

**BREVET DE TECHNICIEN  
SUPÉRIEUR**

**CONSTRUCTION NAVALE**

SESSION 2018

ÉPREUVE D'ÉTUDE ET CONCEPTION

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

Durée : 4 heures

Coefficient 2,5

*L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.*

*Tout document autorisé*

BTS Construction Navale	Session 2018
Sous-épreuve U42 Conception d'un élément	CNE4CE

**ÉTUDE D'UN RENFORCEMENT DE PONT SUR UN NAVIRE SABLIER**  
**POUR INTÉGRATION D'UN COMPENSATEUR DE HOULE**

Le sujet comporte **3 parties indépendantes** :

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Étude du compensateur de houle                          | <b>/ 15 pts</b> |
| 2. Étude de la structure du navire avant modifications     | <b>/ 20 pts</b> |
| 3. Conception des modifications sur la structure du navire | <b>/ 15 pts</b> |

**Composition du sujet :**

**Texte du sujet :**

*Pages 1/7 à 7/7*

Format  
A4

**Documents techniques et réponses :**

▪ Principe de fonctionnement d'un compensateur de houle	<i>Document 1</i>	A4
▪ Ensemble portique arrière	<i>Document 2</i>	A3
▪ Plan du compensateur de houle	<i>Document 3</i> <i><u>Document réponse</u></i>	A3
▪ Structure du navire avant modifications	<i>Document 4 pages 1/3 à 3/3</i>	A3
▪ Modèle ossature de la structure avant modifications	<i>Document 5</i>	A4
▪ Extraits du règlement du Bureau Véritas	<i>Document 6</i>	A4
▪ Modèle ossature de la structure après modifications	<i>Document 7</i>	A4
▪ Modifications de la structure	<i>Document 8 pages 1/2 et 2/2</i> <i><u>Document réponse</u></i>	A3

**Documents à rendre :**

**Les documents réponse 3 et 8 (pages 1/2 et 2/2) sont à rendre même s'ils ne sont pas complétés.**

**Notes aux candidats :**

- Les 3 parties d'étude sont indépendantes.
- Les 3 parties 1.1 à 1.3 de la partie 1 sont indépendantes.

## Présentation

Le support de l'étude est l'implantation d'un compensateur de houle passif sur le navire sablier à élinde traînante ci-dessous.

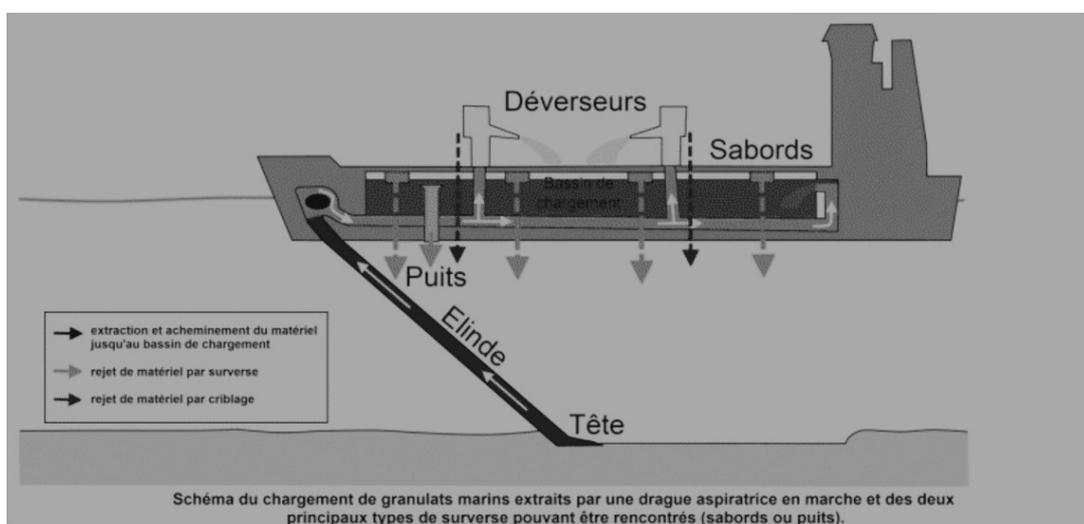
### 1. Navire sablier à élinde traînante



Un navire sablier est un type de navire chargé d'extraire les granulats marins (sable, gravier, etc.) à faible profondeur (environ 50 mètres maximum) dans le but d'entretenir les ports ou d'extraire des matériaux. L'extraction du sable se fait en marche. Le système d'extraction est celui de la drague à élinde traînante. Le navire aspire les granulats au moyen d'une pompe à travers de longs tuyaux draguant le sol marin appelés élinde.

2 treuils indépendants permettent d'effectuer la descente ou la montée de l'élinde par l'intermédiaire des 2 portiques basculant avant et arrière. Chaque treuil, par l'intermédiaire d'un câble et de poulies, sert à la montée et à la descente de l'élinde en début et en fin d'opération mais également à régler la position de l'élinde suivant la hauteur d'eau moyenne.

Le système de pompage, remonte un mélange d'eau, de sable et de graviers dénommé *tout-venant*, dans la cale du bateau. L'eau de ce mélange est évacuée soit par débordement, soit par le fond du navire.



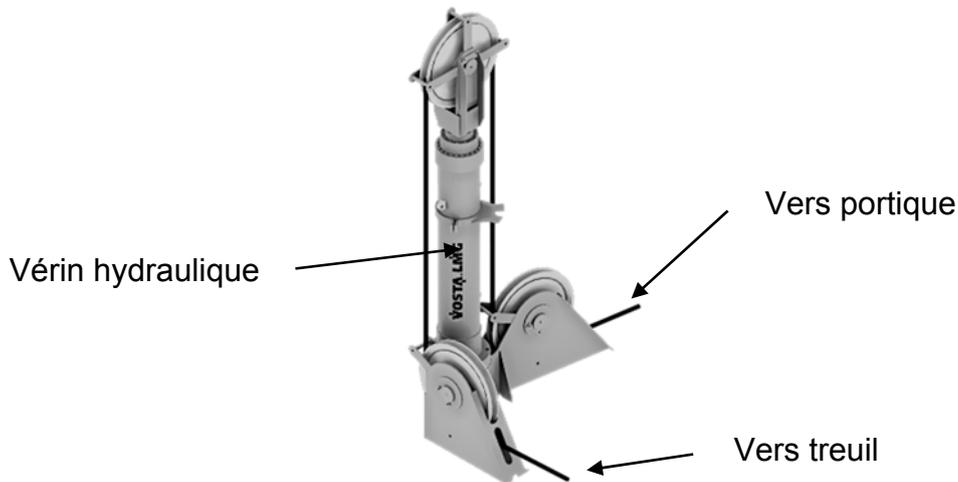
## 2. Compensateur de houle passif (voir documents 1 et 2)

Les vagues créent un mouvement vertical du navire (heave). Les compensateurs de houle réduisent considérablement l'impact de ce mouvement vertical lors des opérations de manœuvres et de manutentions sur les équipements et outils de forage ou de dragage.

Le compensateur de houle passif, contrairement au compensateur de houle actif, ne nécessite aucune énergie de fonctionnement. Il est principalement constitué d'un vérin et d'un accumulateur hydraulique mais également d'un système de valves hydrauliques pilotées qui n'est pas représenté ici (document 1).

Le compensateur de houle sert uniquement à compenser la variation de la hauteur d'eau due à la houle, le treuil est alors arrêté sur frein pour une hauteur d'eau moyenne constante. Seul le système arrière, au niveau de la tête de l'élinde, est équipé d'un compensateur de houle interposé entre le treuil et le portique arrière (voir document 2).

### Compensateur de houle (swell compensator)



## 3. Objet de l'étude

L'implantation d'un compensateur de houle passif a été décidée tardivement lors de la conception du navire. Aussi la conception de l'implantation de ce compensateur de houle sur le pont principal du navire (main deck) s'est effectuée par une étude de modification de la structure initiale du navire (conçue avant la décision de l'implantation du compensateur).

L'objet de cette étude est de déterminer, en partie, les modifications à réaliser sur la structure du navire pour implanter ce nouvel armement.

## 1. Étude du compensateur de houle (voir documents 1 à 3)

Dans cette partie, on se propose d'étudier le compensateur de houle afin de réaliser des calculs d'encombrement et de charges dus à celui-ci sur la structure du navire.

On considère le frein du treuil bloqué, la longueur totale du câble entre les points A et B (voir document 1) est donc constante.

### 1.1. Étude cinématique (documents 1 et 2).

1.1.1. Définir la course C du vérin hydraulique.

1.1.2. En déduire la hauteur de houle maximale  $\Delta H = H_{\text{maxi}} - H_{\text{mini}}$  en m que peut accepter le compensateur.

### 1.2. Étude des charges exercées par le compensateur sur la structure du navire (document 3)

#### Données et hypothèses :

- On se met dans le cas extrême où la tension F dans le câble est à la limite des capacités du frein du treuil soit 483 KN.
- On néglige les frottements dans les différentes liaisons, la tension F dans le câble est donc constante sur toute sa longueur entre les points A et B.
- On néglige le poids propre des poulies et du câble.
- On considère que le câble entre le treuil et le compensateur d'une part et entre le compensateur et le portique d'autre part est horizontal (on néglige sa faible inclinaison réelle).
- Les coordonnées des points et les composantes des vecteurs seront définies dans le référentiel (O,x,y,z) du document 3 où (O,x,y) est un plan horizontal au niveau du pont, Ox axe longitudinal orienté vers l'avant du navire, Oy axe transversal orienté vers bâbord, l'axe oz étant l'axe vertical passant à l'axe du vérin et orienté vers le haut.

#### Remarques :

- Le système de disposition des vues sur le document 3 est inverse au système habituel, bien faire attention à l'orientation des axes sur les 3 vues.
- Pour le traçage des différentes forces sur le document 3, on cherche à définir uniquement le sens des forces sur leur support sans tenir compte précisément de leur module.

1.2.1. Définir les composantes des forces  $\vec{F1}$  et  $\vec{F2}$ , matérialisant les actions du câble sur la poulie P1.

1.2.2. Montrer alors que l'action de la poulie P1 sur la structure du compensateur est

modélisable par une force  $\vec{R1}$  de composantes  $\begin{pmatrix} 0 \\ 483 \\ 483 \end{pmatrix}$  en KN et dont le support passe

par le point C. Tracer  $\vec{R1}$  sur le document 3.

1.2.3. Tracer sur le document 3 et sur la vue de face (plan (O,x,z)), les forces  $\vec{F3}$  et  $\vec{F4}$  matérialisant les actions du câble sur la poulie P2 ainsi que les forces  $\vec{F5}$  et  $\vec{F6}$  matérialisant les actions du câble sur la poulie 3.

1.2.4. Définir alors les composantes des forces  $\vec{R2}$  et  $\vec{R3}$  matérialisant respectivement l'action de la poulie P2 et de la poulie P3 sur la structure et préciser un point de leur support. Tracer  $\vec{R2}$  et  $\vec{R3}$  sur le document 3.

Afin de pouvoir déterminer les contraintes dans la structure du navire à partir du modèle ossature défini plus loin, nous avons besoin de calculer les torseurs T1, T2 et T3 respectivement de la force  $\vec{R1}$  au point F,  $\vec{R2}$  au point G et  $\vec{R3}$  au point O.

On exprimera les forces en KN à 0,1KN près et les moments en KN.m à 0,1KN.m près.

1.2.5. Compléter le tableau du document 3 définissant les coordonnées des différents points dans le repère (O,x,y,z).

1.2.6. Montrer que le torseur T1 s'écrit : 
$$\begin{vmatrix} 0 & -492,7 \\ 483 & 0 \\ 483 & 0 \end{vmatrix}_F$$
 en KN et KN.m

1.2.7. Définir de même les torseurs T2 et T3 respectivement au point G et au point O. Compléter le tableau du document 3.

### 1.3. Étude hydraulique (documents 1 et 3)

Afin de définir l'accumulateur hydraulique pour son encombrement sous le pont principal, on doit calculer le volume  $V_2$  (voir document 1).

1.3.1. À partir des caractéristiques géométriques du vérin (cylinder) définies sur le document 3, déterminer le volume d'huile  $V$  en litres transféré entre l'accumulateur et le vérin entre les 2 positions extrêmes du compensateur.

On admet que la pression maxi  $p_1$  dans l'accumulateur est de 200 bars correspondant au vérin rentré et la pression mini  $p_2$  de 150 bars correspondant au vérin sorti. On admet que la température est constante, le gaz dans l'accumulateur vérifie donc la loi  $pV=\text{constante}$ . On note  $V_1$  le volume du gaz dans l'accumulateur vérin rentré et  $V_2$  pour le vérin sorti (voir document 1).

1.3.2. Exprimer la relation entre  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $p_1$  et  $p_2$  puis la relation entre  $V$ ,  $V_1$  et  $V_2$  et en déduire  $V_1$  et  $V_2$  en litres.

## 2. Étude de la structure du navire avant modifications (voir documents 4 à 6)

### 2.1. Analyse des plans de la structure avant modifications (document 4 pages 1/3 à 3/3)

2.1.1. Définir les limites transversales (position /CL) et longitudinales (N° des couples) de l'implantation du support du compensateur sur le pont principal (main deck) : voir vue en plan du pont sur doc. 4 page 1/3.

2.1.2. Définir l'épaisseur du bordé du pont principal ainsi que le bouge de ce pont.

2.1.3. Donner l'épaisseur de la cloison étanche au couple 27 ainsi que la nature des raidisseurs sur cette cloison au niveau du support du compensateur.

