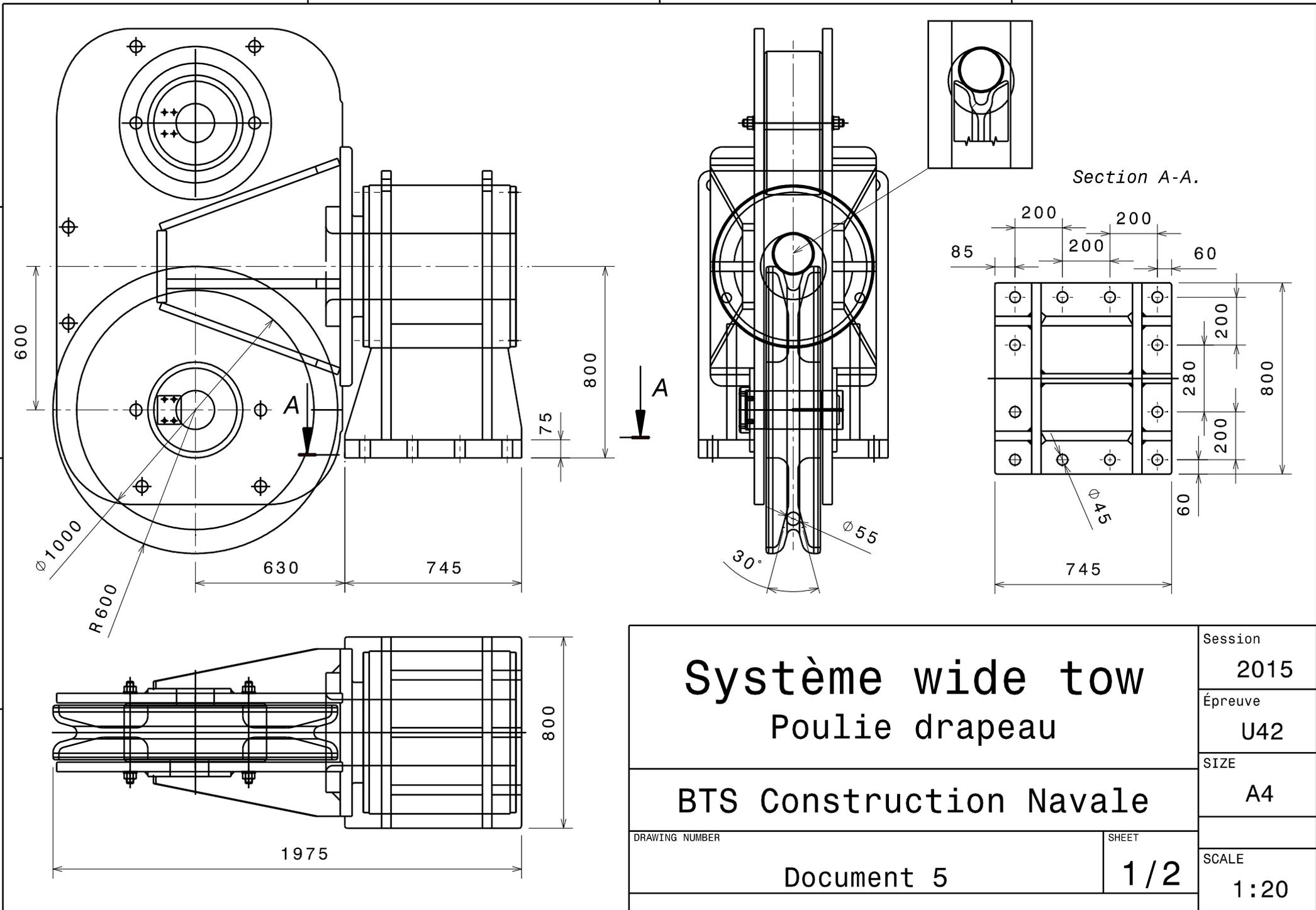


DETAIL 5
Scale : 1/5



Watertight and continuous weldings a= 7 mm otherwise is specified
Material : Steel E24 Grade A

Session 2015		Systeme wide tow Support poulie drapeau	I	-
Épreuve U42			H	-
SIZE A2		BTS Construction navale	G	-
SCALE 1:25			F	-
DRAWING NUMBER Document 4		SHEET 1/1	E	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			D	-
		C	-	
		B	-	
		A	-	

