

***DÉPOSITIONS,***  
***AVIS***  
***&***  
***COMMENTAIRES***

Société Civile Professionnelle

[Redacted box]

Avocats associés au Barreau de Paris

[Redacted box]

Avec la collaboration de :

[Redacted box]

(\*) Avocat au Barreau de Marseille

[Redacted box]

TELEPHONE : 01.46.22.61.73  
TELEFAX : 01.47.64.90.78

[Redacted box]

Toque Palais : P160

**MINISTERE DE L'EQUIPEMENT DES  
TRANSPORTS ET DU LOGEMENT**  
*Bureau Enquêtes Accidents/Mer*  
22, rue Monge  
75005 PARIS

A l'attention de M<sup>rs</sup> Touret et Guilbert

Nos Réf. :  
**20001031 - PS/BP/DB**

Paris, le 27 novembre 2001

**Par télécopie : 01 40 81 38 42**

**"IEVOLI SUN"**

Messieurs,

Nous avons bien reçu votre projet de rapport d'enquête définitif concernant la perte totale du navire "IEVOLI SUN".

MADAME n'attend pas formuler de remarques particulières

Le système hydraulique FRAMO, installé très classiquement sur un très grand nombre de navires s'est révélé défaillant dans le cas très particulier de mise en court-circuit d'une partie du système électrique par introduction d'eau de mer dans les locaux de l'avant. Cette anomalie était évidemment indécélable et n'a d'ailleurs été découverte par aucun des armateurs utilisateurs de ce système.

La société FRAMO, en collaboration avec une des grandes sociétés de classification, a déjà proposé les modifications nécessaires. Vous en trouverez ci-joint copie.

La conception actuelle des dégagements d'air automatiques ne permet pas aux armements ni aux sociétés de classification de surveiller un développement éventuel de l'oxydation dans les parties inaccessibles. Les différentes visites que vous avez effectuées ont démontré que le problème existait sur un grand nombre de navires et était jusqu'à maintenant inconnu de toute la profession.

Votre note technique (*annexe D du rapport*) en attirant l'attention de l'ensemble de la communauté maritime (et notamment des constructeurs) sur ce point permettra une meilleure prise en compte de ce problème.

L'armement MARNABI tient à préciser que, conformément à son souci permanent de sécurité, elle a déjà fait procéder à la visite et la réfection des dégagements d'air de tous ses navires et aux nécessaires modifications du système FRAMO.

Sent by:

IACS

To: a.gpg@iacc.org.uk

cc:

Subject: 0233\_RIF, IEVOLI SUN - FRAMO system

To:

Copy to:

Ref.:

RINA's previous e-mail message Rtd dated 2 Feb. 2001

With reference to the RINA/FRAMO working group mentioned in para. 6 of my previous message in reference, I would like to inform you on the outcome of the collaborative effort to find out corrective measures for integrated FRAMO systems:

1. RINA and FRAMO agreed to include in the new integrated FRAMO systems an emergency override switch installed in each starters, in order to make the system totally independent of the control system;
2. FRAMO carried out a study and proposed a detailed solution to RINA (see enclosed sketch that is referred to a specific ship and it is not to be intended as applicable to all vessels; in fact, this facility is to be adapted to the specific arrangement of each ship);
3. RINA examined and approved the proposed emergency override facility to be installed for emergency ballasting;
4. RINA has already started requesting the override arrangement for emergency ballasting on any RINA classed newbuildings under construction and will require it on future vessels.
5. RINA wrote to all the owners of chemical tankers classed by RINA in order to advise them of potential problems to ballasting systems, require detailed information on the system's characteristics and identifying possible corrective actions on a case-by-case basis.

The above information could be useful to other Members having FRAMO systems installed on their classed ships and should be passed to the AHG/POF for their consideration and further discussion on safety aspects related to fore peak flooding.



# annexe A

## DÉCISION

### d'ouverture d'enquête

Pour la recherche des causes ayant conduit au naufrage du *IEVOLI SUN*, la CPEM a été réunie dans la formation suivante :

- **co-présidents**

- l'administrateur général des affaires maritimes **Georges TOURET**, *directeur du BEAmer*.
- l'administrateur général<sup>(2S)</sup> des affaires maritimes **Jean-Louis GUIBERT**, *secrétaire général de l'Institut français de navigation*.

- **experts**

- l'ingénieur-mécanicien **Daniel DREVET**, *expert machines du BEAmer*.
- l'ingénieur civil du génie maritime **Bernard PARIZOT**, *expert coques du BEAmer*

D'autres experts (commandants de navires chimiquiers, hydrodynamiciens, experts en travaux offshore et sous-marins, experts ISM et vetting) ont été consultés.

Les travaux de la Commission ont été rapportés par M. **Bernard LION**, se-



Ministère  
de l'équipement,  
des transports,  
& du logement

Inspection générale  
des services des  
affaires maritimes

Bureau des  
enquêtes  
techniques &  
administratives  
après accidents  
et autres  
événements de mer  
(BEA mer)

Le directeur

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
*Liberté Égalité Fraternité*



Paris, le 31 OCT. 2000

N/Réf.: BEA / IGSAM / METL

N° 00530

## DÉCISION

**Le directeur du Bureau des enquêtes après accidents et autres événements de mer ;**

**Vu** le décret n°81.63 du 20 janvier 1981 relatif aux enquêtes techniques et administratives sur les accidents et incidents de navires ;

**Vu** l'arrêté ministériel du 16 décembre 1997 portant création du Bureau des enquêtes techniques et administratives après accidents et autres événements de mer (BEA-mer) ainsi que d'une Commission permanente d'enquête (CPEM), et déléguant au directeur du BEA-mer la nomination des membres de la CPEM ;

**Vu** la décision ministérielle du 17 décembre 1997 portant nomination du directeur du Bureau des enquêtes techniques et administratives après accidents et autres événements de mer ;

**Vu** la décision BEA/mer n°250 du 22 mai 2000 relative à la composition de la CPEM ;

**Vu** le SITREP n°1 du 30 octobre 2000 établi par le CROSS CORSEN.

## DÉCIDE

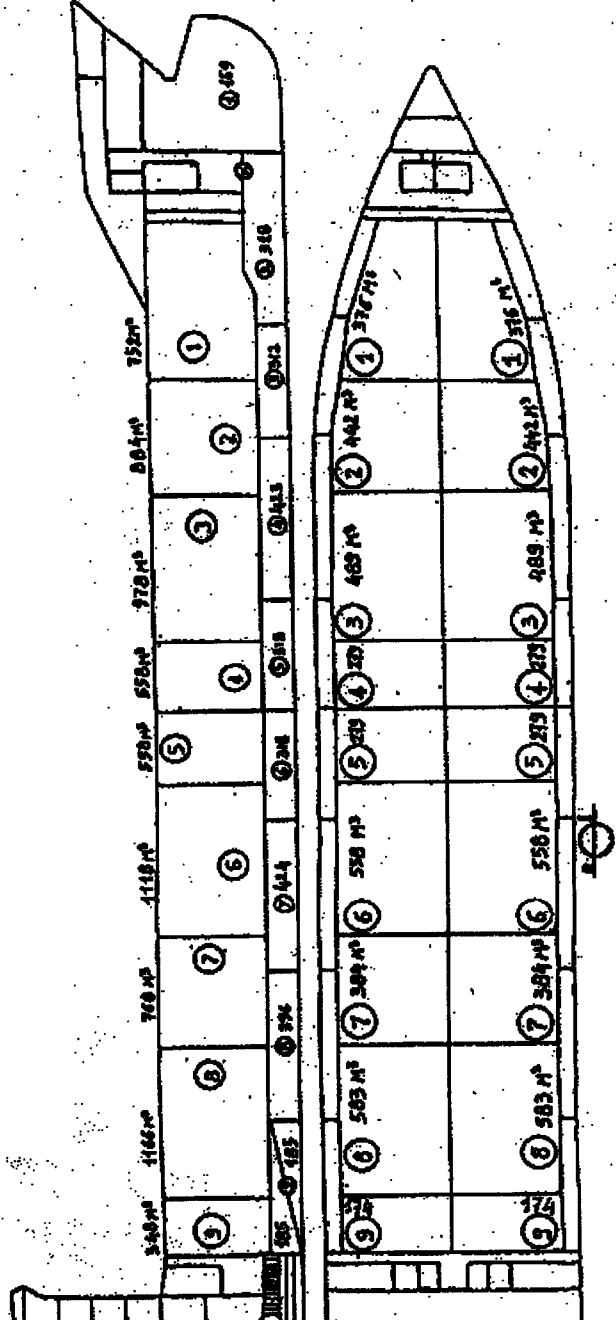
**Article 1<sup>er</sup>** - En vue d'en rechercher les causes et d'en tirer les enseignements qu'il comporte pour la sécurité maritime, la voie d'eau (avec pollution) survenue le 30 octobre 2000, suivi du naufrage le 31 octobre 2000, au navire chimiquier italien *LEVOLI SUN* à une quarantaine de MN dans le Nord de l'île de Batz, fera l'objet d'un examen par la Commission permanente d'enquête prévue à l'article 2 de l'arrêté susvisé du 16 décembre 1997.