2.1.4. Définir la nature des barrots au niveau du pont principal aux couples 24 et 30.

2.1.5. Comment nomme-t-on et quel est le rôle des pièces Réf 2038 et 2037 au niveau du couple 29 ?

2.1.6. La largeur de la maille de bordé de pont au niveau du compensateur et immédiatement à son bâbord est plus importante que les autres mailles et a nécessité un raidissage transversal supplémentaire (voir doc. 4 page 1/3).

- Quelle est la largeur de cette maille ?
- Donner la nature et la référence des raidisseurs transversaux ajoutés.

### 2.2. Étude du modèle de CAO ossature de la structure

Afin d'évaluer les contraintes engendrées dans la structure du navire par le compensateur, celle-ci a été définie localement au voisinage du compensateur par un modèle ossature sur le

logiciel RDM Le Mans (assemblage de poutres droites). Les charges appliquées sur le modèle sont celles calculées en 1.2. Les poutres du modèle sont notées de 1 à 73 (document 5). Le modèle concerne essentiellement la structure du pont principal dans le plan horizontal (O,x,y) mais également la cloison étanche verticale au couple 27 (modélisée par les poutres 59 à 62) afin de vérifier sa tenue au flambage à cause de la forte compression sur celle-ci engendrée par le compensateur.

Les poutres en pointillé sur le document 5 au niveau du compensateur, mais qui n'existent pas dans la réalité, permettent de compenser le manque de rigidité du modèle par rapport à la réalité.

### 2.2.1. Modélisation du raidisseur Réf 2169 PAN2

Pour alimenter le modèle ossature, on se propose de réaliser la modélisation du raidisseur Réf 2169 PAN2 en s'appuyant sur la réglementation du Bureau Véritas (document 6). Ce raidisseur est situé à CL+5600 SB entre les couples 27 et 30 (document 4).

Vue la section de ce raidisseur par rapport aux autres lisses adjacentes, on le considère comme un raidisseur primaire.

- 2.2.1.1. Définir le numéro de la poutre du modèle ossature de ce raidisseur (document 5) ainsi que la désignation du profilé (document 4).
- 2.2.1.2. Déterminer la portée (ou longueur)  $\ell$  du raidisseur ainsi que son écartement  $s$  et en déduire alors la largeur de bordé associé  $b_p$  (voir documents 4 et 6).
- 2.2.1.3. Déterminer les dimensions ( $h_w$ ,  $t_w$ ,  $t_f$  et  $b_f$ ) du synthétique équivalent au plat boudin (voir document 6). On définira les dimensions à 0,1mm près.
- 2.2.1.4. Faire un schéma coté du raidisseur (synthétique équivalent) avec son bordé associé.
- 2.2.1.5. Calculer alors le module de résistance  $W$  en  $\text{cm}^3$  ainsi que la section de cisaillement  $A_{sh}$  en  $\text{cm}^2$  (section de l'âme seule) du raidisseur avec son bordé associé.

### 2.2.2. Analyse des résultats du calcul des contraintes

#### Hypothèses et données :

- Matériau de la structure : acier S235 ( $R_e=235 \text{ Mpa}$ )
  - Contrainte de conception  $\sigma_d = R_e/n$  et  $n = \lambda \cdot \gamma_r \cdot \gamma_m$  où :
    - $\lambda$  coefficient de corrosion = 1,1 pour l'acier
    - $\gamma_r$  coefficient de résistance = 1,2
    - $\gamma_m$  coefficient de matériau = 1,02
  - Dans le modèle on ne tient compte que des contraintes normales  $\sigma$  dues au moment fléchissant.
  - On note  $\sigma_m$  le module de la contrainte normale maximale dans une poutre du pont (longitudinale ou transversale) due aux charges du compensateur.
  - On note  $\sigma_c$  le module de la contrainte maximale de compression dans les poutres verticales de la cloison 27.
  - L'étude de la poutre navire sur houle, nous donne une contrainte normale maximale dans le pont de résistance (main deck)  $\sigma_{x1}$  de 95Mpa.
  - Critères de résistance :
    - Pour une poutre longitudinale de pont :  $\sigma_m + \sigma_{x1} < \sigma_d$
    - Pour une poutre transversale de pont :  $\sigma_m < \sigma_d$
    - Pour les poutres verticales de la cloison 27 :  $\sigma_c < 65 \text{ Mpa}$  (critère de flambage)
- 2.2.2.1. Justifier la différence du critère de résistance entre les poutres longitudinales et transversales de pont.
  - 2.2.2.2. Définir les contraintes normales maximales  $\sigma_m$  admissibles pour les poutres longitudinales d'une part et les poutres transversales d'autre part.

- 2.2.2.3. Donner, en analysant les résultats du document 5, le numéro des poutres ne respectant pas les critères de résistance mentionnés plus avant. Justifier ces résultats.

### **3. Conception des modifications sur la structure (documents 7 et 8 pages 1/2 et 2/2)**

Suite aux résultats de la partie précédente, il a été décidé d'apporter les 2 modifications suivantes au niveau de la structure du pont :

- Remplacement de la lisse HP 120x7, au niveau de la section longitudinale à 5050mm/CL tribord et uniquement entre les cloisons au niveau des couples 27 et 32, par un synthétique constitué d'une âme de 300x15 et d'une semelle de 150x15.  
On assure la continuité du barrot au niveau du couple FR30.
- Ajout de 2 raidisseurs transversaux identiques sous pont au droit des joues de la poulie P1 : aux couples FR29-31mm et FR29+116mm épaisseur rejetée vers l'avant. Ils sont limités entre la lisse HP 120x8 à 3300 de la CL et la lisse HP 300x11 à 5600 de la CL. Ce raidissage sera uniquement constitué d'une âme en tôle d'épaisseur 15mm. On assure la continuité du raidissage longitudinal.  
Le raidisseur transversal HP 180x9 ref 2163 PAN2 au niveau du couple 29 est supprimé (voir document 4 pages 1/3 et 2/3).

Un modèle ossature a été défini en CAO (voir document 7) avec les nouveaux raidisseurs. Le calcul des contraintes a permis de valider tous les critères de résistance définis dans la partie 2.

#### **3.1. Conception du nouveau raidisseur longitudinal à 5050/CL tribord (sur document 8 page 1/2)**

- 3.1.1. Mettre en place le nouveau raidisseur sur les 2 vues du document 8 page 1/2.
- 3.1.2. Mettre en place les éléments assurant la continuité structurelle entre le nouveau raidisseur et le profil HP 120x7 de part et d'autre de celui-ci afin d'éviter le poinçonnement sur les cloisons 27 et 32.
- 3.1.3. Mettre en place des goussets sur pont au niveau du support du compensateur pour améliorer la reprise des charges sur le raidisseur.
- 3.1.4. Mettre en place les anguillers permettant la continuité des soudures et indiquer symboliquement la continuité ou discontinuité du raidisseur (voir système de flèches sur document 4 pages 1/3 à 3/3).
- 3.1.5. Indiquer toute la cotation non tolérancée de votre conception.

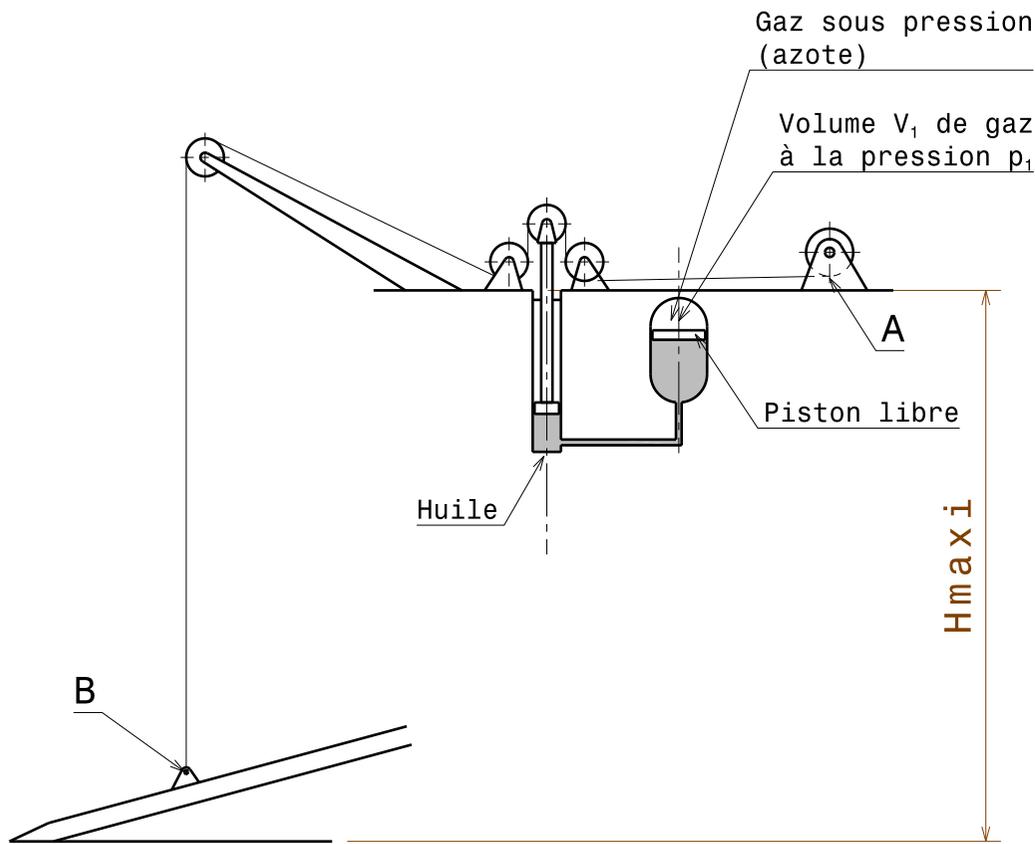
#### **3.2. Conception des 2 raidisseurs ajoutés au droit des joues de la poulie P1 (sur document 8 page 2/2)**

- 3.2.1. Mettre en place les 2 nouveaux raidisseurs sur les 2 vues du document 8 page 2/2 en tenant compte du nouveau raidisseur longitudinal à 5050/CL.
- 3.2.2. Mettre en place des goussets sur pont au niveau du support du compensateur pour améliorer la reprise des charges sur les 2 raidisseurs.
- 3.2.3. Mettre en place les anguillers permettant la continuité des soudures et indiquer symboliquement la continuité ou discontinuité du raidisseur (voir système de flèches sur document 4 pages 1/3 à 3/3).
- 3.2.4. Indiquer toute la cotation non tolérancée de votre conception et notamment celle définissant la position transversale des 2 raidisseurs.

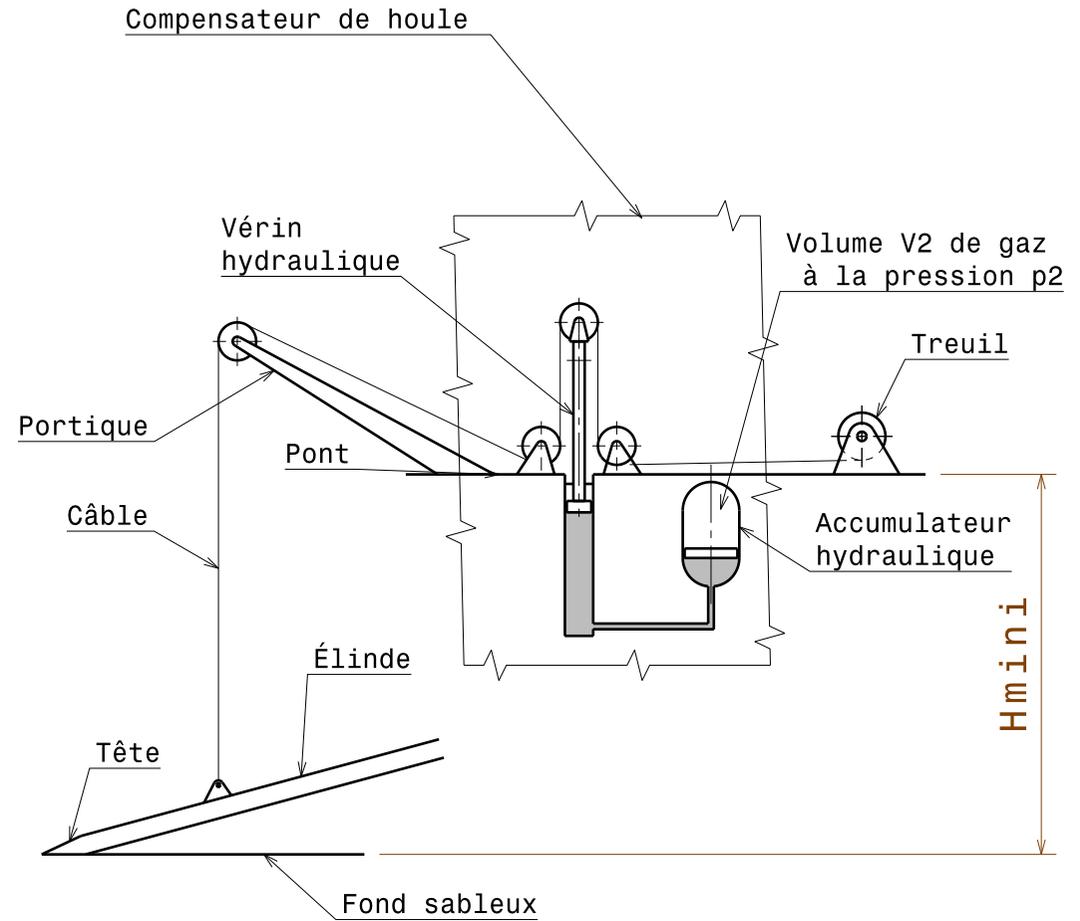
# Principe de fonctionnement du compensateur de houle