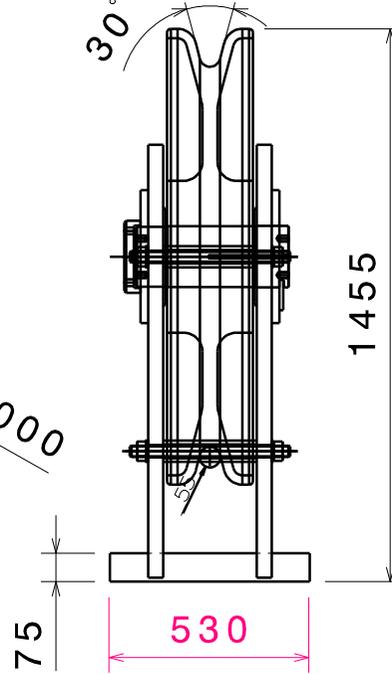
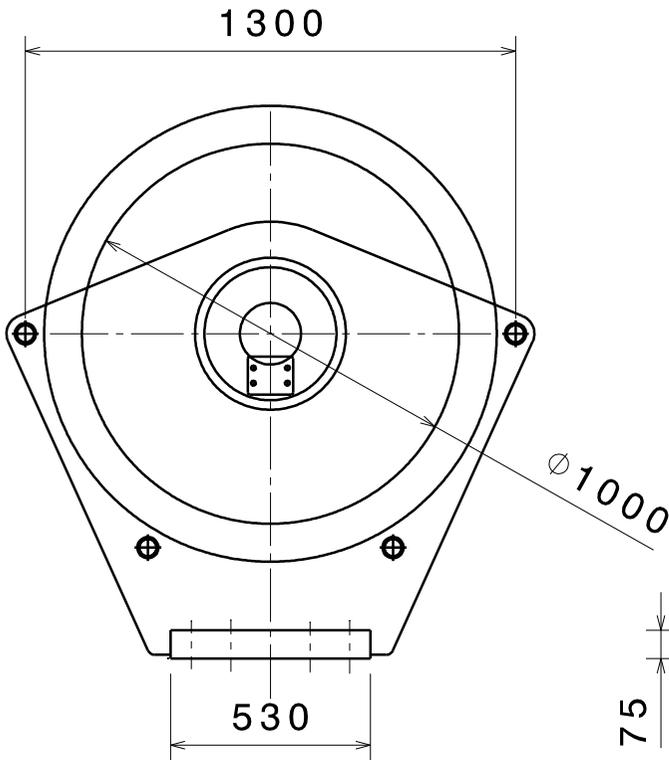


Systeme wide tow

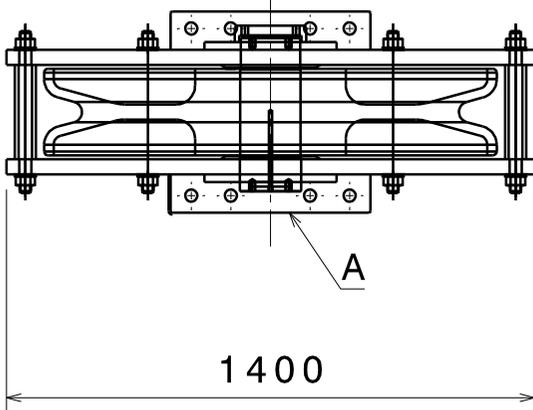
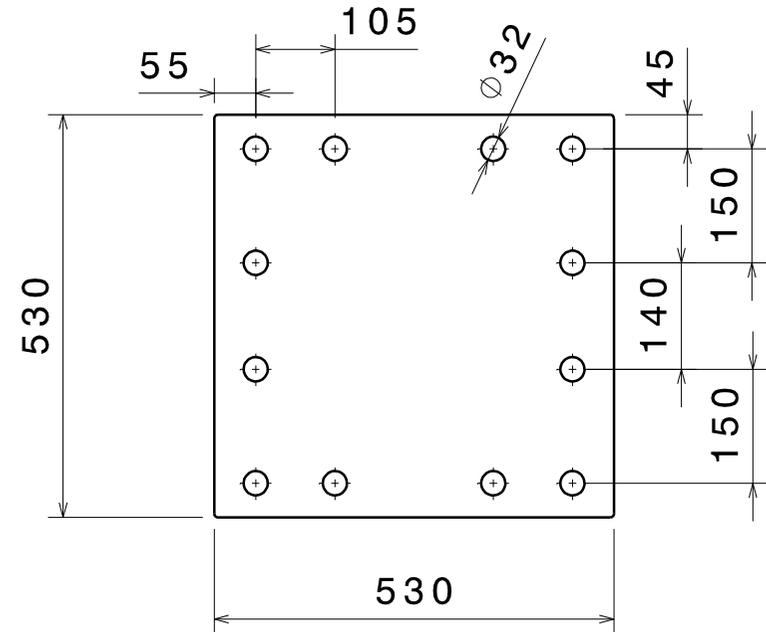
Poulie drapeau