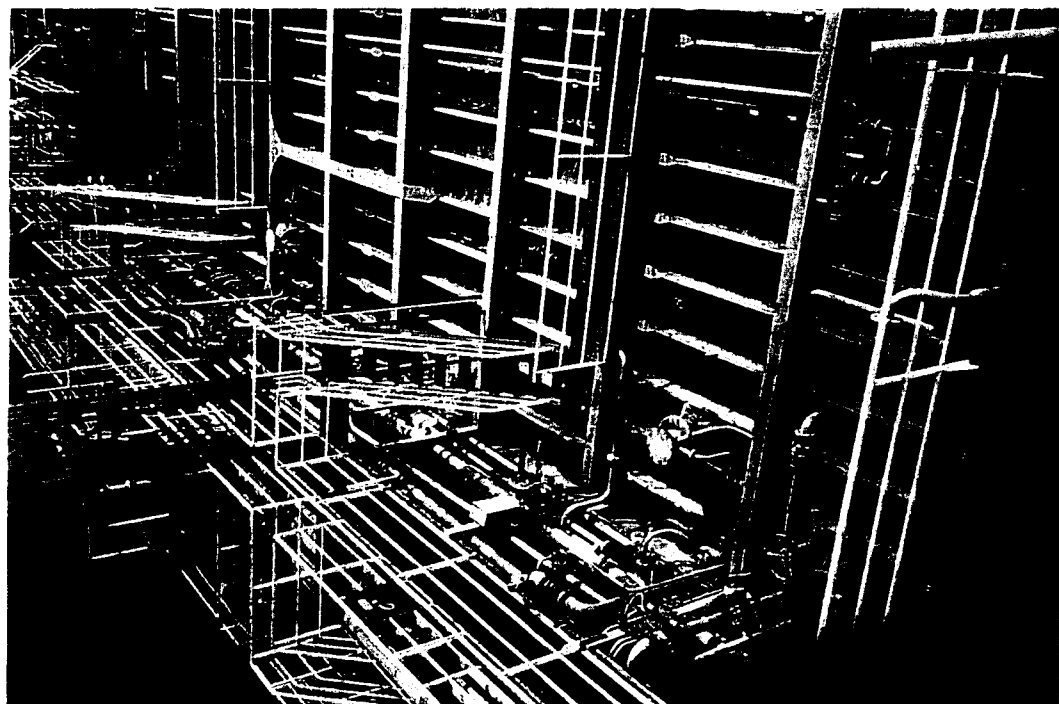
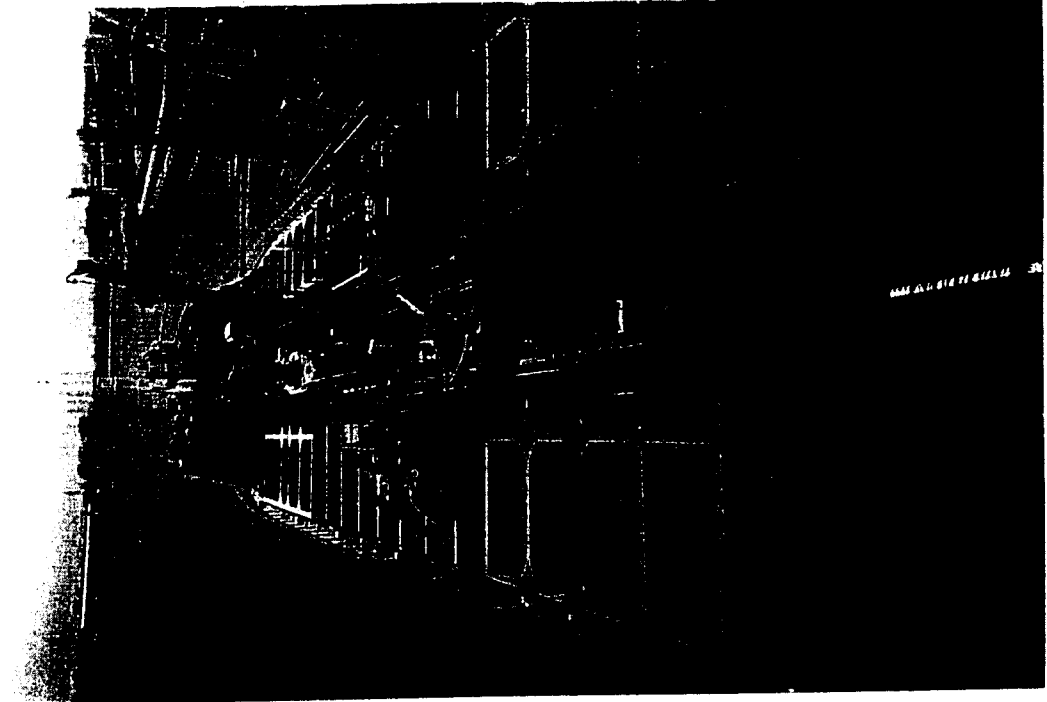
# **annexe B**

## **DOSSIER NAVIRE**

- **plans**
- **schémas**
- **photographies**







ALL CARGO  
LIFTS  
CARGO AND

18

150 cu.m/h

5 MATERIAL  
STEEL AVESTA  
COMPLETE  
LIFTS

2205

ONS

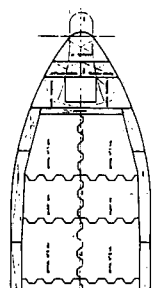
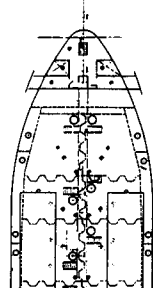
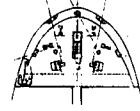
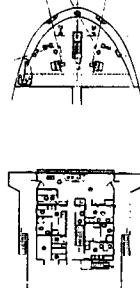
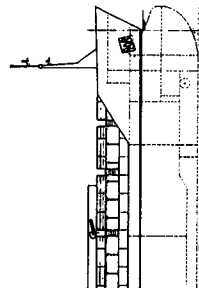
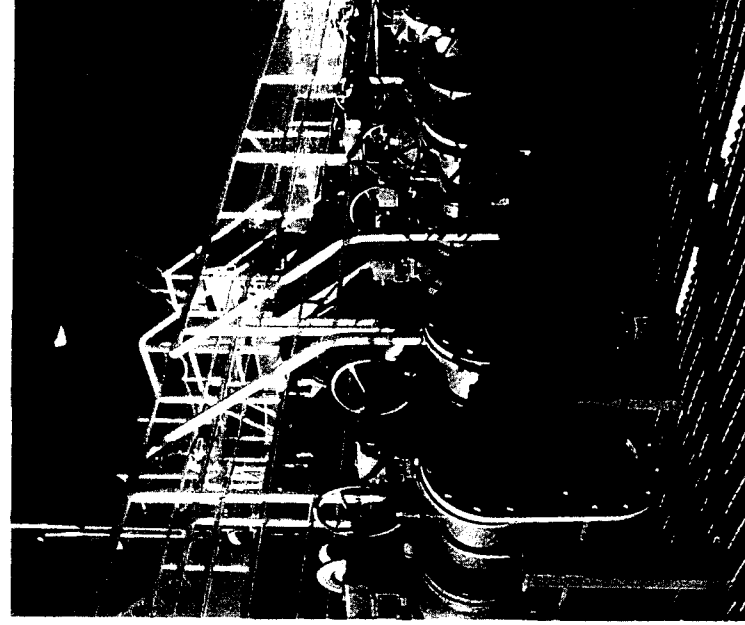
18

4080 HP

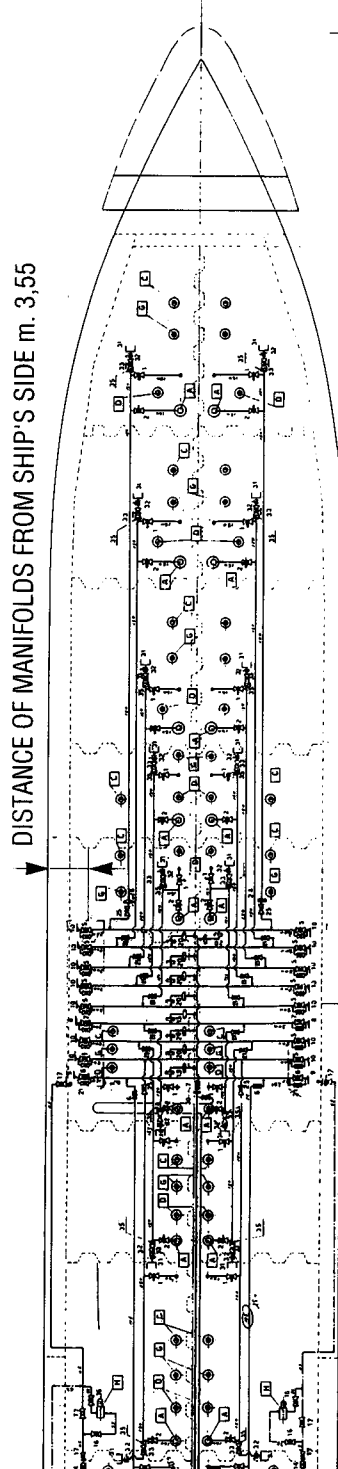
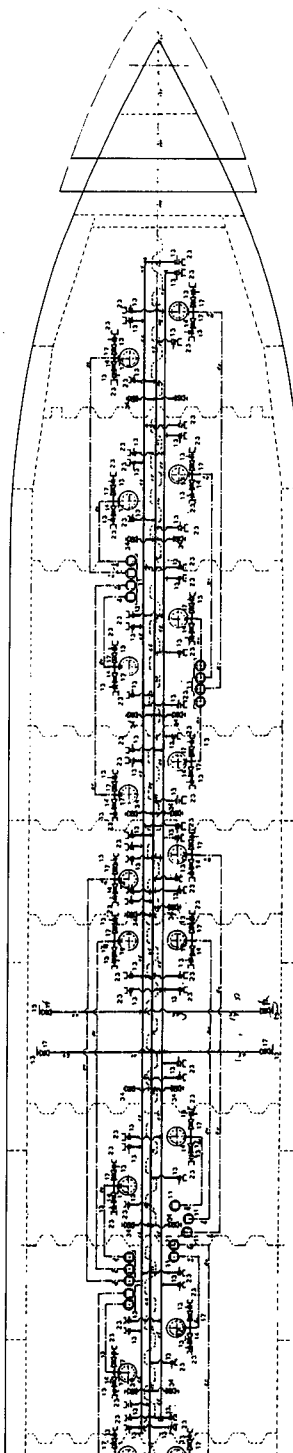
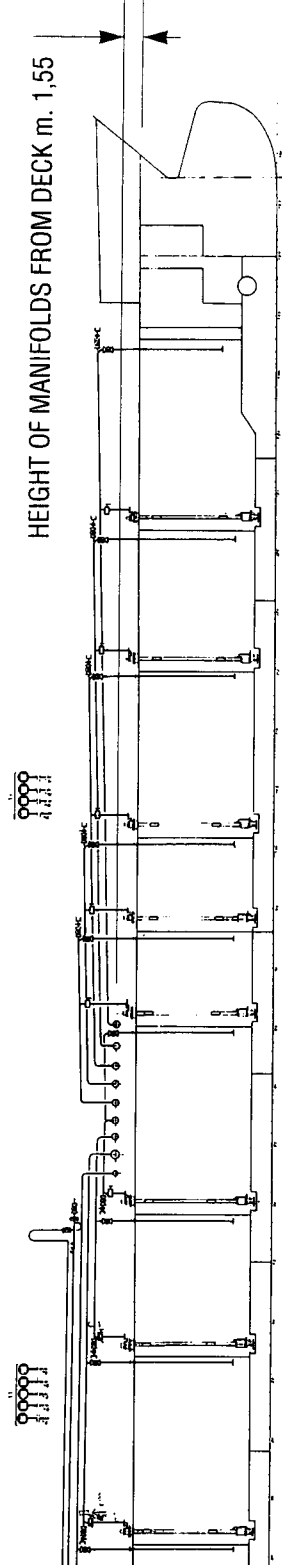
14 Knots