## Schéma simplifié, tout le système ramené dans le même plan

Navire en crête de houle :  $H_{maxi}$



Navire en creux de houle :  $H_{mini}$

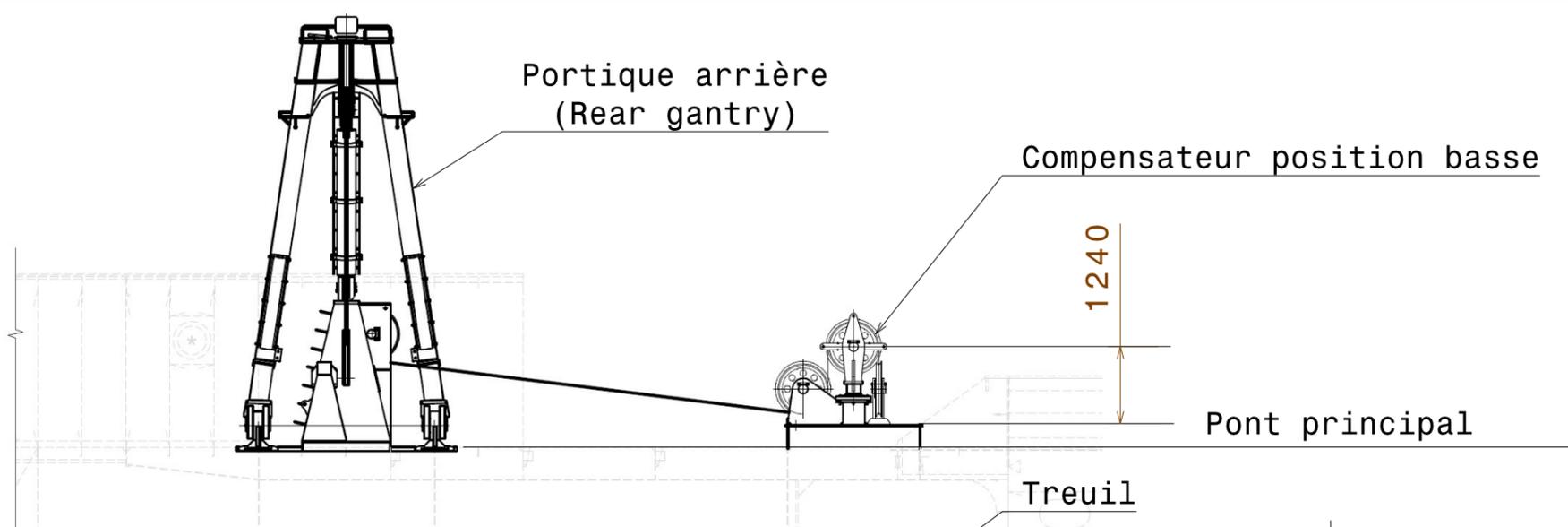


Document 1

H G F E D C B A

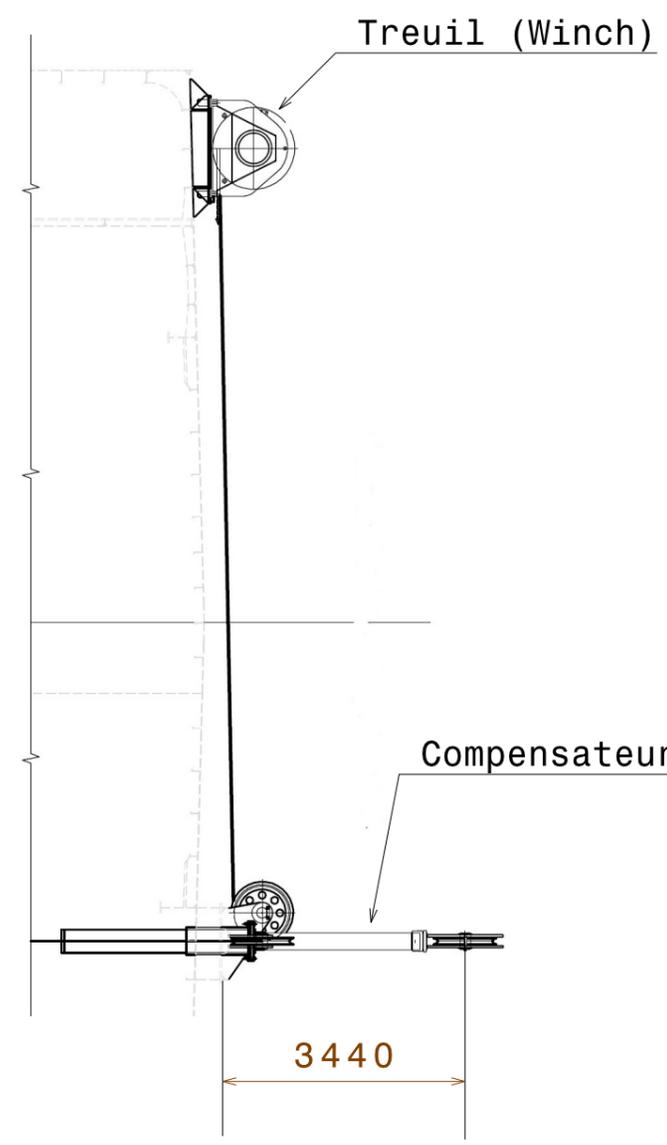
4

4



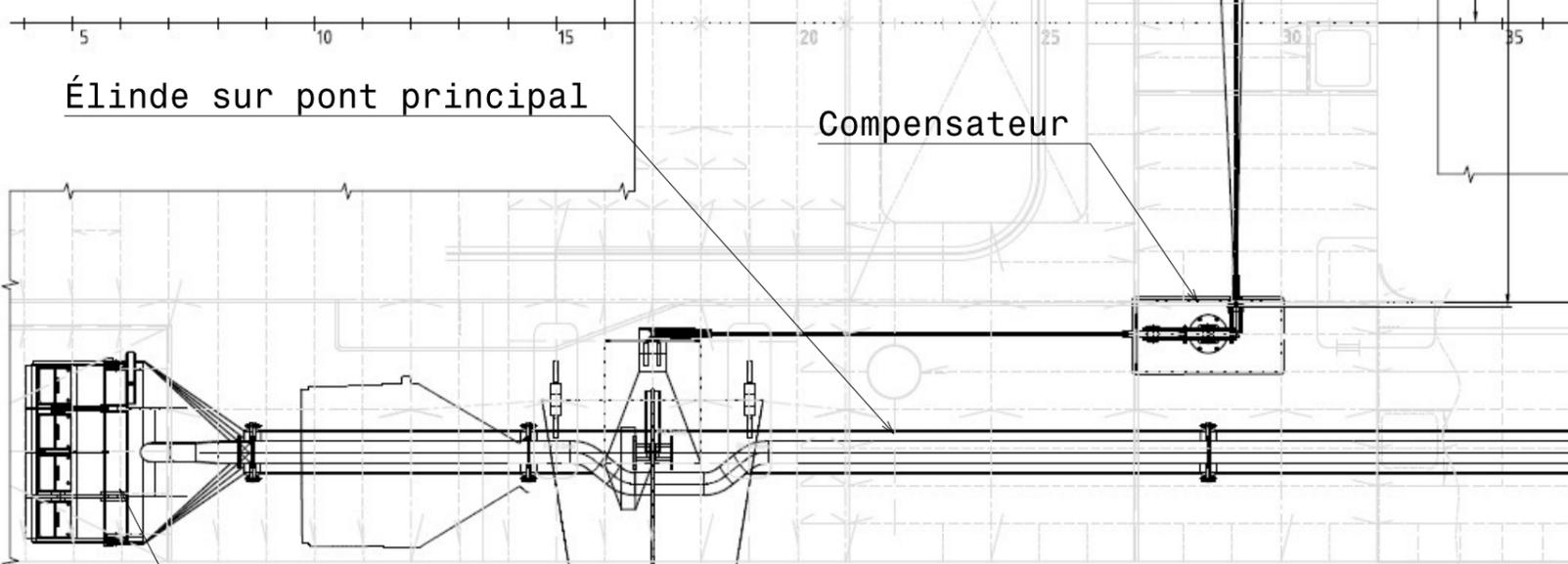
3

3



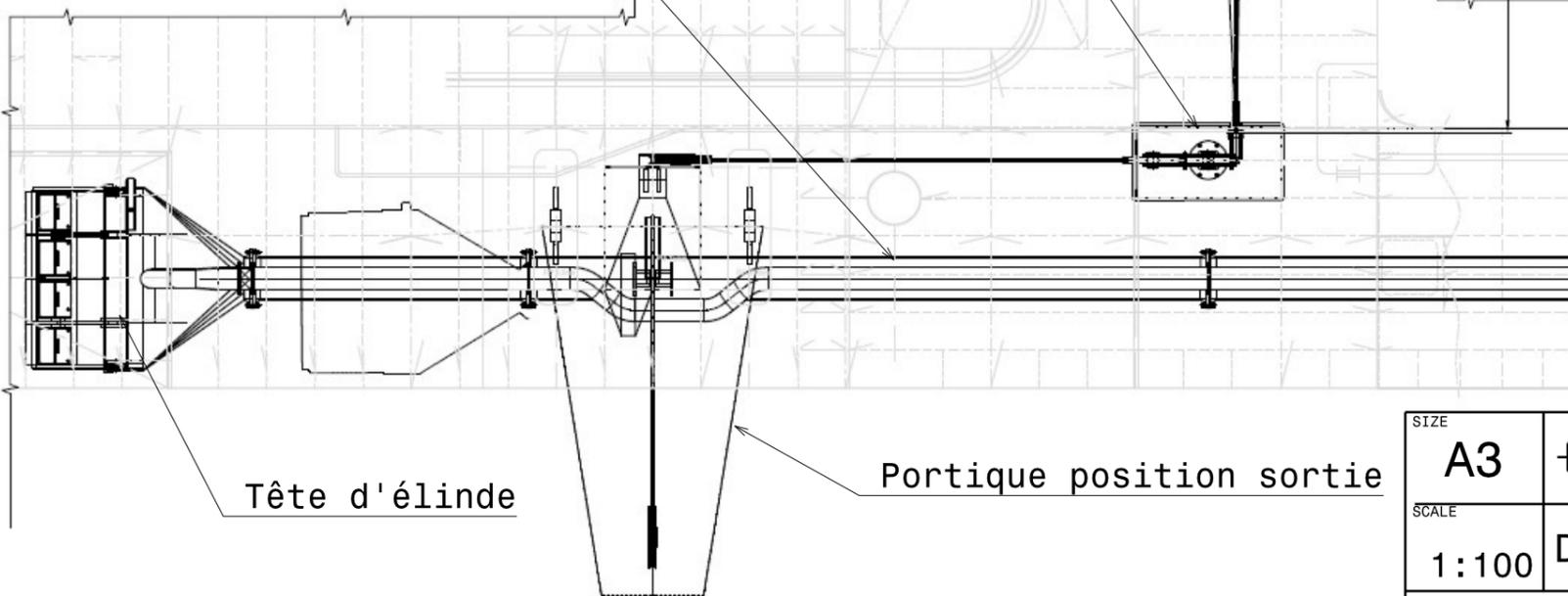
2

2



1

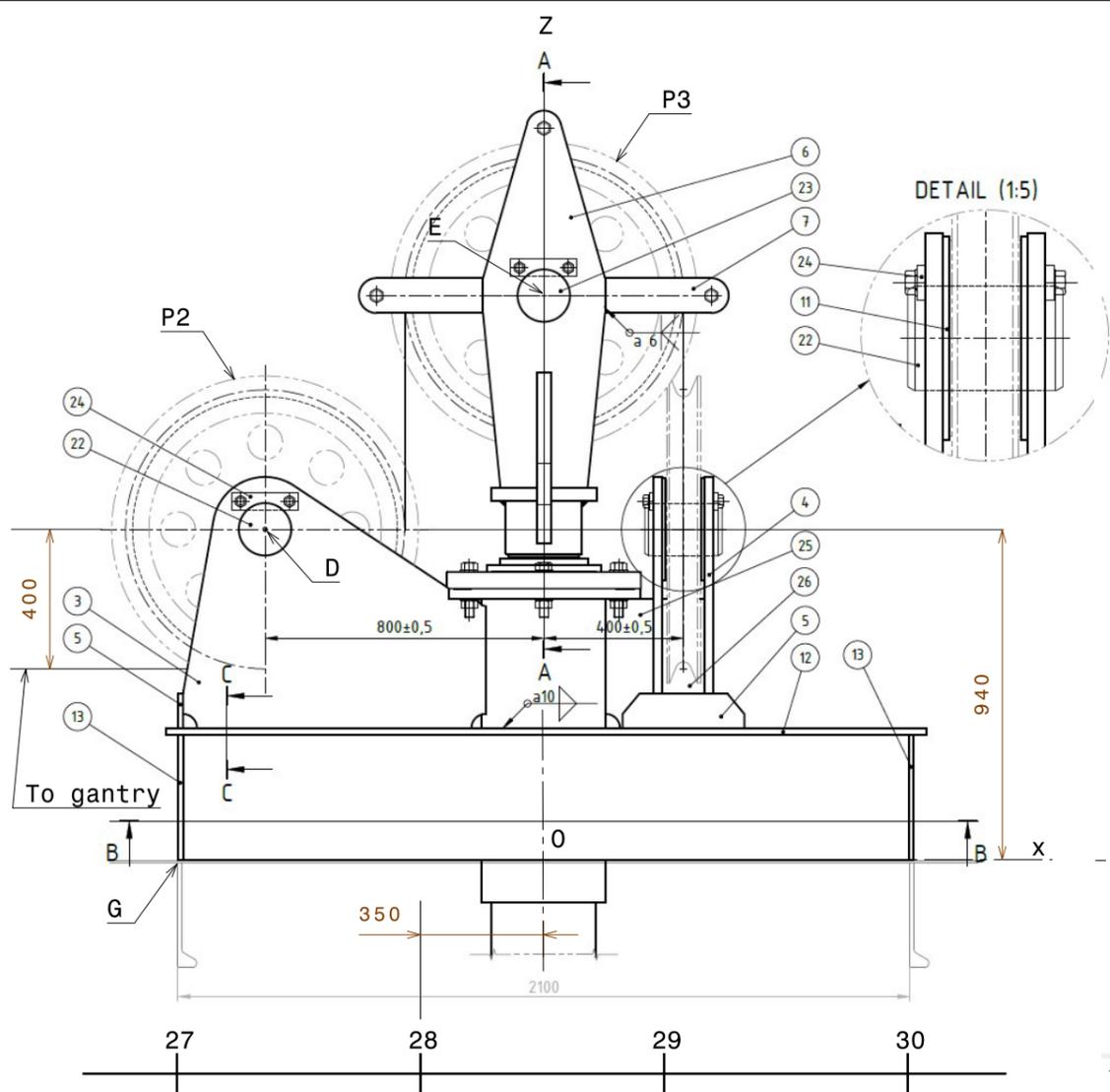
1



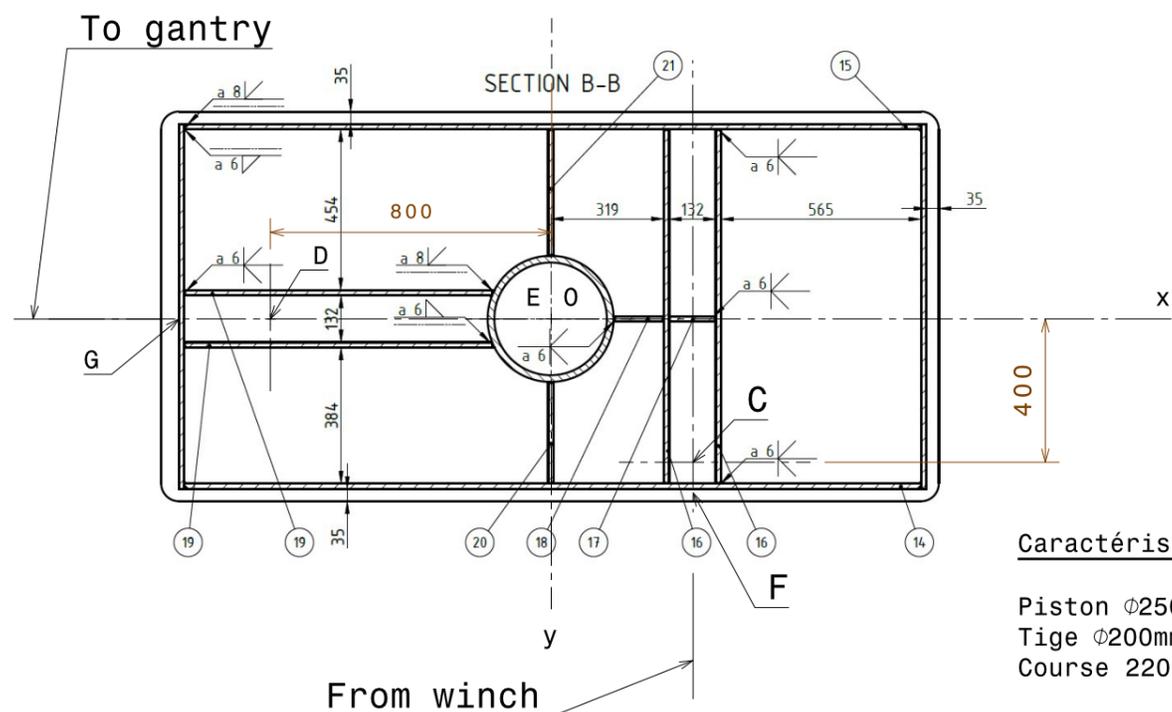
H G B A

SIZE <b>A3</b>		<b>Rear gantry winch arrangement</b>		Session 2018
SCALE 1:100	Doc. 2	BTS Construction Navale	SHEET <b>1/1</b>	Épreuve U42
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.				

CNE4CE A



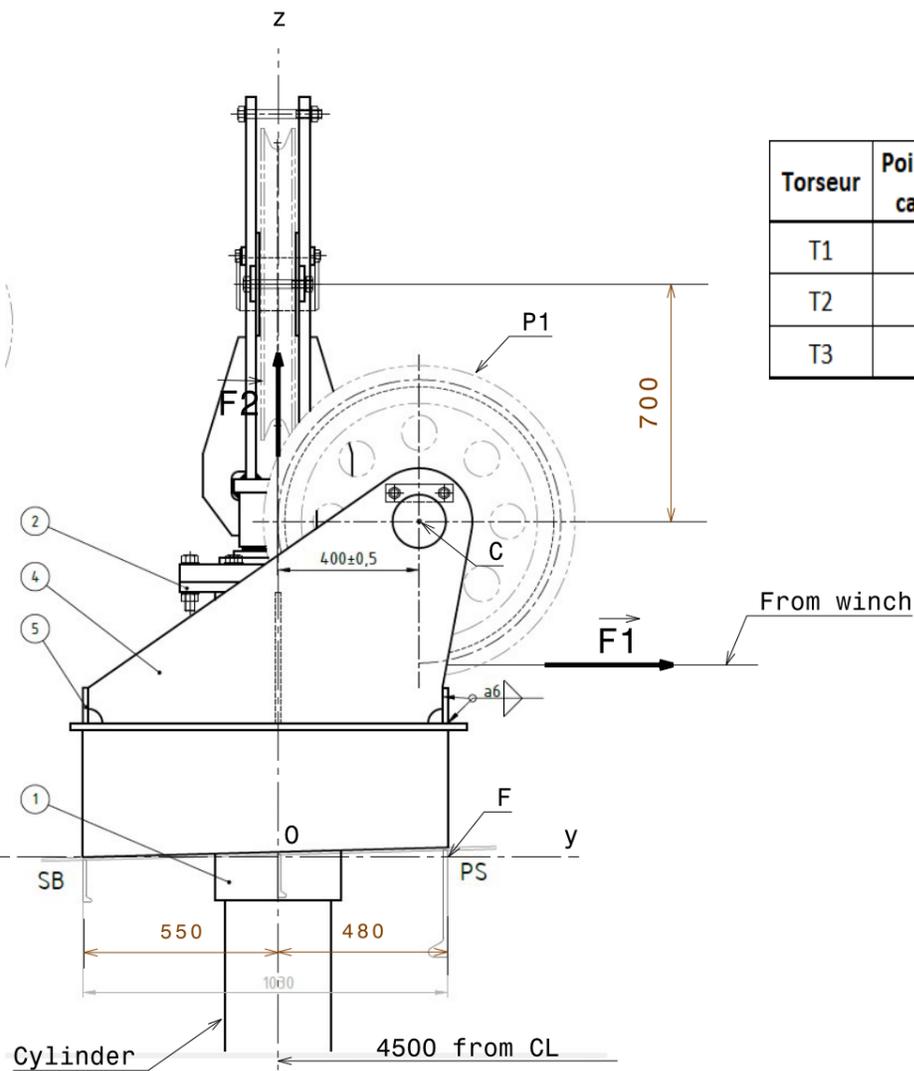
Frame spacing 700mm



From winch

Caractéristiques du vérin:

Piston  $\phi 250\text{mm}$   
Tige  $\phi 200\text{mm}$   
Course 2200mm



Question 1.2.5.

Point	x (mm)	y (mm)	z (mm)
O	0	0	0
C	400	400	940
D			
E			
F			
G			

Question 1.2.7

Torseur	Point de calcul	Résultante en KN			Moment résultant en KN.m		
		X	Y	Z	L	M	N
T1	F	0	483	483	-492,7	0	0
T2	G						
T3	O						

25	1	PLATE 370 x 136 - 15	S275JR
24	6	PLATE 190 x 50 - 12	S275JR