BTS Construction Navale

DRAWING NUMBER		SHEET	
Document 5		1 / 2	
Session		2015	
Épreuve		U42	
SIZE		A4	
SCALE		1:20	



Détail A semelle
Échelle : 1:10

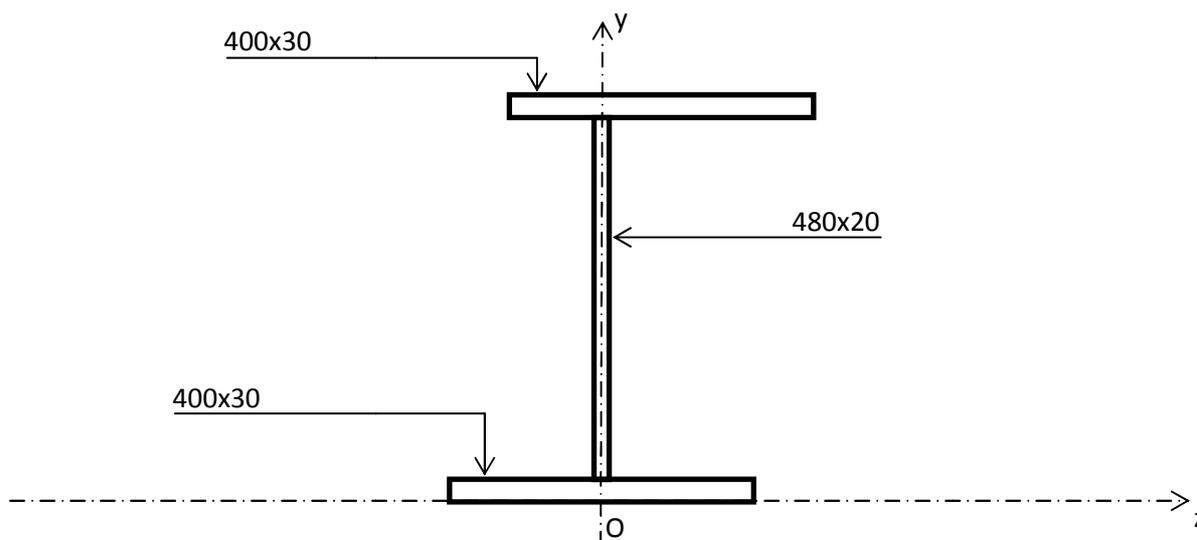


SESSION		2015		<h1>Systeme wide tow</h1> <h2>Poulie de renvoi</h2>	I	-	
EPREUVE		U42			H	-	
SIZE		A4		<h3>BTS Construction Navale</h3>		G	-
SCALE		1:20				DRAWING NUMBER	
				SHEET		E	-
				Document 5		D	-
				2/2		C	-
						B	-
						A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