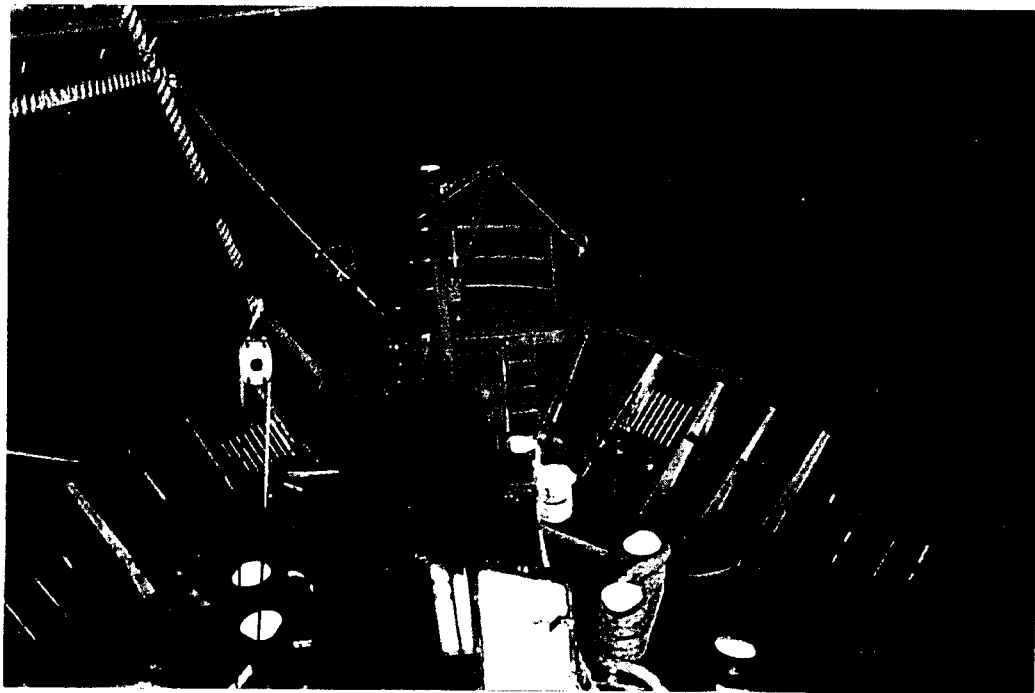
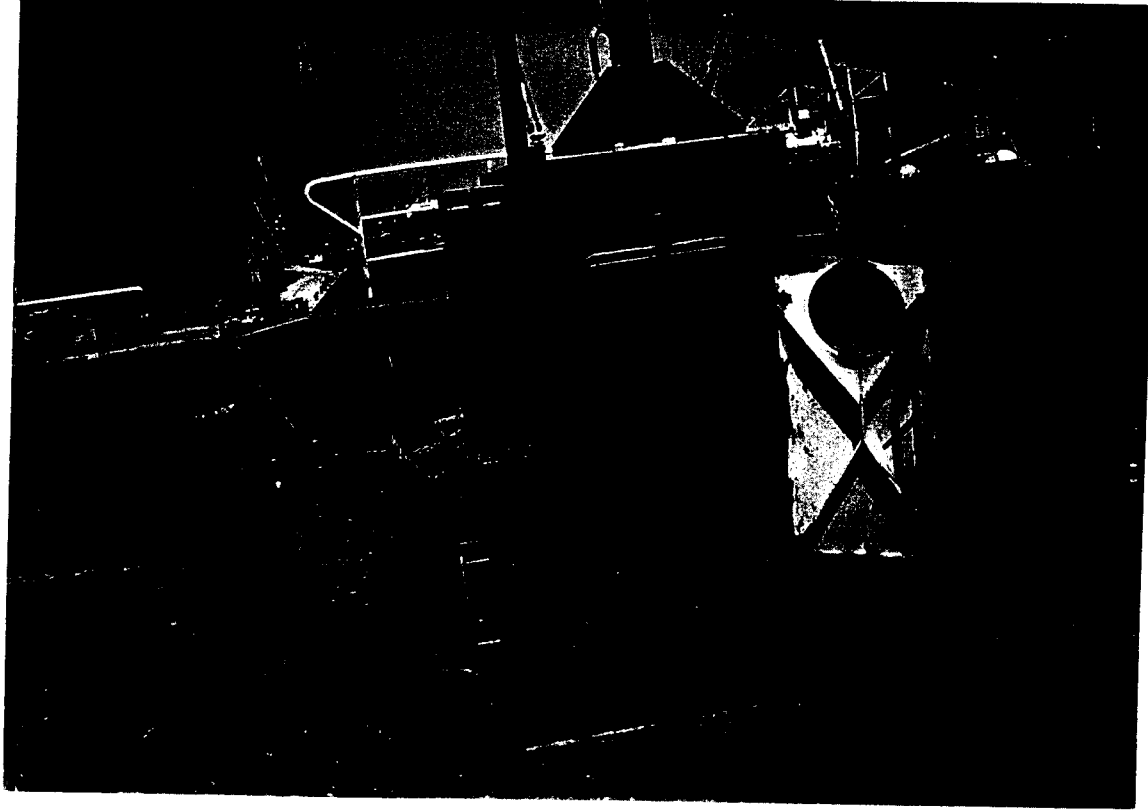
PEED