23	2	SHAFT $\phi 150 - 232$	C35
22	2	SHAFT $\phi 150 - 222$	C35
21	1	PLATE 357 x 320 - 15	S275JR
20	1	PLATE 287 x 320 - 15	S275JR
19	2	PLATE 869 x 320 - 15	S275JR
18	1	PLATE 141 x 320 - 15	S275JR
17	1	PLATE 132 x 320 - 15	S275JR
16	2	PLATE 1000 x 320 - 15	S275JR
15	2	PLATE 2081 x 358 - 15	S275JR
14	1	PLATE 2081 x 331 - 15	S275JR
13	2	PLATE 1030 x 358 - 15	S275JR
12	1	PLATE 2196 x 1100 - 20	S275JR
11	6	PLATE O.D. $\phi 292$ x I.D. $\phi 150 - 10$	AISI 316
10	1	PLATE 300 x 250 - 40	S275JR
9	1	PIPE O.D. 219.1mm - 22.2 mm L=150	S275JR
8	2	PLATE 560 x 120 - 40	S275JR
7	4	PLATE 355 x 100 - 15	S275JR
6	2	PLATE 1080 x 350 - 30	S275JR
5	4	PLATE 350 x 100 - 15	S275JR
4	2	PLATE 1085 x 720 - 25	S275JR
3	2	PLATE 847 x 720 - 25	S275JR
2	1	FLANGE O.D. 555mm I.D. 304 - 30mm	S275JR
1	1	PIPE O.D. 355.6mm - 19mm L=870	S275JR
Pos.	Qty.	Description	Material

Session 2018		<b>SWELL COMPENSATOR</b>		I	-
Épreuve U42				<b>CONSTRUCTION DRAWING</b>	
SIZE <b>A3</b>		<i>Document réponse</i>			
SCALE <b>1:20</b>				BTS Construction navale	
Doc. 3		SHEET <b>1/1</b>			
				C	-
				B	-
				A	-

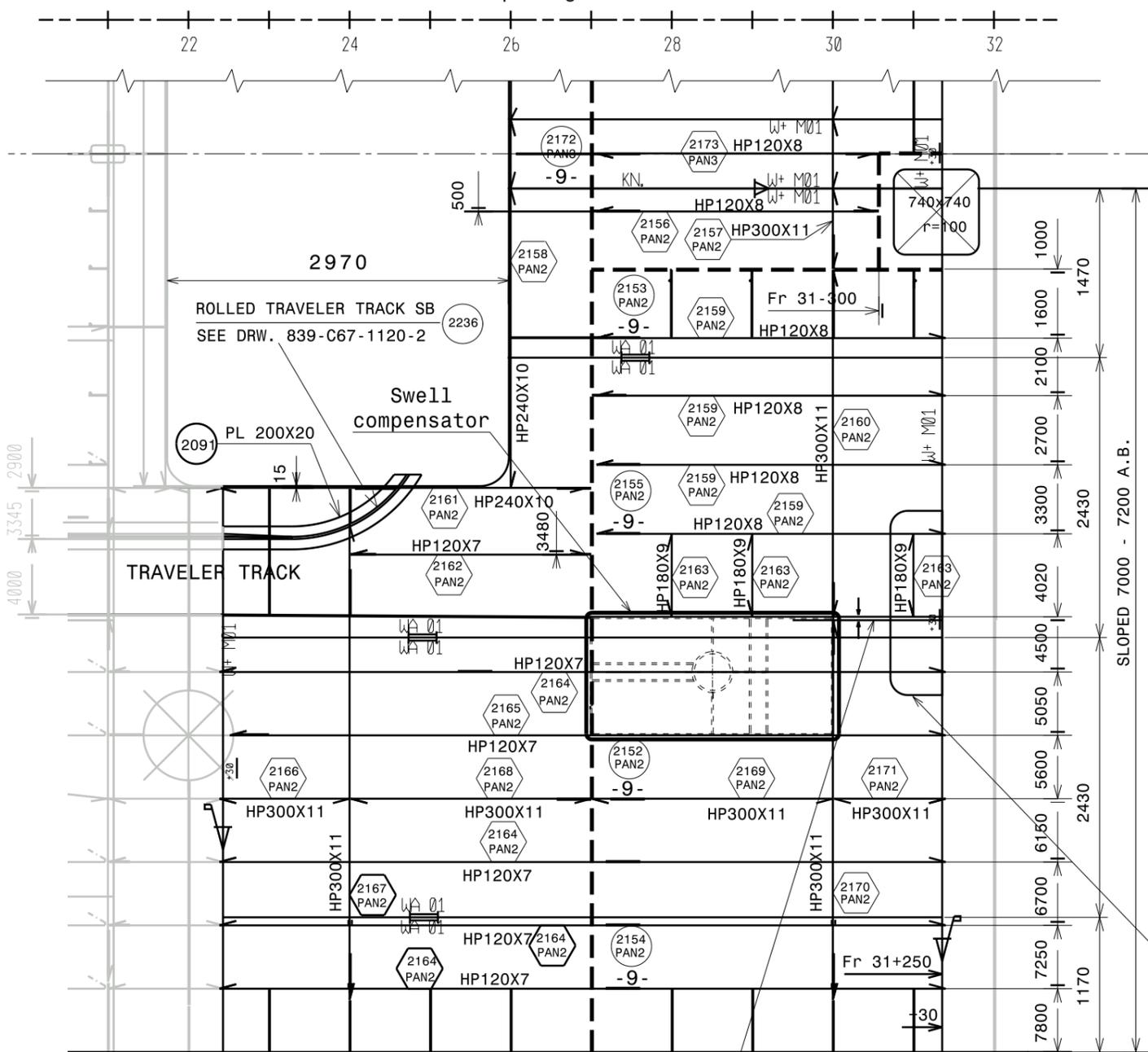
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