Modélisation de la section de l'épontille

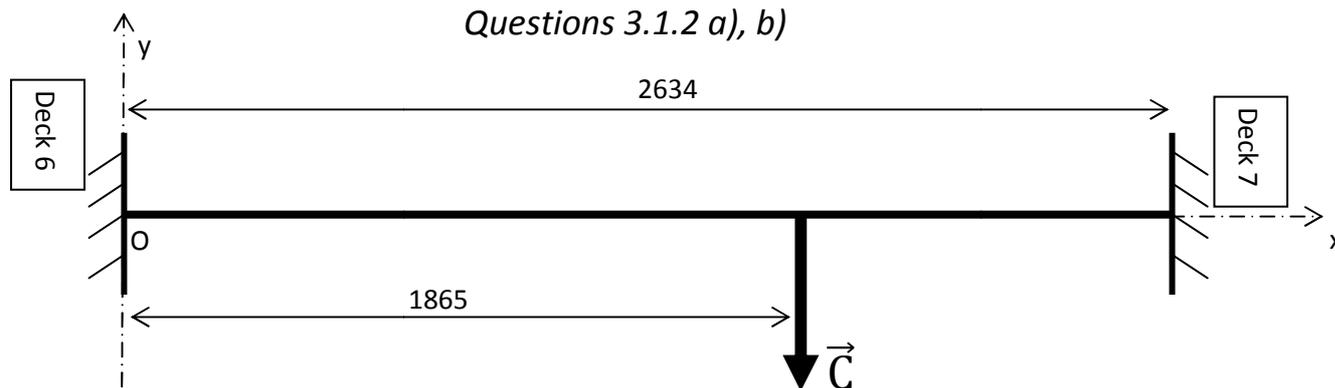
Questions 3.1.1 a), b), c)



Modélisation de l'épontille

(L'épontille est représentée ici horizontale et la charge exercée par la poulie verticale dans un repère local (O,x,y,z) différent des axes navires)

Questions 3.1.2 a), b)