# CARRIER



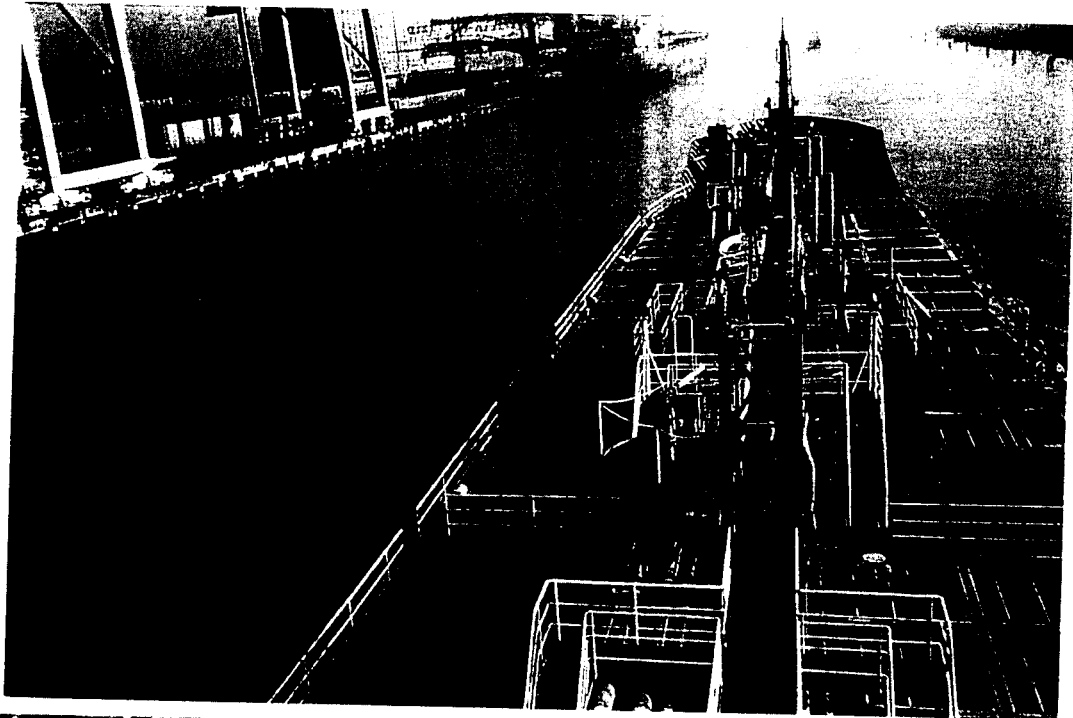
# IMPIANTO DEL CARICO





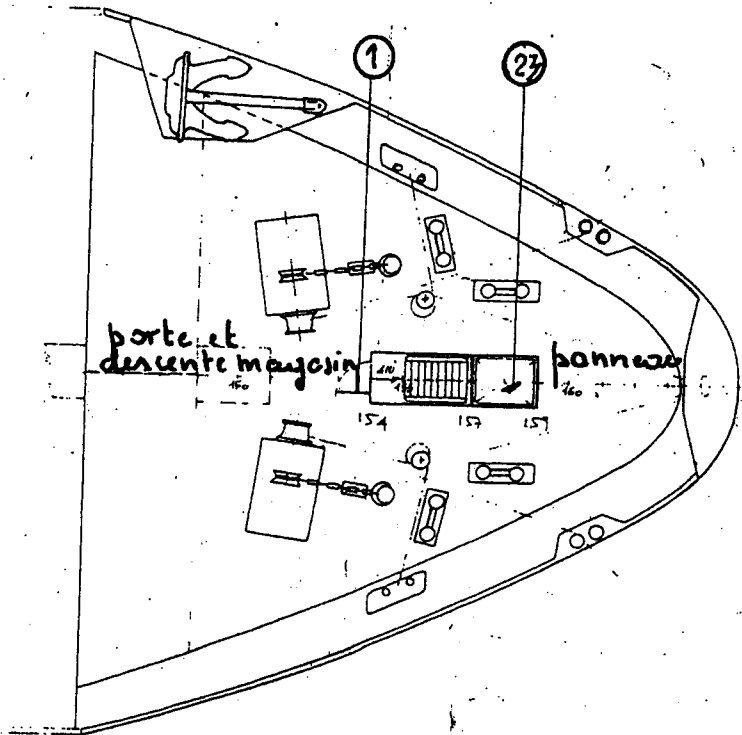


M/C  
KITA





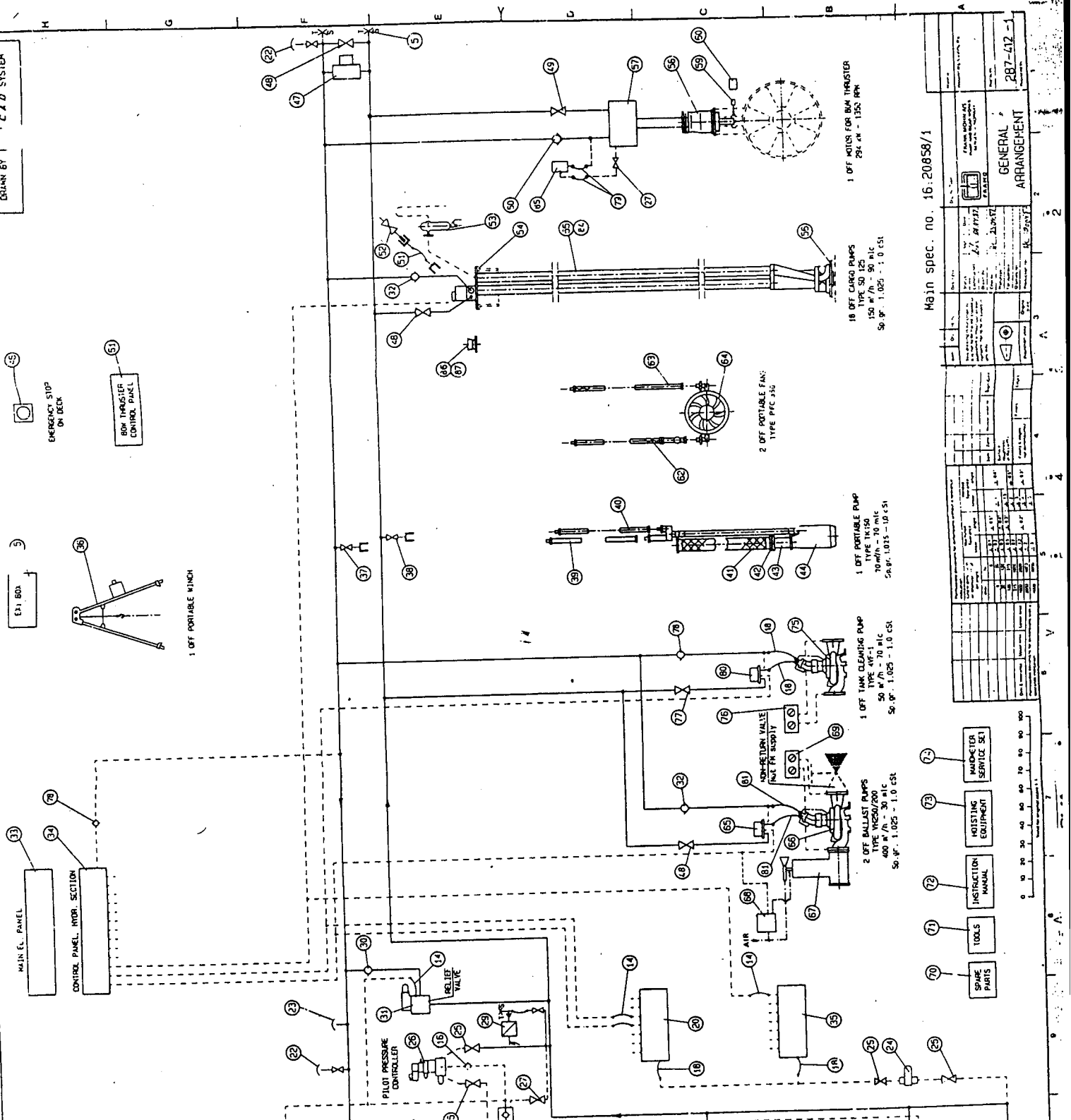
NB: PER LUGI  
PIANO DEI



NB: L  
10

CASTELLO PRODIERO





Main spec. no. 16.20858/1

Item No.	Description	Quantity	Unit	Remarks
1	18 OFF CARGO PUMPS	18	PCS	150 HP, 1000 RPM, 1.0 c.s.i.
2	1 OFF MOTOR FOR BOW THRUSTER	1	PCS	280 HP, 1350 RPM, 1.0 c.s.i.
3	1 OFF PORTABLE PUMP	1	PCS	TYPE TK150, 70 m³/h, 70 m.c., 1.0 c.s.i.
4	1 OFF TANK CLEANING PUMP	1	PCS	TYPE AWT-1, 50 m³/h, 70 m.c., 1.0 c.s.i.
5	2 OFF BALLAST PUMPS	2	PCS	TYPE WSGU/200, 400 m³/h, 30 m.c., 1.0 c.s.i.
6	2 OFF PORTABLE FANS	2	PCS	TYPE PFC 350
7	1 OFF PORTABLE WINCH	1	PCS	
8	MAIN E. PANEL	1	PCS	
9	CONTROL PANEL HYD. SECTION	1	PCS	
10	PILOT PRESSURE CONTROLLER	1	PCS	
11	RELIEF VALVE	1	PCS	
12	NON-RETURN VALVE	1	PCS	TYPE TR SUPPLY
13	AIR	1	PCS	
14	SPARE PARTS	1	PCS	
15	TOOLS	1	PCS	
16	INSTRUCTION MANUAL	1	PCS	
17	LIFTING EQUIPMENT	1	PCS	
18	MANOMETER SERVICE SET	1	PCS	

Item No.	Description	Quantity	Unit	Remarks
19	MAIN E. PANEL	1	PCS	
20	CONTROL PANEL HYD. SECTION	1	PCS	
21	PILOT PRESSURE CONTROLLER	1	PCS	
22	RELIEF VALVE	1	PCS	
23	NON-RETURN VALVE	1	PCS	TYPE TR SUPPLY
24	AIR	1	PCS	
25	SPARE PARTS	1	PCS	
26	TOOLS	1	PCS	
27	INSTRUCTION MANUAL	1	PCS	
28	LIFTING EQUIPMENT	1	PCS	
29	MANOMETER SERVICE SET	1	PCS	

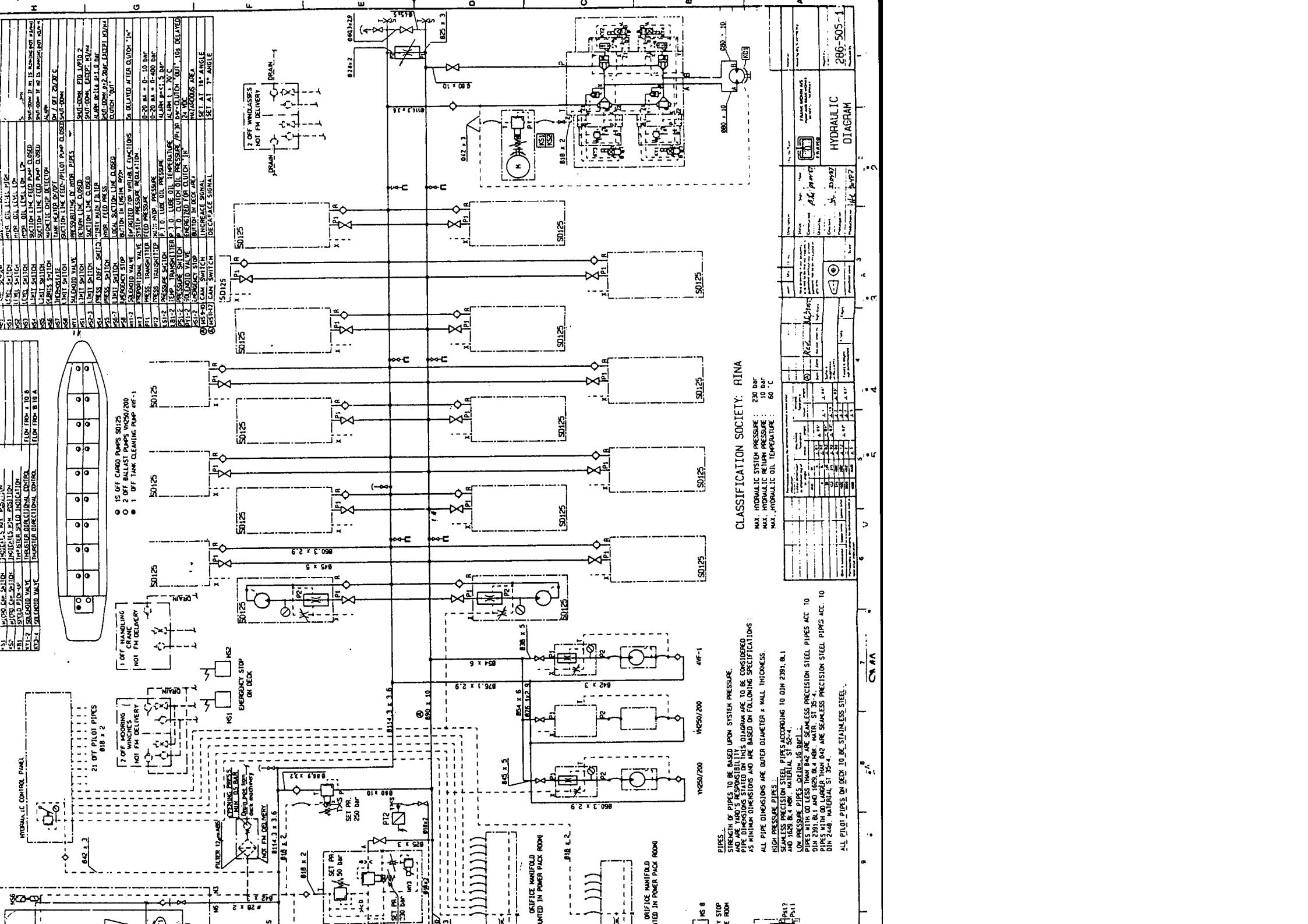


DECK BY 1  
C740 SYSTEM

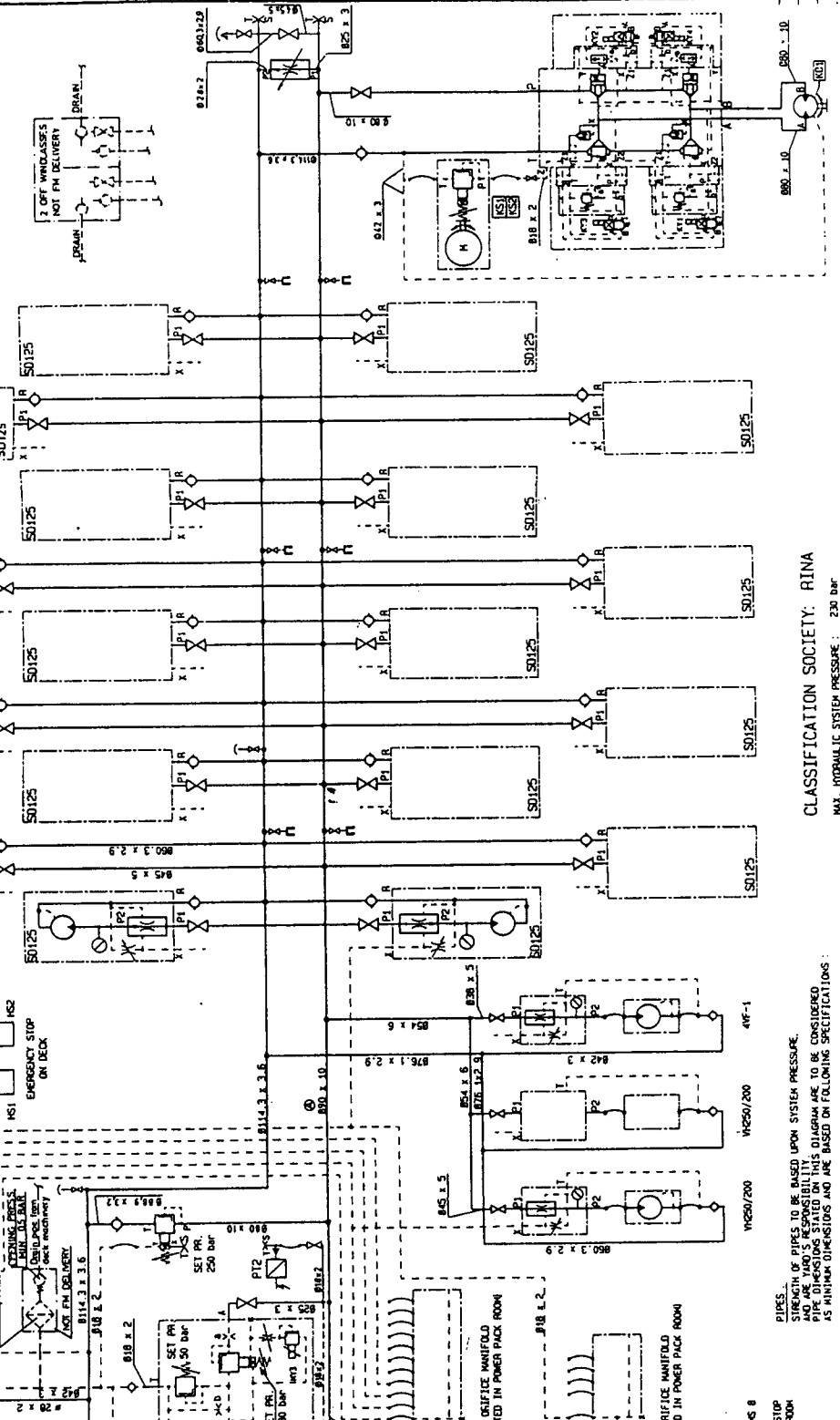
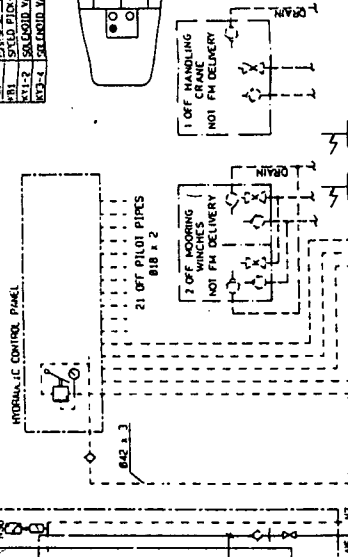
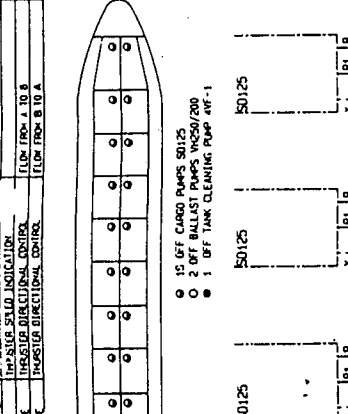
A B C D E F G H