**MAIN DECK 7200 ABOVE BASE**  
Thickness 9mm

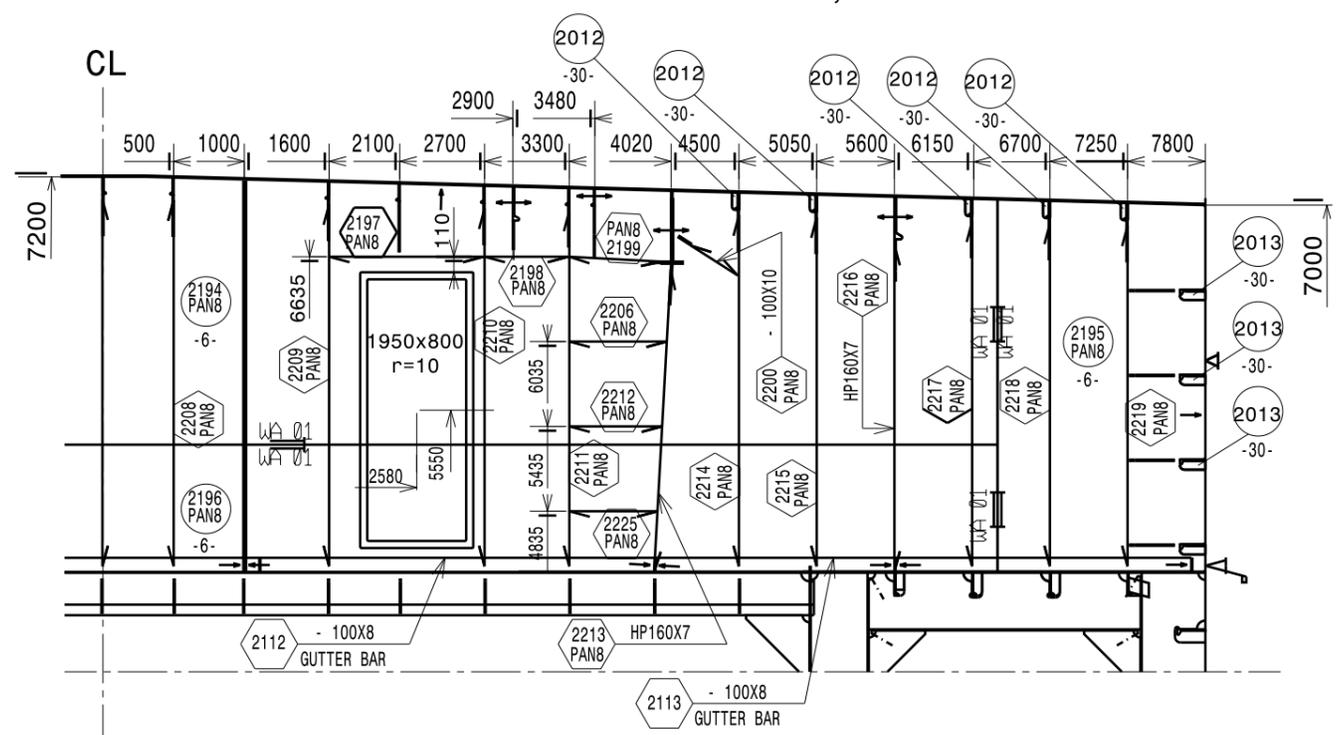
Frame spacing 700mm

**Symbols**

- Watertight bulkhead
- Plates
- ⬡ Profiles



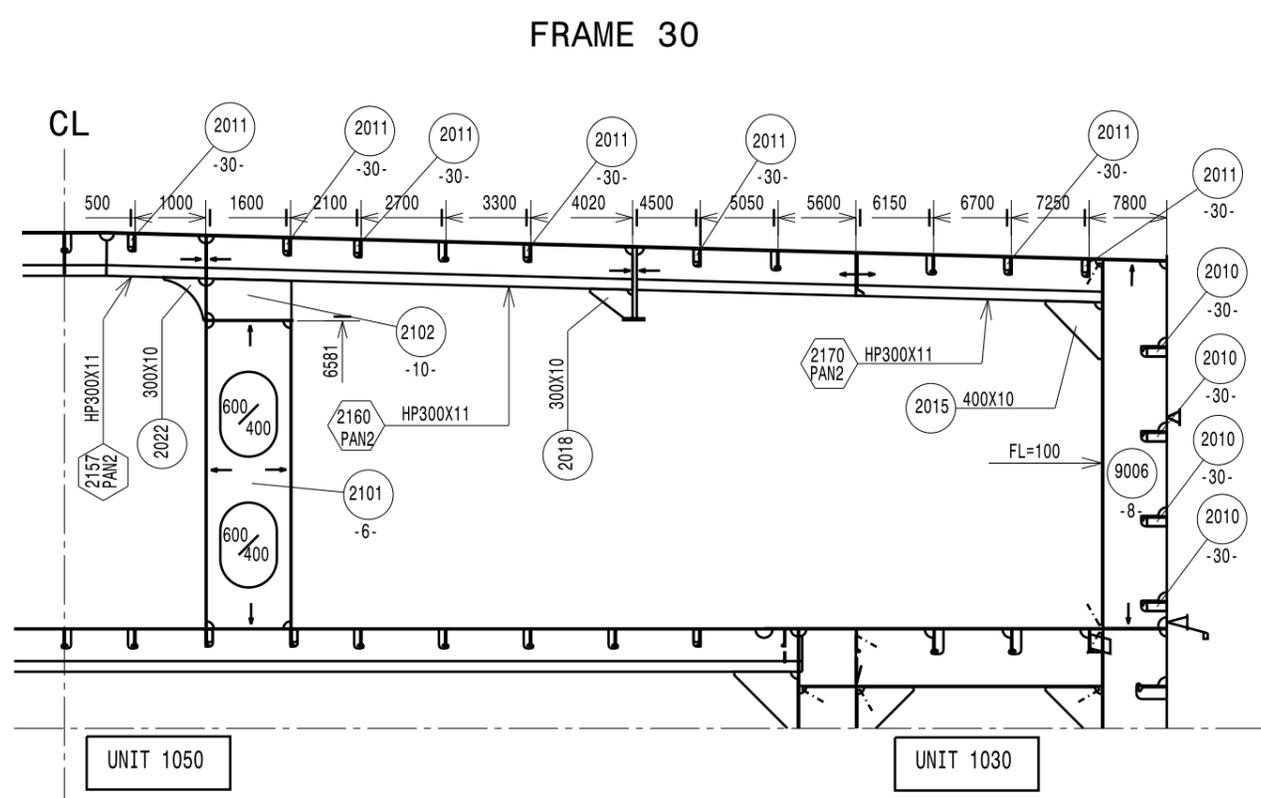
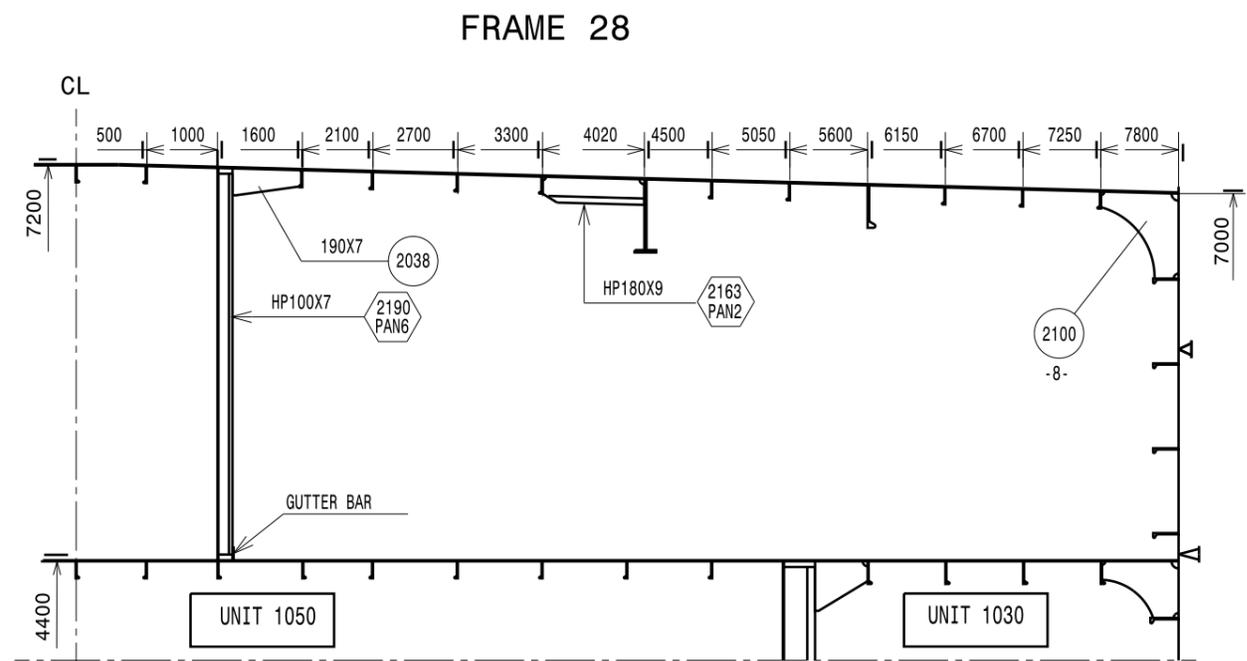
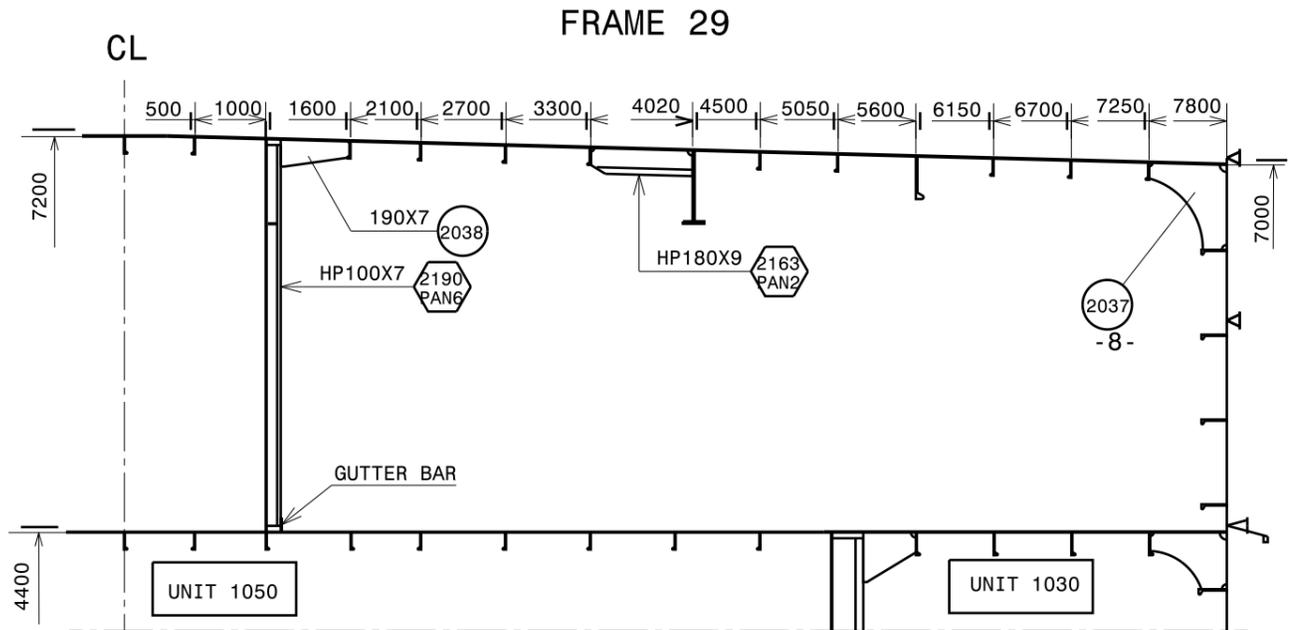
**FRAME 27**  
Thickness 6mm - All stiffeners HP120x8, UNO