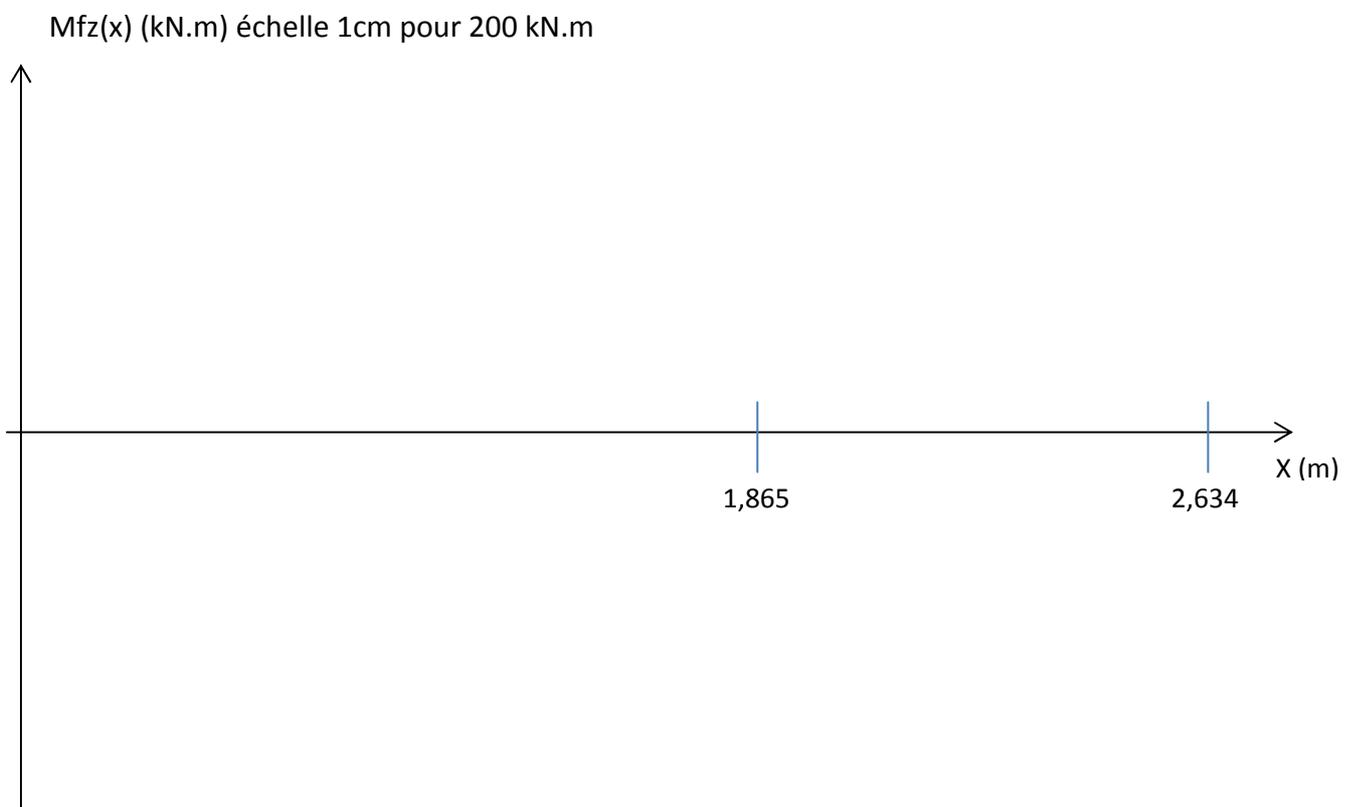
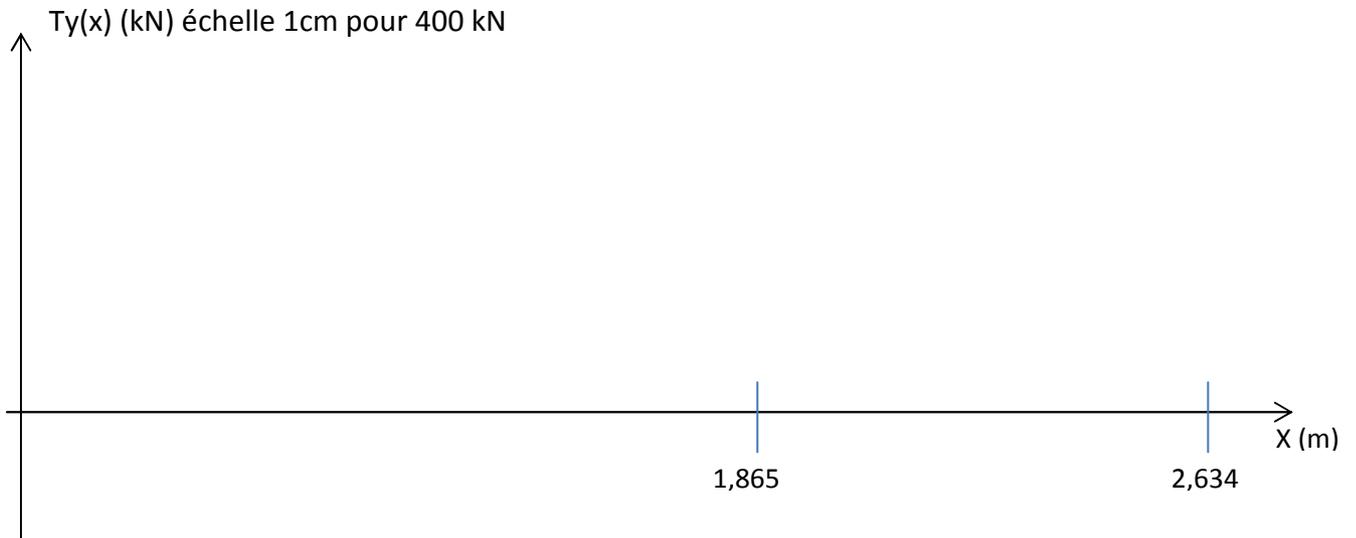
Formulaire flexion poutre encastree à chaque extrémité

Question 3.1.2 b)

Cas de chargement	Effort tranchant	Moment fléchissant
	<p>Pour $0 \leq x \leq a$:</p> $T_y(x) = -P[1 - a^2(3L - 2a)/L^3]$ <p>Pour $a \leq x \leq L$:</p> $T_y(x) = Pa^2(3L - 2a)/L^3$	<p>$M_{fz}(0) = -Pa(L-a)^2/L^2$ $M_{fz}(a) = 2Pa^2(L-a)^2/L^3$ $M_{fz}(L) = -Pa^2(L-a)/L^2$</p>

Document réponse à joindre à vos copiesDiagrammes de l'effort tranchant $T_y(x)$ et du moment fléchissant $M_{fz}(x)$

Question 3.1.2 b)