1 2 3 4 5 6 7

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100



51	VALVE	ISLAND VALVE
52	VALVE	ISLAND VALVE
53	VALVE	ISLAND VALVE
54	VALVE	ISLAND VALVE
55	VALVE	ISLAND VALVE
56	VALVE	ISLAND VALVE
57	VALVE	ISLAND VALVE
58	VALVE	ISLAND VALVE
59	VALVE	ISLAND VALVE
60	VALVE	ISLAND VALVE
61	VALVE	ISLAND VALVE
62	VALVE	ISLAND VALVE
63	VALVE	ISLAND VALVE
64	VALVE	ISLAND VALVE
65	VALVE	ISLAND VALVE
66	VALVE	ISLAND VALVE
67	VALVE	ISLAND VALVE
68	VALVE	ISLAND VALVE
69	VALVE	ISLAND VALVE
70	VALVE	ISLAND VALVE
71	VALVE	ISLAND VALVE
72	VALVE	ISLAND VALVE
73	VALVE	ISLAND VALVE
74	VALVE	ISLAND VALVE
75	VALVE	ISLAND VALVE
76	VALVE	ISLAND VALVE
77	VALVE	ISLAND VALVE
78	VALVE	ISLAND VALVE
79	VALVE	ISLAND VALVE
80	VALVE	ISLAND VALVE
81	VALVE	ISLAND VALVE
82	VALVE	ISLAND VALVE
83	VALVE	ISLAND VALVE
84	VALVE	ISLAND VALVE
85	VALVE	ISLAND VALVE
86	VALVE	ISLAND VALVE
87	VALVE	ISLAND VALVE
88	VALVE	ISLAND VALVE
89	VALVE	ISLAND VALVE
90	VALVE	ISLAND VALVE
91	VALVE	ISLAND VALVE
92	VALVE	ISLAND VALVE
93	VALVE	ISLAND VALVE
94	VALVE	ISLAND VALVE
95	VALVE	ISLAND VALVE
96	VALVE	ISLAND VALVE
97	VALVE	ISLAND VALVE
98	VALVE	ISLAND VALVE
99	VALVE	ISLAND VALVE
100	VALVE	ISLAND VALVE



CLASSIFICATION SOCIETY: RINA

MAX. HYDRAULIC SYSTEM PRESSURE : 230 BAR  
 MAX. HYDRAULIC RETURN PRESSURE : 10 BAR  
 MAX. HYDRAULIC OIL TEMPERATURE : 60 °C

PIPES:  
 STRENGTH OF PIPES TO BE BASED UPON SYSTEM PRESSURE.  
 PIPE DIMENSIONS STATED ON THIS DIAGRAM ARE TO BE CONSIDERED  
 AS MINIMUM DIMENSIONS AND ARE BASED ON FOLLOWING SPECIFICATIONS :

ALL PIPE DIMENSIONS ARE OUTER DIAMETER x WALL THICKNESS.

HIGH PRESSURE PIPES:  
 SEAMLESS PRECISION STEEL PIPES ACCORDING TO DIN 2391, BL 1  
 AND 1630, BL 4 MARK. MATERIAL ST 52-4.

LOW PRESSURE PIPES (DOWN TO 10 BAR):  
 PIPES WITH OD LESS THAN 842 ARE SEAMLESS PRECISION STEEL PIPES ACC. TO  
 DIN 2391, BL 1 AND 1630, BL 4 MARK. PIPES WITH STEEL STEPS PRECISION STEEL PIPES ACC. TO  
 DIN 2448, MATERIAL ST 52-4.

ALL PILOT PIPES ON DECK TO BE SEAMLESS STEEL.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

HYDRAULIC DIAGRAM

286-505-1

REVISIONS

No.	Description	Date	By	Check
1	ISSUED	1977	...	...
2	...	...	...	...
3	...	...	...	...
4	...	...	...	...
5	...	...	...	...
6	...	...	...	...
7	...	...	...	...
8	...	...	...	...
9	...	...	...	...
10	...	...	...	...

APPROVED

DATE

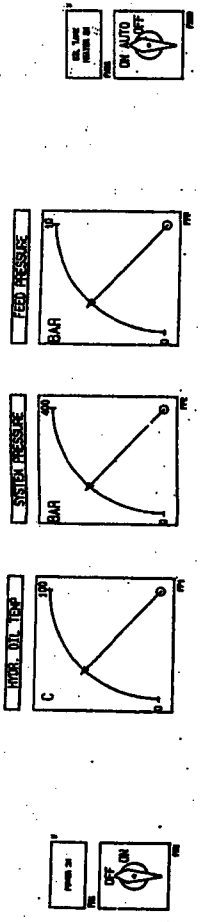
BY

CHECKED

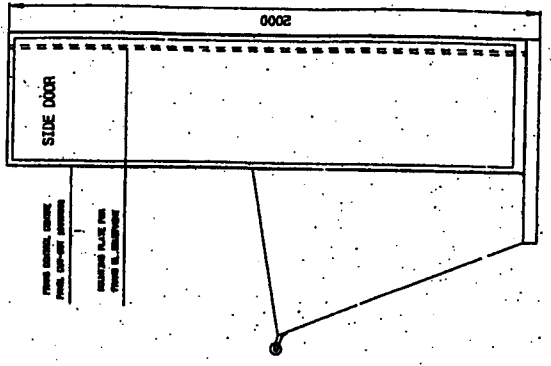
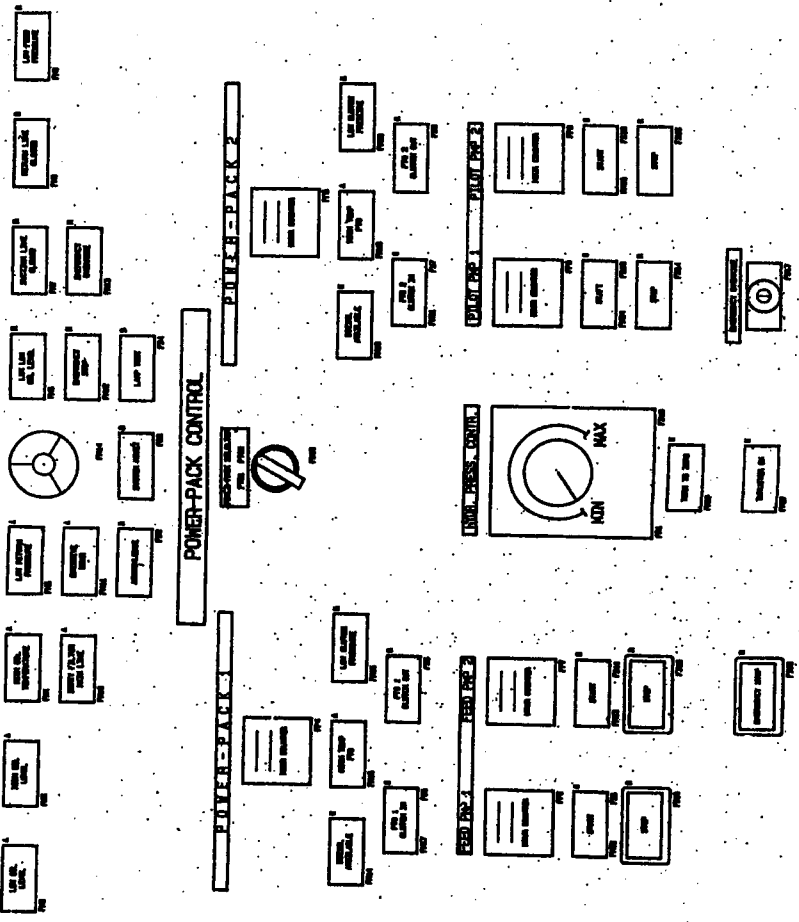
DATE