Corner plate of 15mm  
in way of coaming delivered  
with foreship block

See 4020 off CL SB  
deck plate to be cut  
during block assembly

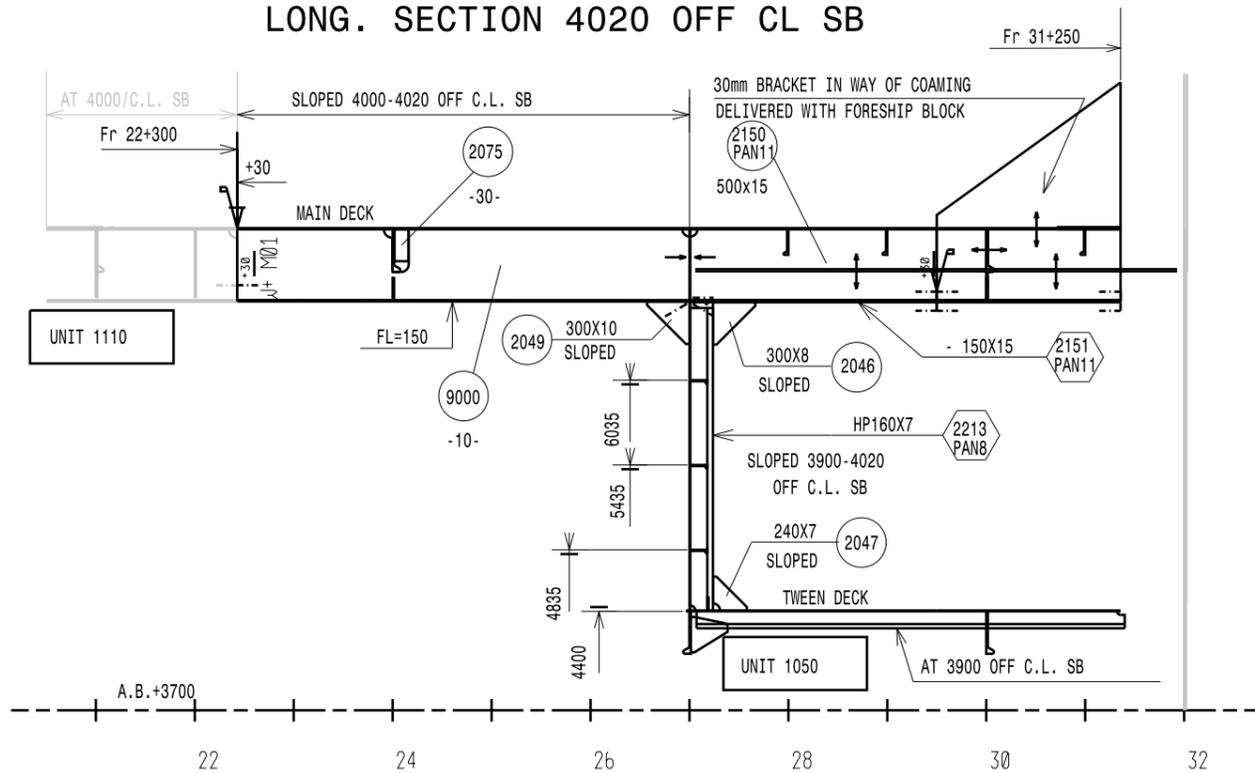
Session	2018	<b>Horizontal view Main deck Frame 27 - UNIT 1120</b>	I	-
Épreuve	U42		H	-
SIZE	A3	<b>Structure avant modification</b>	G	-
SCALE	1:50		F	-
	Doc. 4	<b>BTS Construction Navale</b>	E	-
			D	-
		<b>1/3</b>	C	-
			B	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			A	-



DATE:		<b>FRAMES 28 TO 30</b>		I	-	
Session 2018				H	-	
Épreuve		<b>UNIT 1120</b>		G	-	
U42				F	-	
SIZE		Structure avant modification		E	-	
A3				D	-	
SCALE	Doc. 4	BTS Construction Navale		C	-	
1:50				B	-	
			SHEET	2/3	A	-

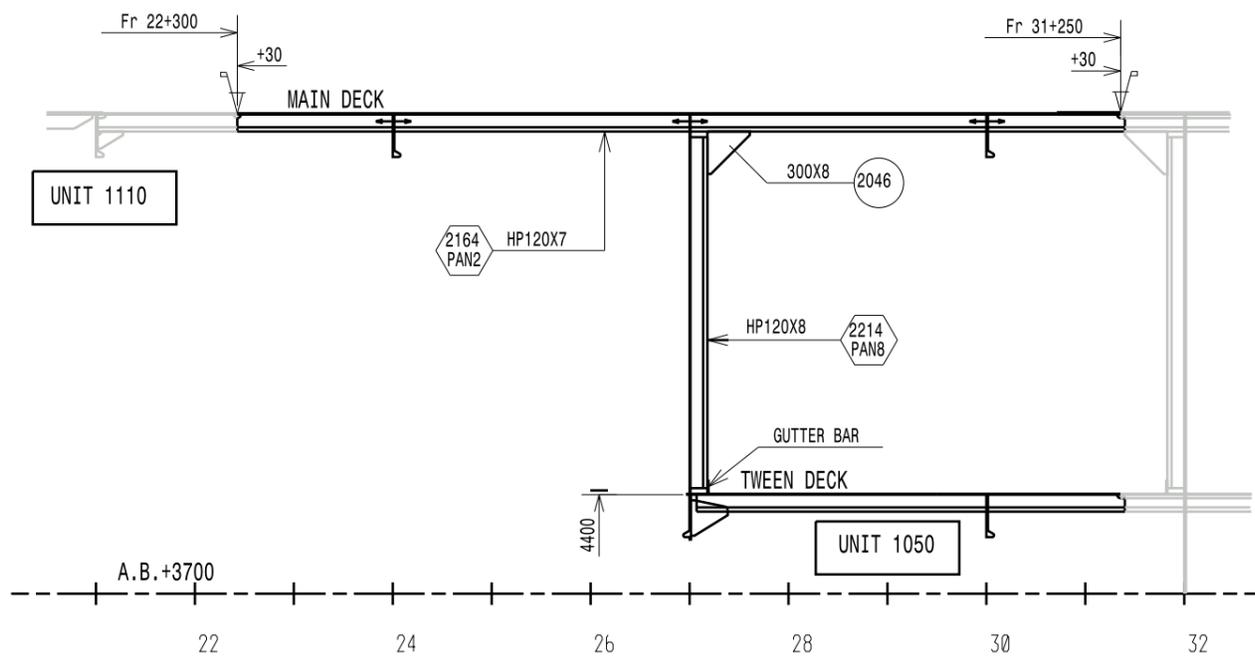
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