Documentation technique boulons

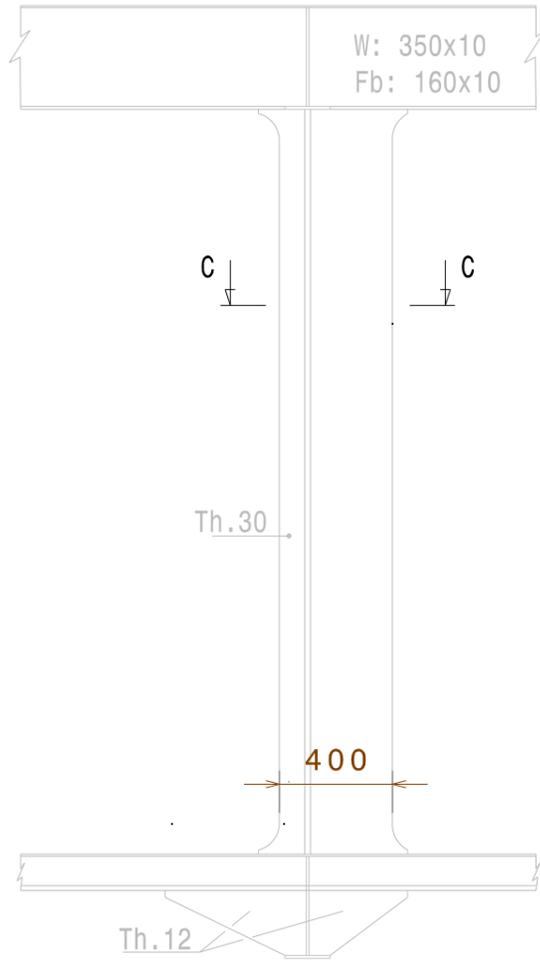
Question 3.2.3

C - Couple de serrage recommandé en Newton-mètre Nm
 T - Effort de traction admissible sur le boulon en Newton N

			CLASSEMENT DE QUALITE POUR BOULONS ACIER NFE 27005											
			6-8		6-9		8-8		10-9		12-9		14-9	
			R 600 - Re 480		R 600 - Re 540		R 800 - Re 640		R 1000 - Re 900		R 1200 - Re 1080		R 1400 - Re 1200	
diam	pas	clé	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
1.6	35	3.2	0.128	412	0.147	461	0.177	549	0.284	765	0.294	922	0.29	1 072
2	40	4	0.265	687	0.294	775	0.353	922	0.49	1 295	0.589	1 550	0.69	1 815
2.5	45	5	0.491	1 177	0.559	1 324	0.657	1 570	0.932	2 207	1.08	2 649	1.28	3 090
3	50	5.5	0.903	1 707	0.981	1 913	1.18	2 276	1.67	3 198	1.96	3 836	2.35	4 473
3.5	60	6	1.037	2 325	1.57	2 609	1.86	3 100	2.65	4 356	3.14	5 229	3.63	6 102
4	70	7	2.16	3 100	2.45	3 492	2.94	4 140	4.12	5 817	4.91	6 985	5.79	8 142
5	80	8	4.22	5 013	4.71	5 641	5.59	6 690	7.95	9 408	9.52	11 282	11.18	13 165
6	100	10	7.26	7 093	8.24	7 976	9.71	9 457	13.73	13 293	16.48	15 951	19.23	18 610
7	100	11	11.87	10 202	13.34	11 478	15.89	13 606	22.27	19 139	26.49	22 965	30.41	26 801
8	125	13	17.48	12 910	19.62	14 529	23.25	17 217	32.37	24 221	39.24	29 067	45.13	33 903
9	125	16	26.49	16 991	29.43	19 110	35.32	22 651	49.05	31 863	58.86	38 230	68.67	44 606
10	150	17	34.34	20 444	39.24	23 004	46.11	27 262	65.73	38 347	78.48	46 009	92.21	53 680
11	150	18	47.09	25 447	53.96	28 635	63.77	33 933	89.27	47 726	108	57 271	128	66 816
12	175	19	58.86	29 714	66.71	33 432	79.46	39 613	112	55 721	134	66 875	157	78 019
14	200	22	94.18	40 613	108	45 685	128	54 151	178	76 145	216	91 380	245	106 605
16	200	24	143	55 466	162	62 401	191	73 958	270	104 015	324	124 813	378	145 620
18	250	27	196	67 826	216	76 312	260	90 448	367	127 187	441	152 624	510	178 061
20	250	30	285	86 524	314	97 335	373	115 366	520	162 228	628	194 679	736	227 121
22	250	32	373	106 968	422	120 339	500	142 628	706	200 565	844	240 688	981	280 801
24	300	36	481	124 626	540	140 205	647	166 172	903	233 674	1 089	280 419	1 265	327 154
27	300	41	706	161 855	795	182 083	942	215 800	1 324	303 472	1 589	364 167	1 854	424 861
30	350	46	883	198 653	991	223 482	1 177	264 870	1 658	372 466	1 982	446 963	2 315	521 460
33	350	50	1 295	245 721	1 452	276 446	1 727	327 634	2 423	460 736	2 914	552 882	3 394	645 037
36	400	55	1 678	288 385	1 884	324 436	2 237	384 513	3 149	540 727	3 777	648 873	4 405	771 680
39	400	60	2 158	344 331	2 433	387 367	2 884	459 108	4 052	645 616	4 866	774 745	5 680	903 864
42	450	65	2 688	395 814	3 021	445 296	3 571	527 758	5 033	742 166	6 033	890 591	7 044	1 039 026
46	450	70	3 345	460 550	3 457	518 125	4 454	514 067	6 259	863 535	7 514	1 036 250	8 770	1 208 955
48	500	75	4 042	519 430	4 552	584 352	5 386	692 566	7 573	973 927	9 084	1 168 714	10 605	1 363 492
52	500	80	5 160	619 472	5 808	696 912	6 887	825 973	9 682	1 161 524	11 625	1 393 824	13 557	1 626 125
			C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T
Allongement pour 100 mm	A1		0.28		0.20		0.24		0.34		0.40		0.47	
	A2		0.13		0.15		0.18		0.25		0.30		0.35	
	A3		0.16		0.18		0.22		0.31		0.37		0.43	