BY

# FRAMO CARGO CONTROL CENTRE



WARNING SHUT-DOWN



NOTE: NEED ACCESS FROM SIDE TO PANEL AND MOUNTING PLATE

ITEM LIST : 351-060-3  
MOUNTING PLATE 351-061-1

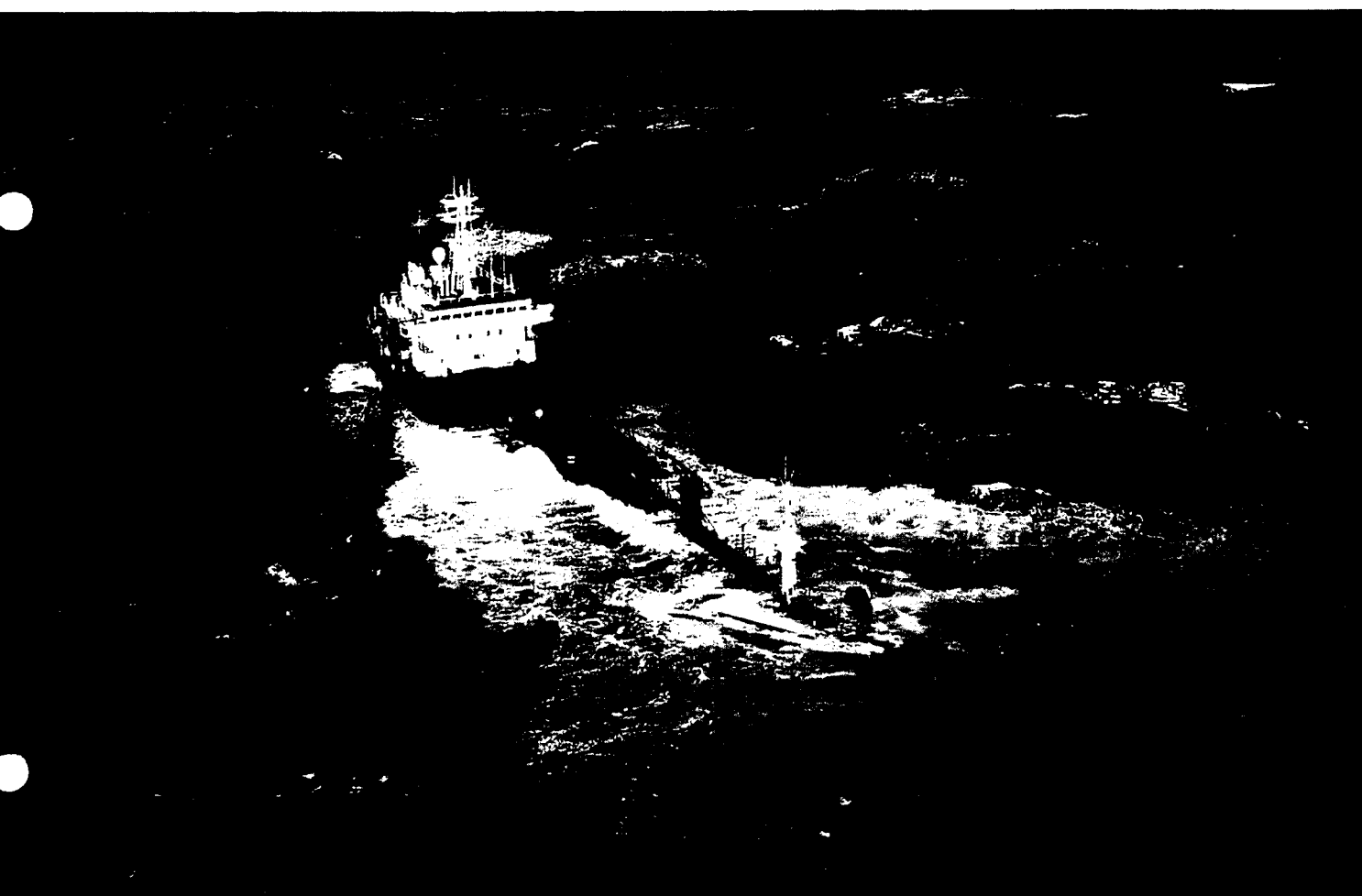
800

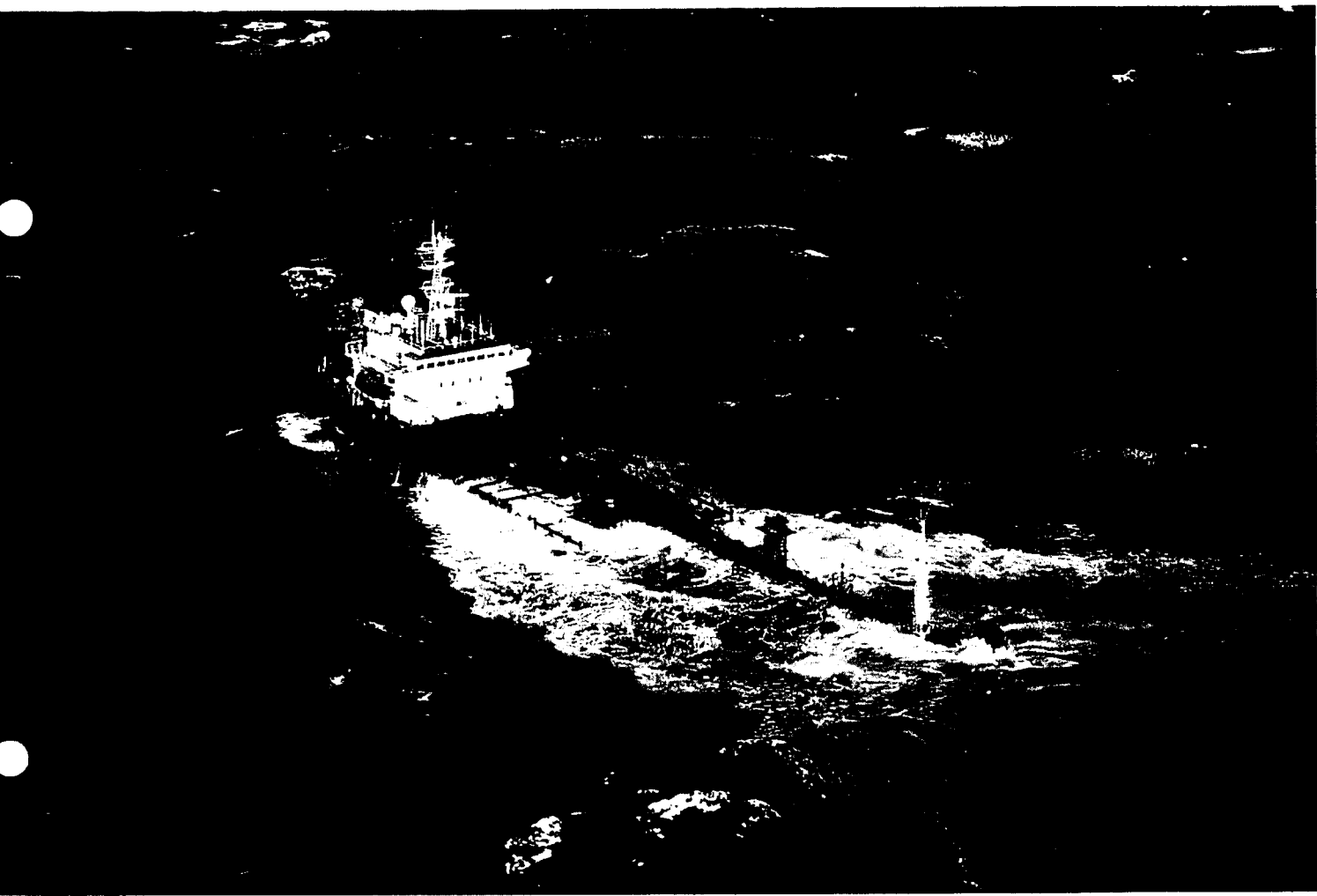
Part No.	Description	QTY	Unit	Remarks
351-060-3	MOUNTING PLATE	1	PCB	
351-061-1	MOUNTING PLATE	1	PCB	