LONG. SECTION 4020 OFF CL SB

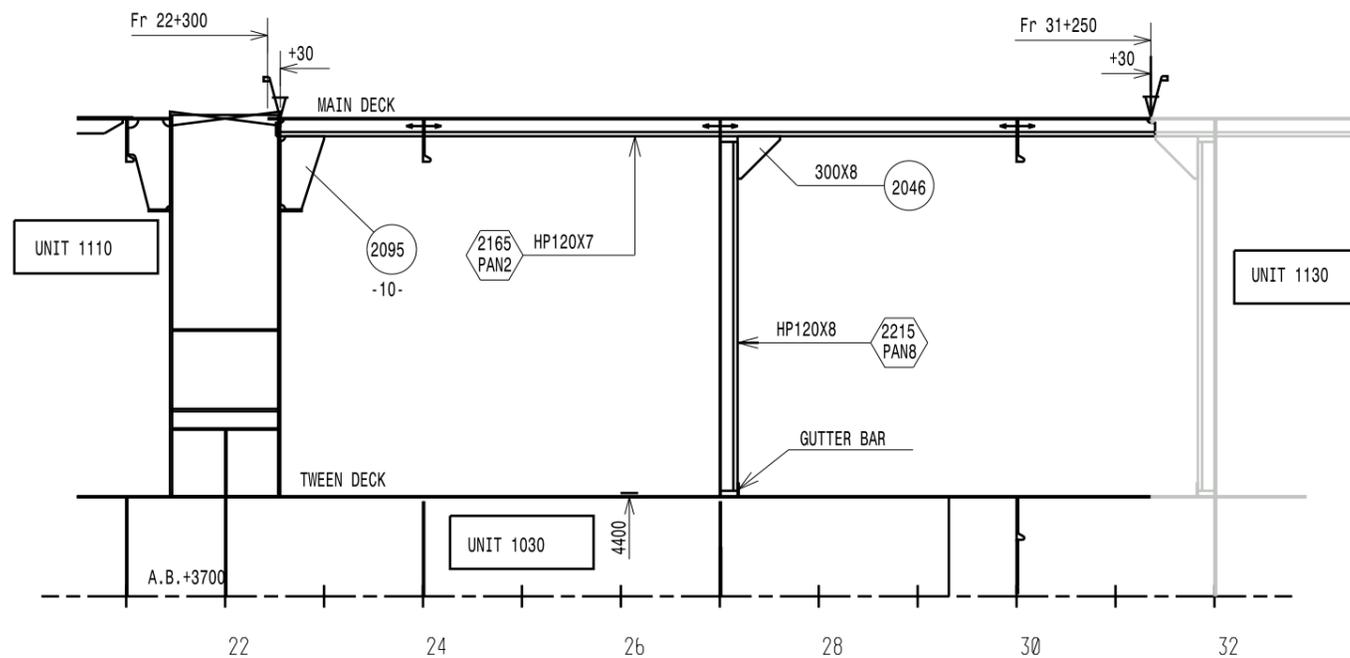


Frame spacing 700mm

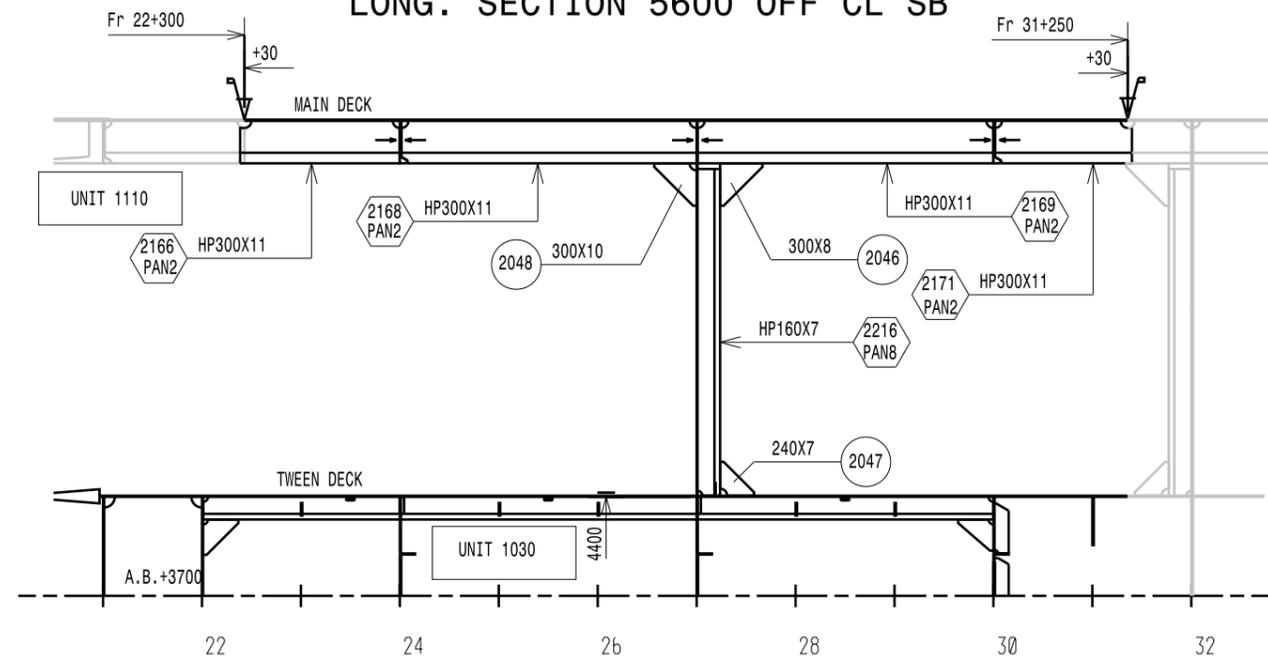
LONG. SECTION 4500 OFF CL SB



LONG. SECTION 5050 OFF CL SB

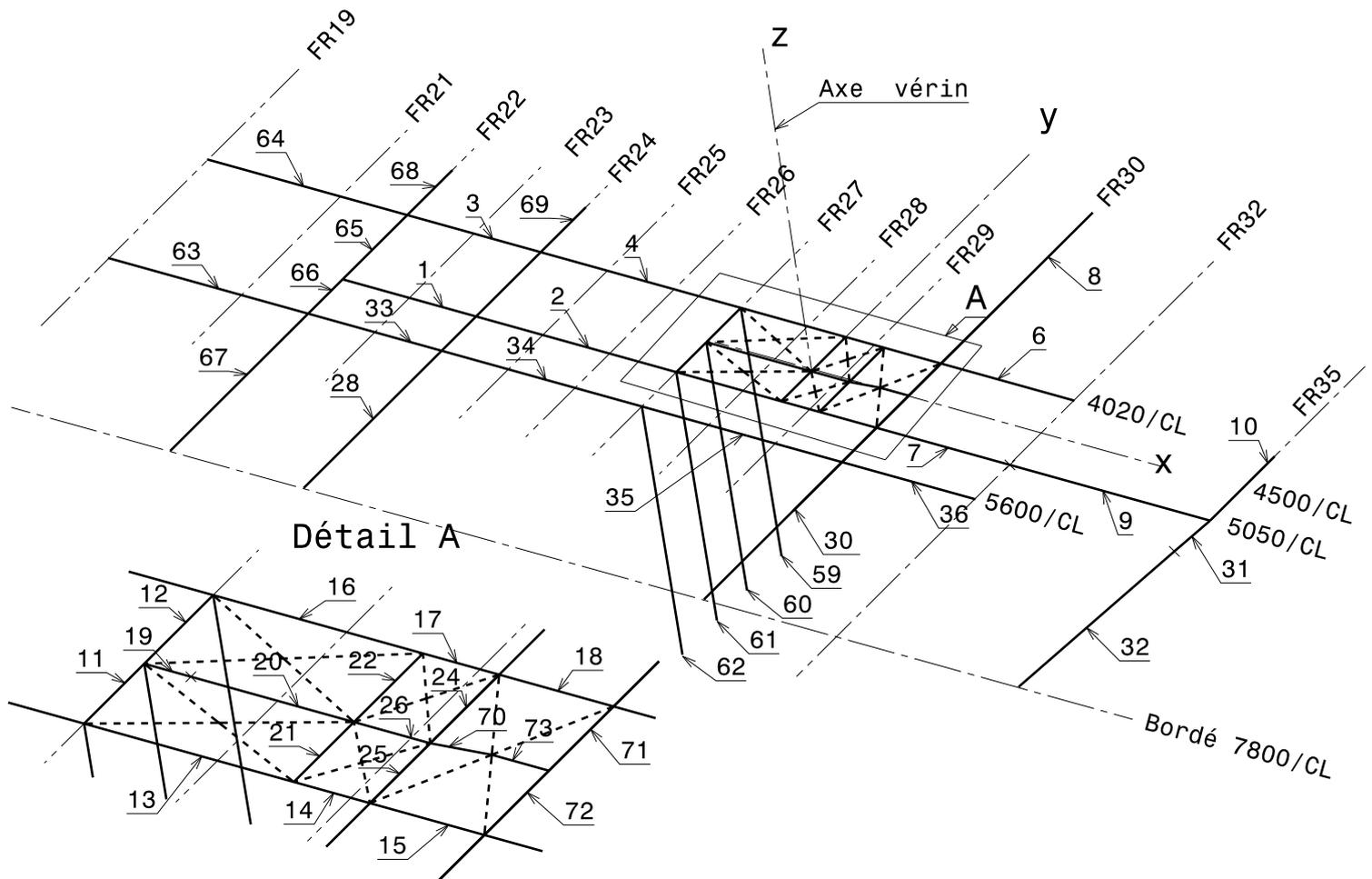


LONG. SECTION 5600 OFF CL SB



DATE:	Session 2018	Longitudinal sections 4020, 4500, 5050 and 5600 off CL SB - UNIT 1120	I	-
Épreuve	U42		H	-
SIZE	A3	Structure avant modification	G	-
SCALE	1:50 Doc. 4		F	-
DRAWING NUMBER	BTS Construction Navale	SHEET 3/3	E	-
			D	-
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.			C	-
			B	-
			A	-

Modélisation de la structure avant modifications



Résultats du calcul des contraintes

**Poutres longitudinales**

N°poutre	1	2	3	4	6	7	9	13	14
Contrainte $\sigma_m$ (MPa)	22	45	9.2	16.8	40.6	60.7	4.7	125	176,5
N°poutre	15	16	17	18	19	20	26	70	73
Contrainte $\sigma_m$ (MPa)	172	19.3	34.3	34.3	21	105	75.9	59	20.4
N°poutre	33	34	35	36	63	64			
Contrainte $\sigma_m$ (MPa)	8.6	21.3	61.5	90.8	6	6,8			

**Poutres transversales**

N°poutre	5	8	11	12	21	22	24	25	27	28
Contrainte $\sigma_m$ (Mpa)	6.9	61.8	53	57.5	31.3	35.8	109.9	99.9	14.3	6.2
N°poutre	29	30	65	66	67	68	69	71	72	
Contrainte $\sigma_m$ (MPa)	122.3	34.8	12.2	8.9	3	13.2	15.4	44.4	43.6	

**Poutres verticales**

N°poutre	59	60	61	62					
Contrainte $\sigma_c$ (MPa)	24.9	23	20	0					

## Extraits du règlement Bureau Véritas (traduction de l'anglais)

### 1. Largeur de bordé associé

1.1. La largeur de bordé associé, pour le calcul d'un raidisseur primaire dans un modèle poutre, est obtenue par la formule suivante :

- $bp = \min(s ; 0,2\ell)^*$  si le bordé s'étend de chaque côté du raidisseur.
- $bp = 0,5 \cdot \min(s ; 0,2\ell)$  si le bordé n'est que d'un seul côté du raidisseur (dans le cas où le raidisseur est limitrophe d'une ouverture par exemple).

\*  $\min(a ; b) =$  plus petite des 2 valeurs a et b

1.2. La largeur de bordé associé, pour le calcul d'un raidisseur ordinaire, est obtenue par la formule suivante :

- $bp = s$  si le bordé s'étend de chaque côté du raidisseur.
- $bp = 0,5s$  si le bordé n'est que d'un seul côté du raidisseur (dans le cas où le raidisseur est limitrophe d'une ouverture par exemple).

Avec :

- s écartement des raidisseurs et  $s = (s_1 + s_2) / 2$  si l'écartement des raidisseurs n'est pas constant où  $s_1$  et  $s_2$  sont les écartements des 2 raidisseurs adjacents.
- $\ell$  est la portée du raidisseur

### 2. Plat boudin – Section équivalente

Un plat boudin peut être remplacé par un synthétique équivalent.

Les dimensions de la section équivalente sont obtenues, en mm, par les formules suivantes :

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9,2} + 2$$

$$t_w = t'_w$$

$$b_f = \varphi \left[ t'_w + \frac{h'_w}{6,7} - 2 \right]$$

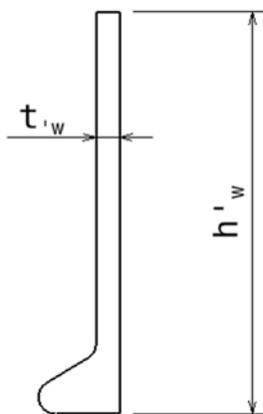
$$t_f = \frac{h'_w}{9,2} - 2$$

$\varphi$  coefficient equal to :

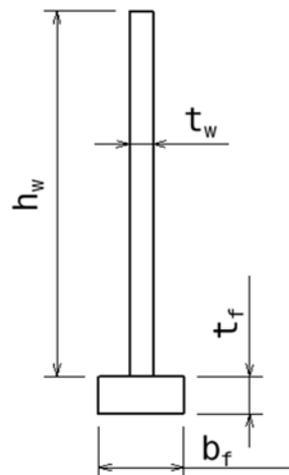
$$1,1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000} \quad \text{for } h'_w \leq 120$$