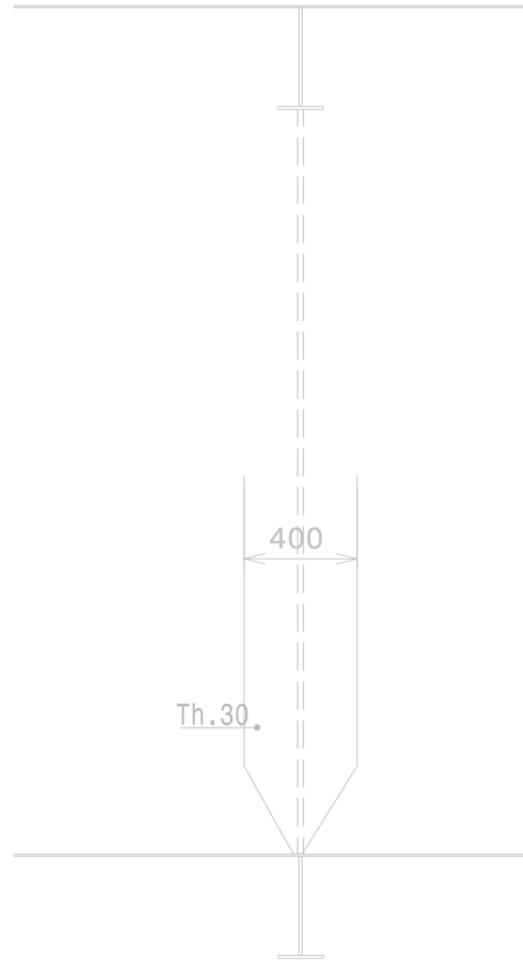
H G F E D C B A

COUPE A-A

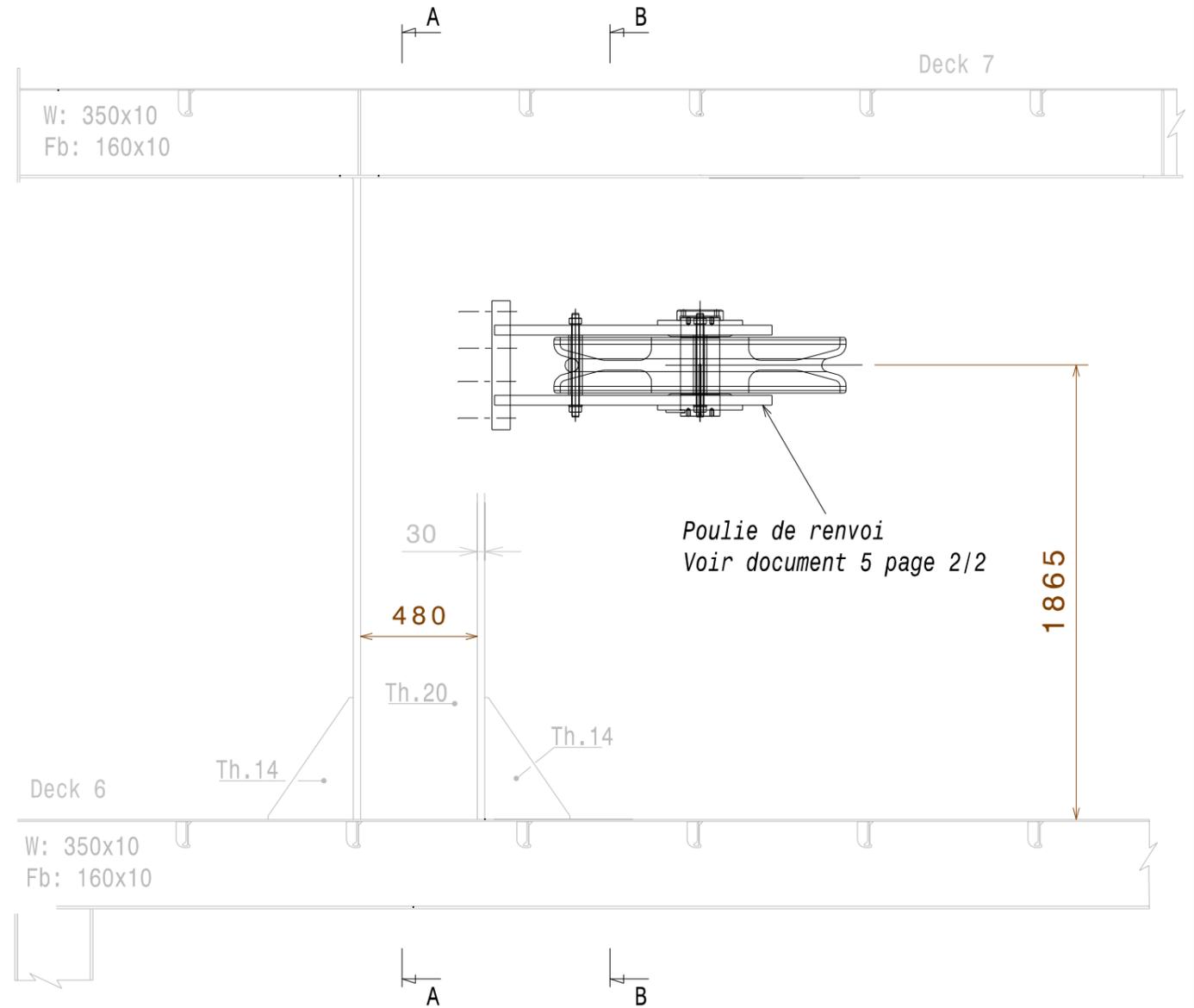


COUPE B-B

Poulie non représentée

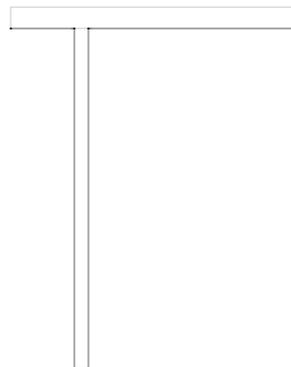


Transversal view FR 65



SECTION C-C

Scale 1/10



Question 4.1

Blank area for the answer to Question 4.1.

Session		2015		Systeme wide tow Support poulie de renvoi	I	-
Épreuve		U42			H	-
SIZE	A3		BTS Construction Navale		G	-
SCALE	1:25				E	-
DRAWING NUMBER			Document réponse 9		F	-
SHEET			1/1		D	-
					C	-
					B	-
					A	-

H G B A