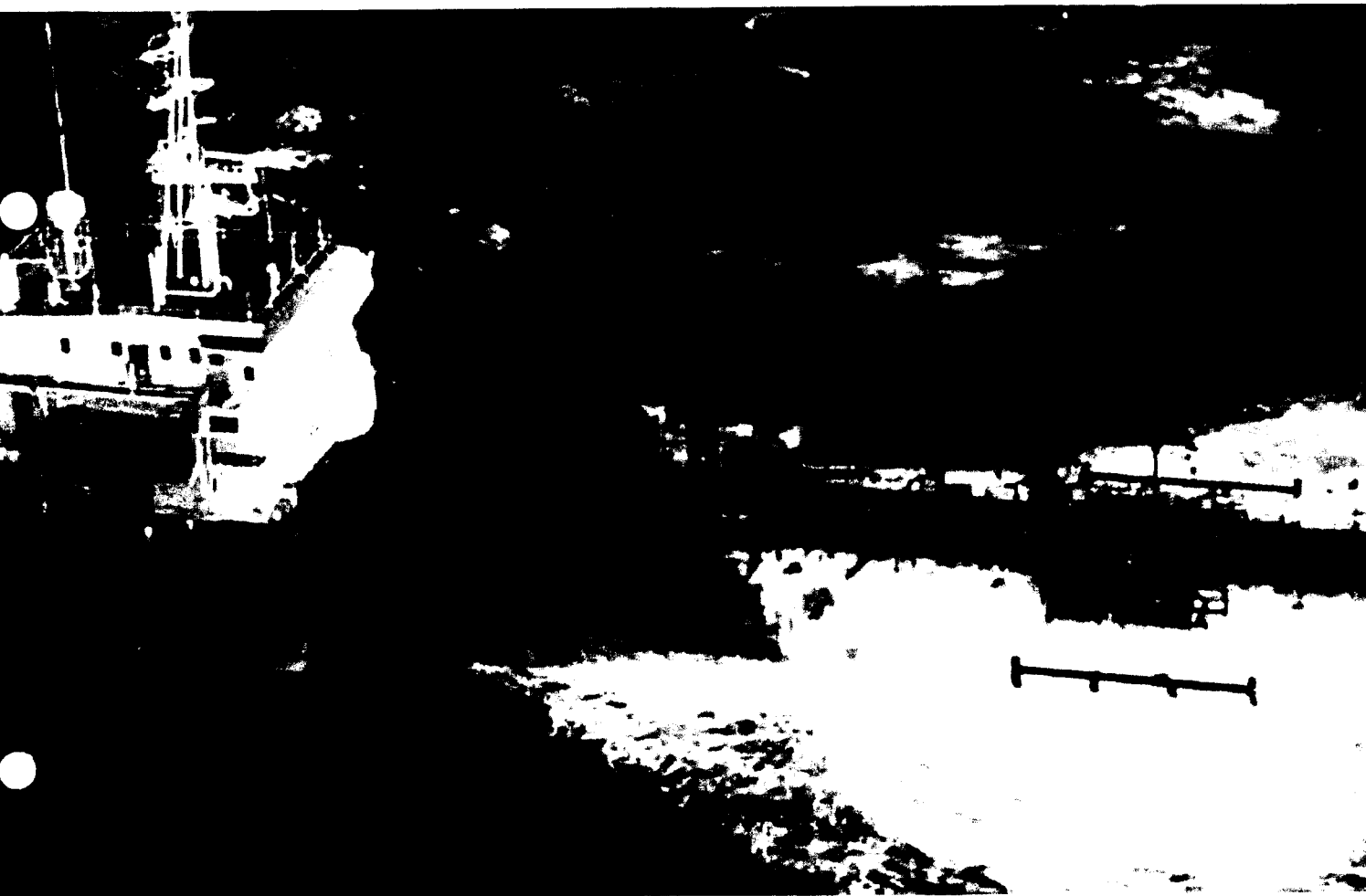
DRAWN BY CAD SYSTEM

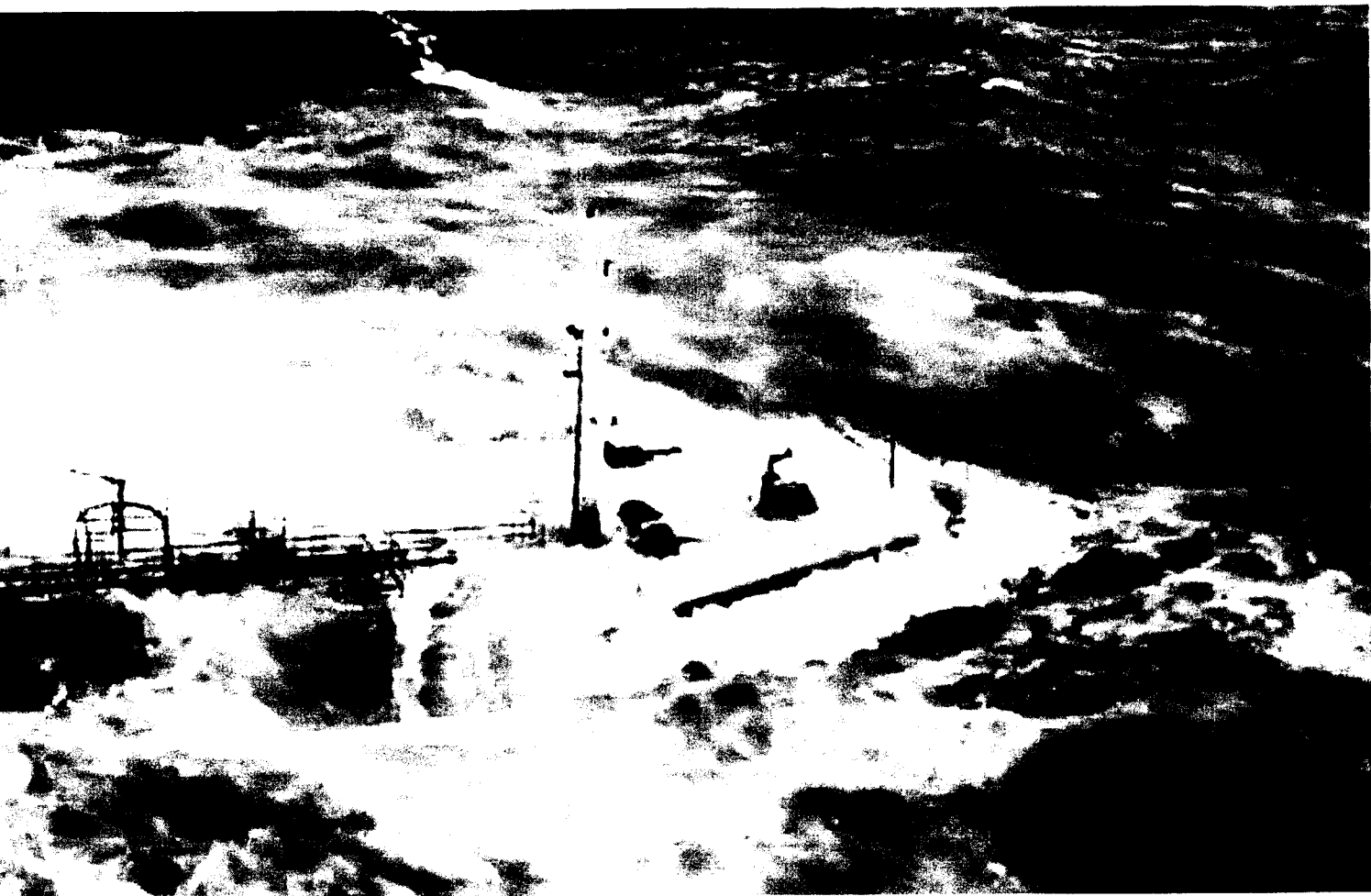
MAIN PANEL 351-062-1

Investigation - M. J. Ievoli Sun  
12-10-50 542981 6E 5524271 3N  
333 3











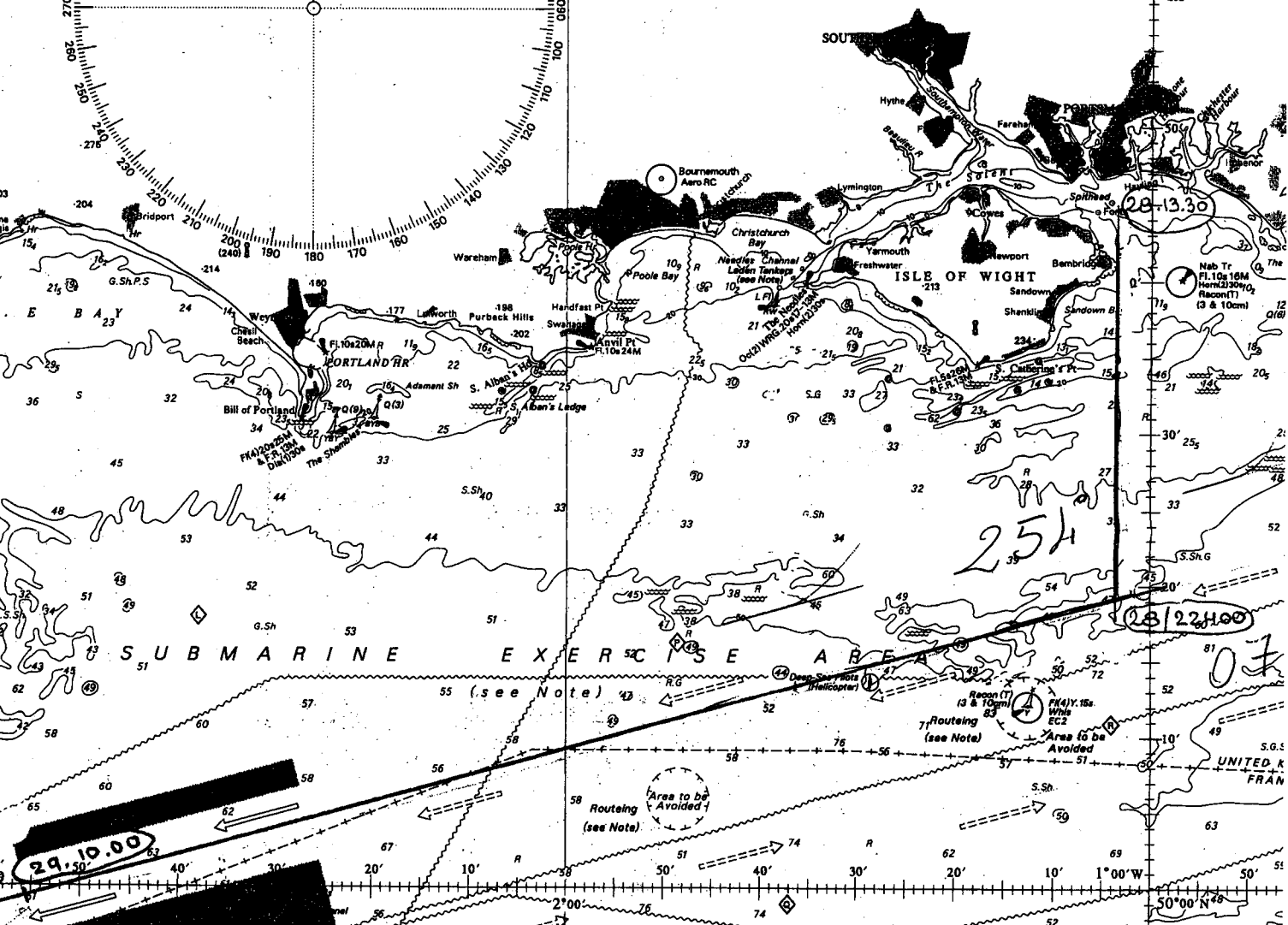
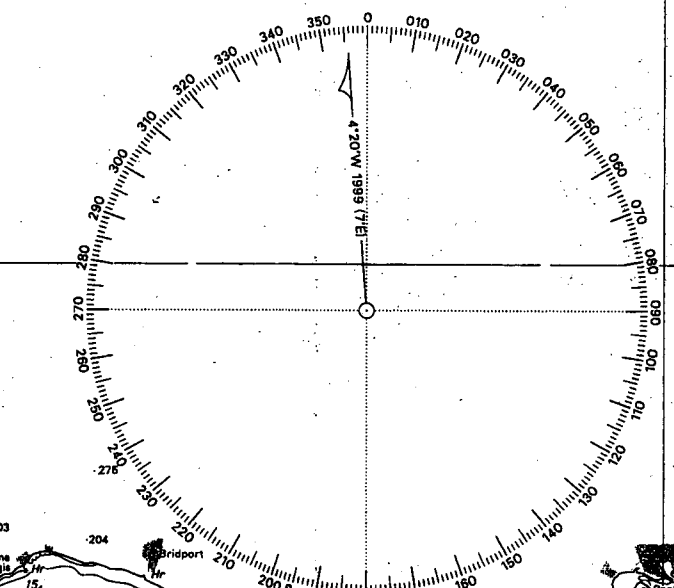
# **annexe C**

## **CARTOGRAPHIE**

**(reproductions faite avec l'aimable autorisation de la Marine  
nationale et du SHOM)**

50' 40' 30' 20' 10' 2°00' 50' 40' 30' 20' 10' 1°00' 50'

# E N G L A



25H

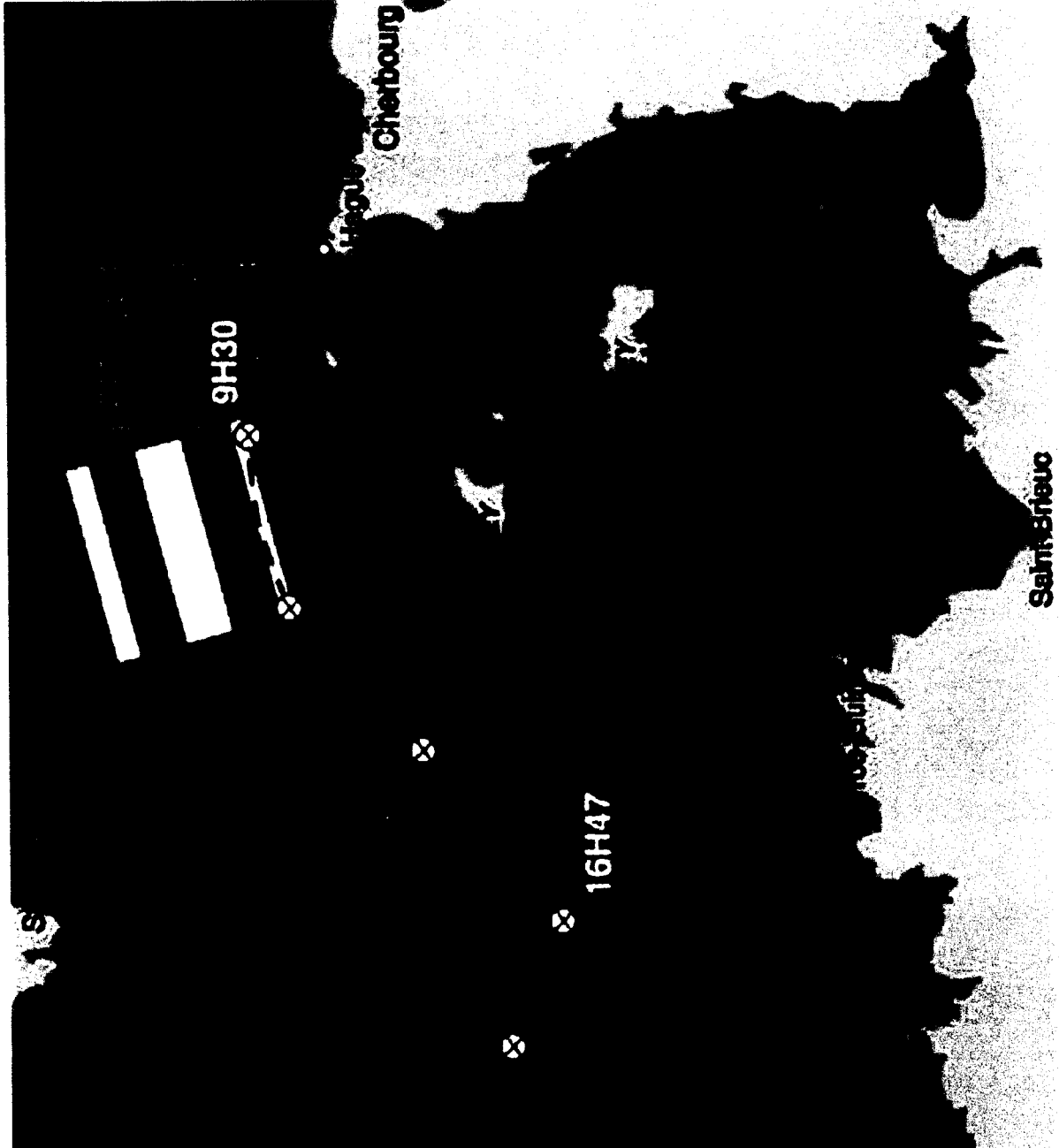
28/13.30

29.10.00

Deep-Sea Pilots (Helicopter)