$$1 \quad \text{for } h'_w > 120$$

Plat boudin

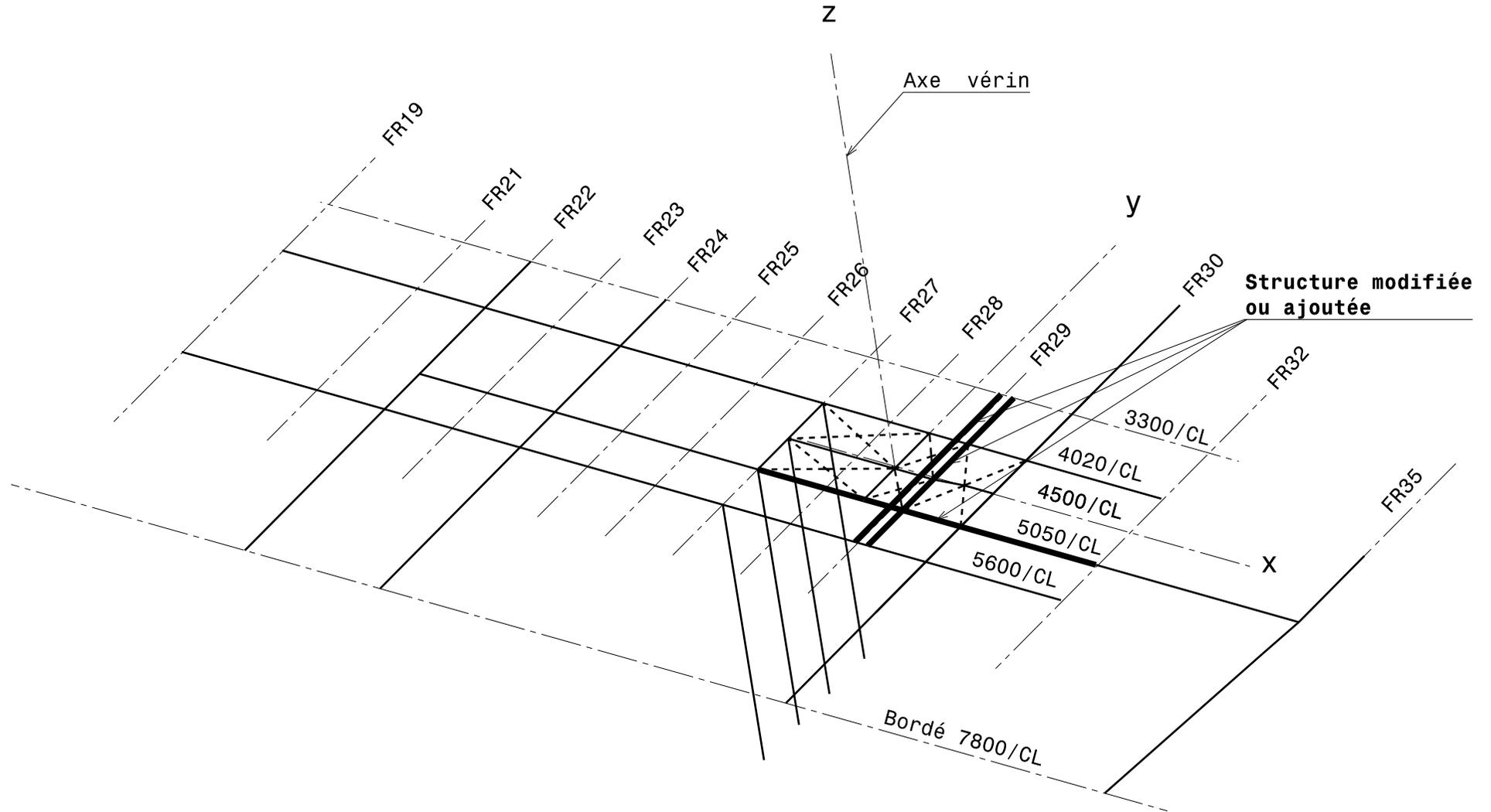


Synthétique équivalent



La désignation d'un profil plat boudin est : HP  $h'_w \times t'_w$

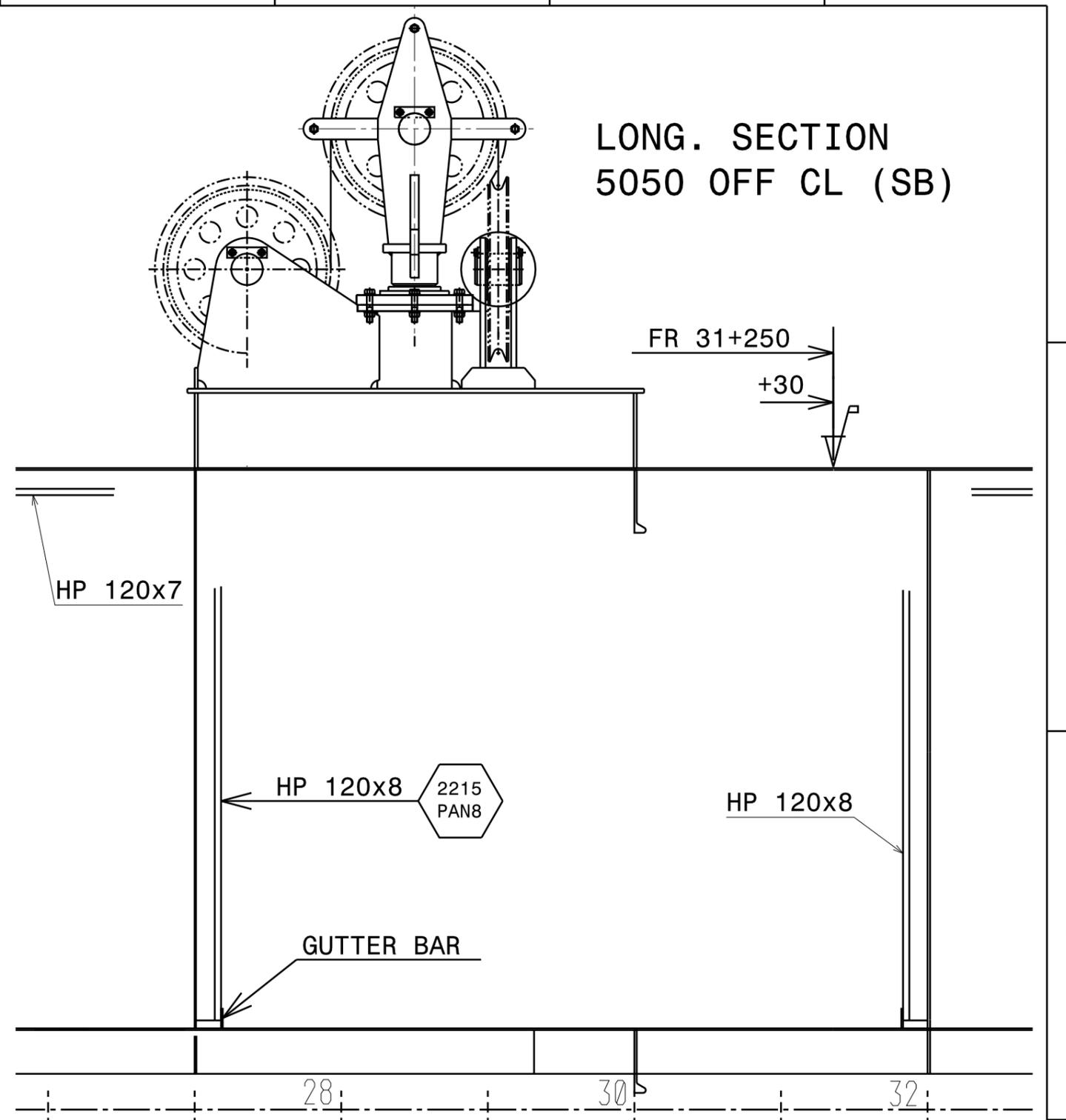
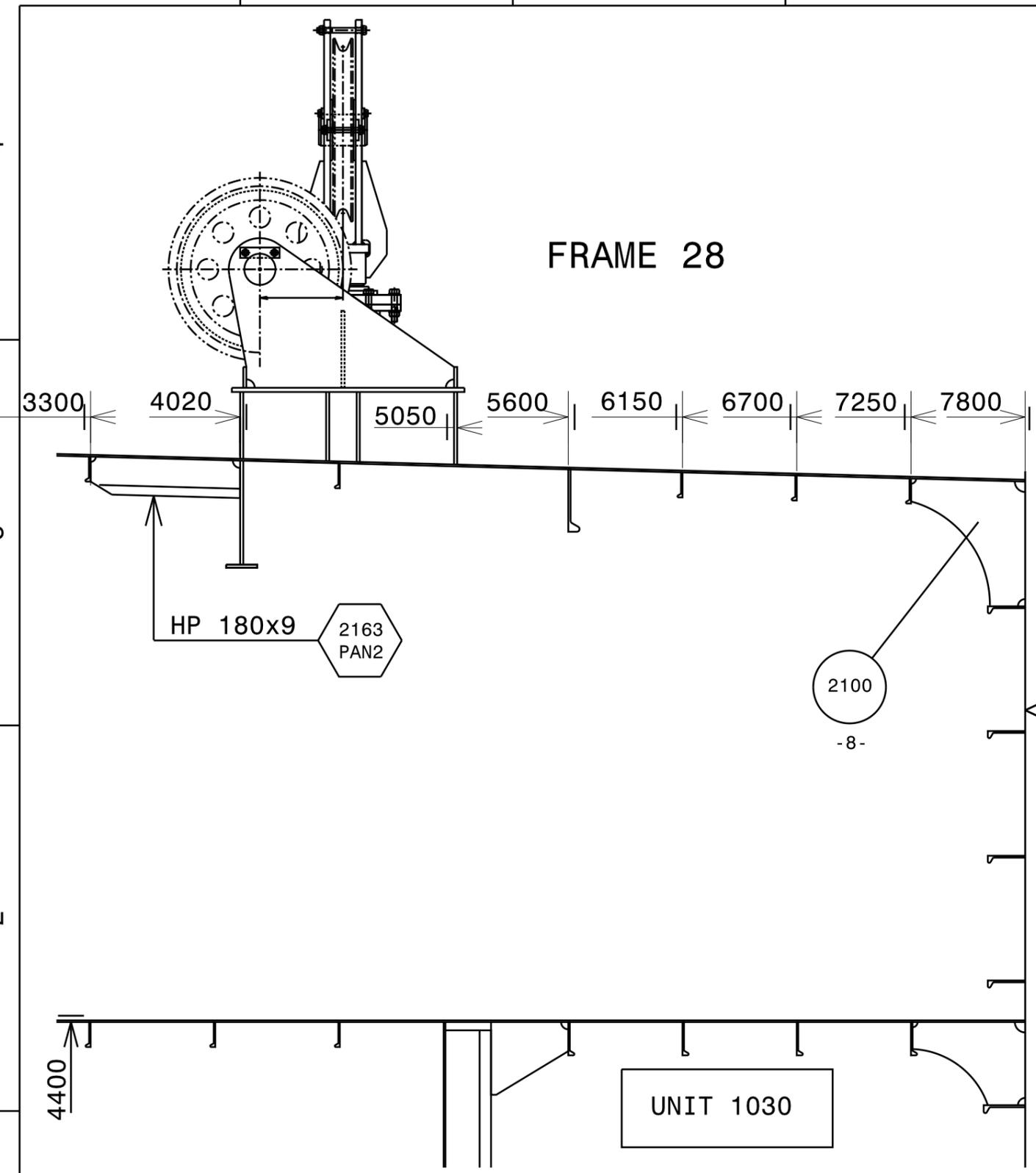
Modélisation de la structure après modifications



H G F E D C B A

LONG. SECTION  
5050 OFF CL (SB)

FRAME 28



DATE:	Session 2018	Reinforced structure at 5050 off CL (SB)	I	-
Épreuve	U42		H	-
SIZE	A3	<i>Document réponse</i>	G	-
SCALE	1:25 Doc 8		F	-
			E	-
			D	-
			C	-
			B	-
			A	-

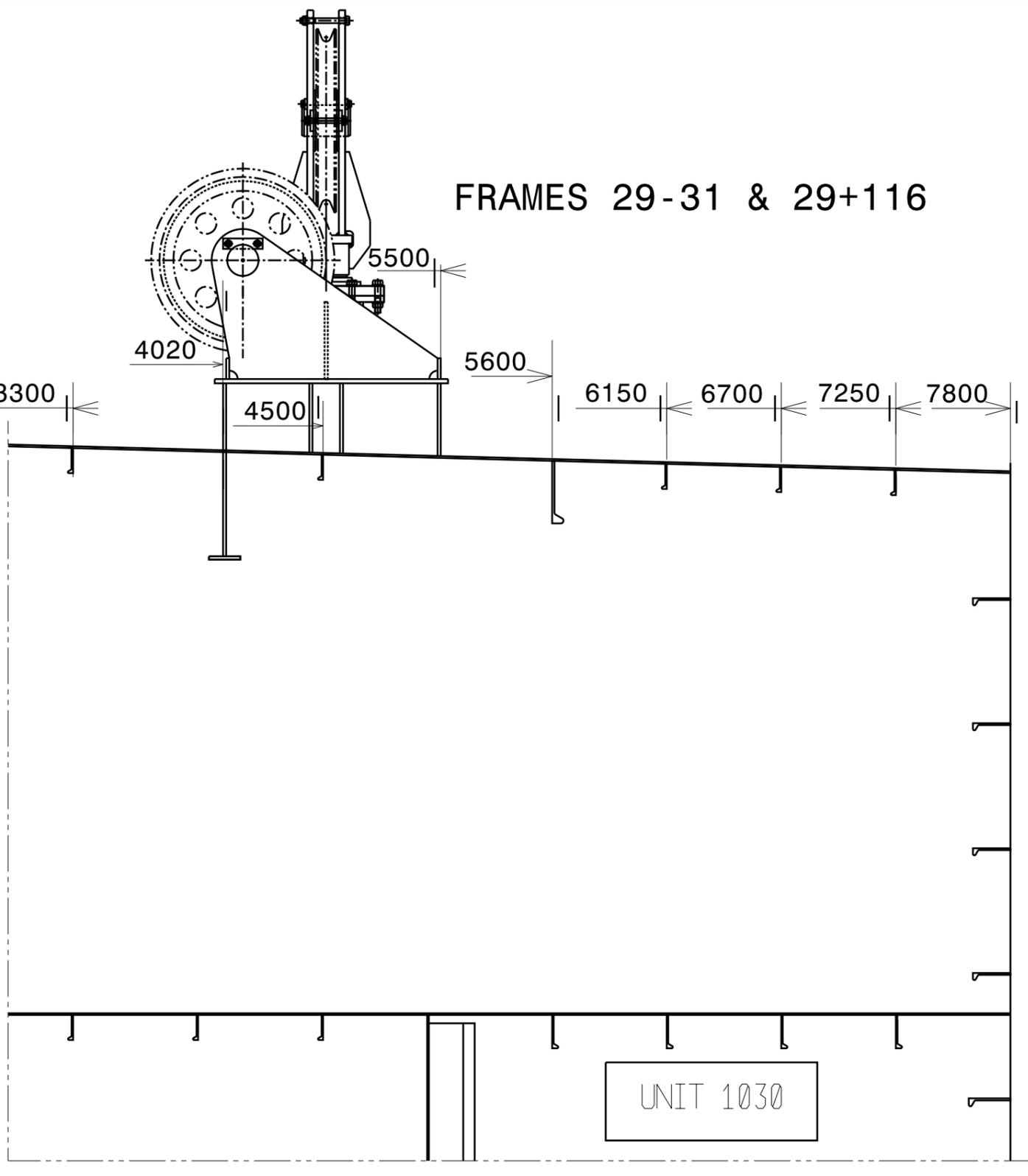
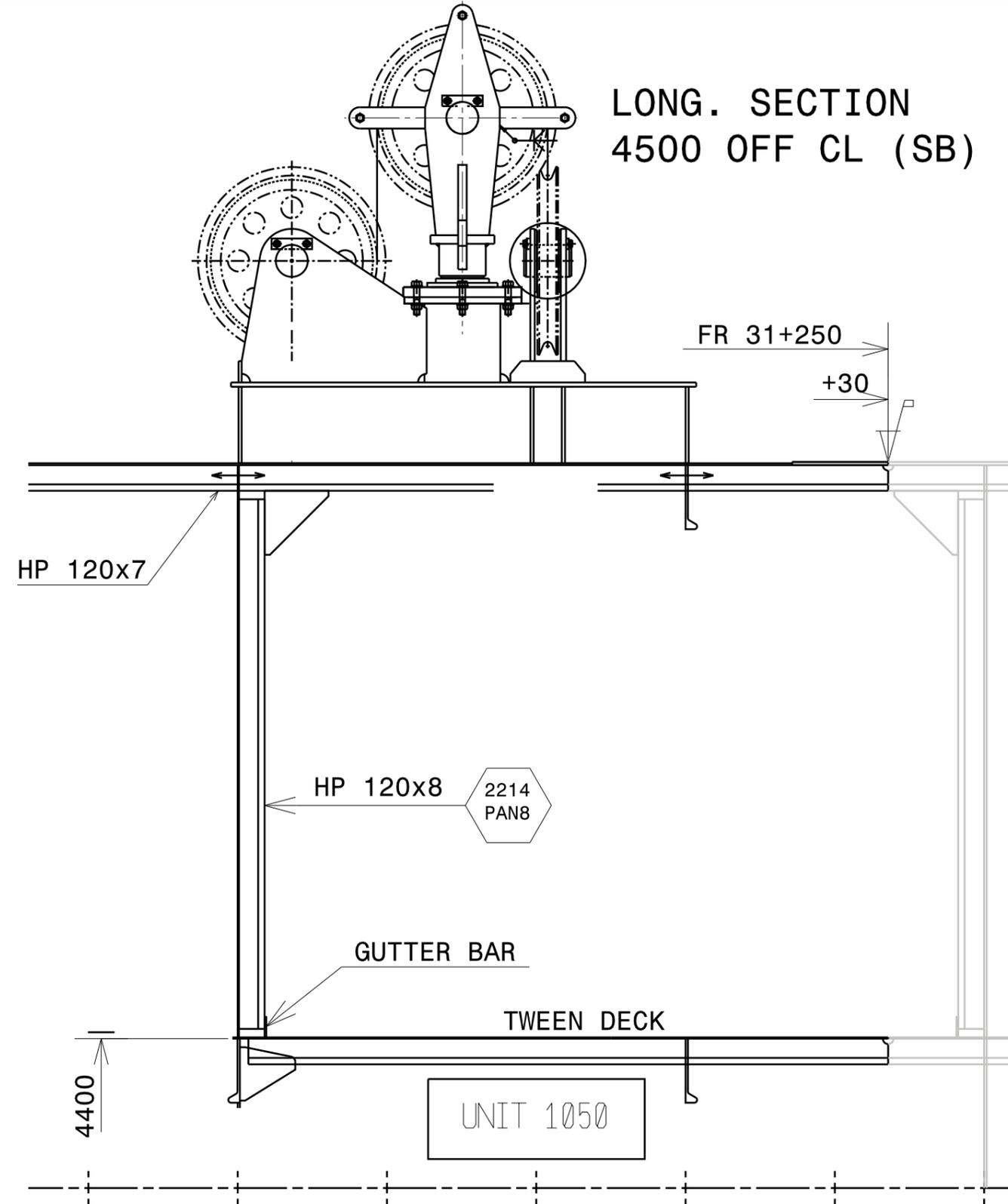
This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

H G B A CNE4CE

H G F E D C B A

LONG. SECTION  
4500 OFF CL (SB)

FRAMES 29-31 & 29+116



26 28 30 32

DATE: Session 2018		New structure at frames 29-31 and 29+116		G	-
SIZE A3				F	-
SCALE 1:25 Doc 8		BTS Construction Navale		E	-
				D	-
			CNE4CE	C	-
				B	-
				A	-

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

H G B A