UNITED KINGDOM





S

9H30

Cherbourg

16H47

Saint-Brieuc

# **annexe D**

## **DÉGAGEMENTS D'AIR À FERMETURE AUTOMATIQUE**

NOTE TECHNIQUE

RELATIVE AUX DEGAGEMENTS D'AIR

DES CITERNES DE BALLASTAGE ET AUTRES CAPACITES DES NAVIRES

(établie par l'administrateur général (2°S) des affaires maritimes J.L. GUIBERT et le chef mécanicien D.DREVET).

## 1. GENERALITES

Tous les navires appelés à transporter des marchandises ou des passagers sont dotés de capacités de ballastage destinées à leur assurer un enfoncement suffisant pour leur tenue à la mer lorsque leurs conditions d'exploitation les conduisent à naviguer lège ou, comme l'on dit aussi, "sur ballast".

Outre les peak avant et arrière, qui permettent, de plus, le réglage de l'assiette (celle-ci dans la plupart des cas doit être positive), ces capacités de ballastage sont constituées par des doubles fonds dont certains peuvent être affectés au combustible ou à l'eau douce, et, dans certains cas, par des capacités

Les dégagements d'air sont constitués :

- soit par des "*cols de cygne*" disposés en abord, le long des pavois, équipés de clapets manuels qui y sont attachés et qui peuvent être assujettis par un plusieurs écrous papillons, par exemple.
- soit par des dispositifs "*à fermeture automatique*" à boule(s), notamment sur les navires transportant des vracs liquides tels que les hydrocarbures et les produits chimiques.

## **2. RÉGLEMENTATION APPLICABLE – FRANC-BORD**

Les dégagements d'air interviennent dans la détermination du franc bord au titre de l'étanchéité de la coque.

La règle 20 de la convention sur les lignes de charge ( Load Lines L.L ) de 1966, amendée, stipule :

" Là où des dégagements d'air de ballasts ou autres capacités débouchent au- dessus des ponts de franc bord ou des superstructures, la partie exposée de ces conduits doit présenter une solidité suffisante ; sa hauteur entre le niveau du pont et celui de l'orifice par lequel l'eau est susceptible de rentrer devra être d'au moins 760 mm au-dessus du pont de franc bord (...).

Dans le cas où cette hauteur pourrait être incompatible avec

Les règlements des sociétés de classification ont explicité ces dispositions et les conditions d'approbation des dégagements d'air automatiques à boules.

Leur contrôle est soumis au renouvellement du certificat de franc bord , soit tout les cinq ans.

### **3. LES DEGAGEMENTS D'AIR AUTOMATIQUES**

#### **3.1. Description ( voir croquis de principe )**

Très généralement, ces dégagements d'air sont constitués d'un conduit entre le pont et une chambre / chicane à l'intérieur de laquelle sont logées une ou deux boules en matériau léger (polyéthylène) qui, si l'eau arrive à leur niveau viennent obturer la ou les arrivées de l'air dans la chambre, empêchant ainsi l'entrée de l'eau.

Selon les modèles, l'évacuation de l'air se fait soit par des sorties latérales verticales soit par des sorties horizontales en partie basse au travers de grillages pare flammes.

Le siège sur lequel vient s'appliquer la boule peut être revêtu d'un joint .

L'ensemble est protégé par un revêtement anticorrosion (galvanisation par exemple).

#### **3.2. Utilisation**



obturation, au demeurant difficile à réaliser et à entretenir, pourrait entraîner de sérieux dommages aux citernes de ballastage ( déformation des parois ) dans la mesure où elle serait restée inopinément fermée au moment des opérations de ballastage / déballastage.

Placés le plus souvent en abord, et non protégés en l'absence de pavois, ces dégagements d'air peuvent atteindre des diamètres de 350 mm.

### **3.3. Observations**

D'un certain nombre d'enquêtes après accidents, de visites de navires équipés de tels dispositifs, de visites chez des fournisseurs et dans des chantiers de réparation navale, il résulte que les dégagements d'air automatiques à boule(s) posent un certain nombre de problèmes et, par conséquent, doivent faire l'objet d'une surveillance attentive.

#### **a) *Constatations***

Après démontage , des viroles intérieures ont été trouvées affaiblies par la corrosion avec présence d'importantes plaques de rouille, notamment à la partie inférieure tant sur la face interne que sur la face externe ( côté tube de liaison avec le ballast ) et percées.

Après piquage au marteau et/ou sablage, des trous de 20 à 30 mm de long par 10 à 15 mm de large sont apparus sur celles qui paraissaient le moins corrodées.

Sur un modèle à deux boule(s) la chambre intérieure a été

Il arrive parfois de ne pas trouver la boule lors du démontage; celle ci s'étant cassée et les morceaux étant probablement tombés dans le ballast.

Ceci a d'ailleurs conduit le fabricant de ce modèle à modifier la qualité et le montage du joint en utilisant un joint collé et encastré de deux qualités différentes : une plus dure pour la partie encastrée, l'autre plus molle pour le portage de la boule et servant d'amortisseur (voir photos).

De ces dégradations constatées, il ressort que dans ces conditions il n'y a plus d'étanchéité d'où risque de remplissage des ballasts par mauvais temps.

#### ***b) Causes de dégradation***

- Exposition aux embruns, aux paquets de mer ( problème de résistance mécanique ) , à certaines atmosphères corrosives (cas des navires transporteurs de produits chimiques)
- Développement de la corrosion de la chambre interne côté extérieur et côté intérieur.
- Exposition aux vibrations et mouvements de plateforme du navire , ce qui se traduit par une dégradation de la boule et du siège.

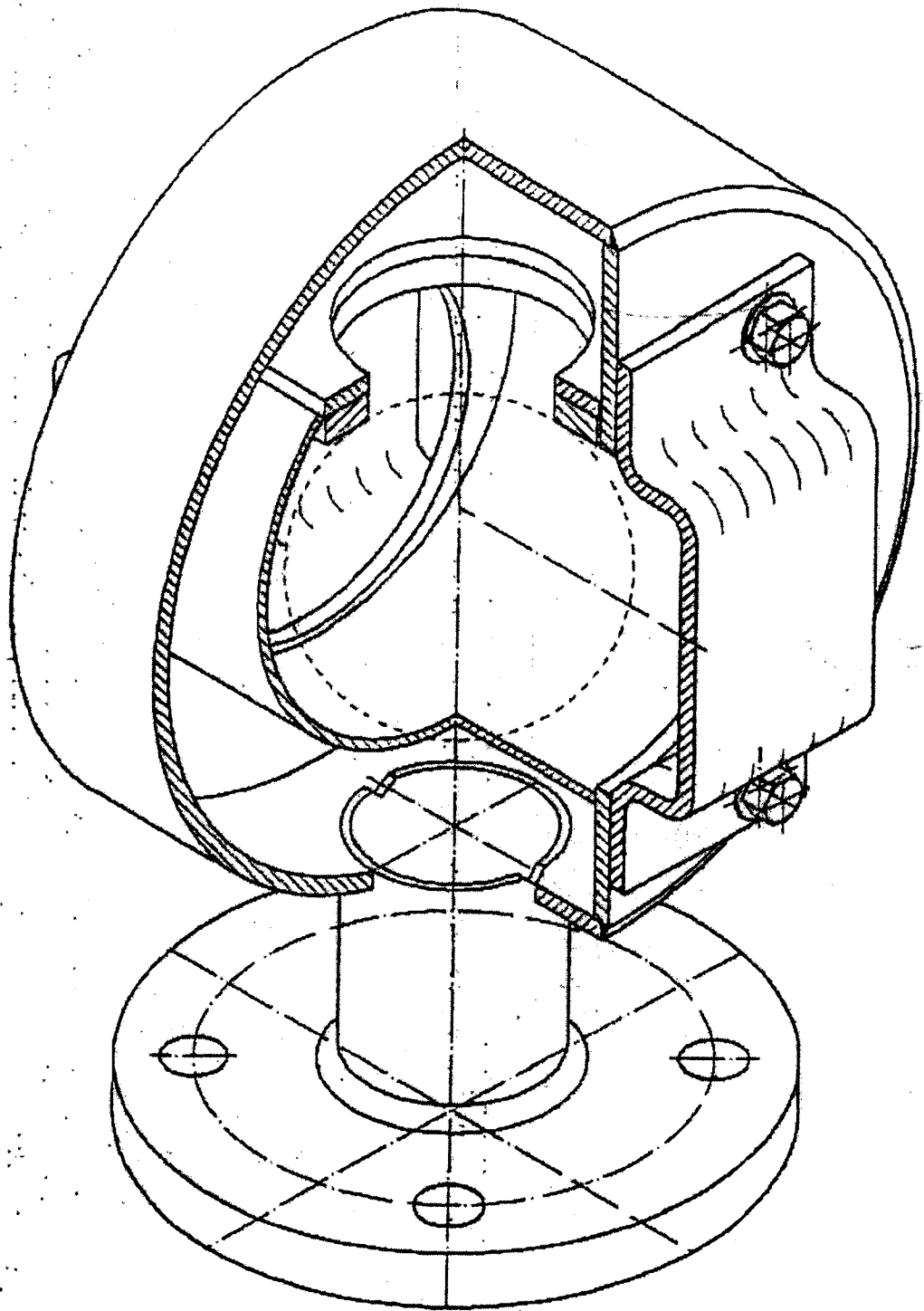
Sur les chimiquiers qui font des voyages au cabotage, les dégagements d'air sont sollicités très souvent au cours des opérations commerciales fréquentes d'où, une détérioration plus rapide de la boule et du joint par martèlement.

Si le joint se décolle, la destruction de la boule est très rapide.

- Mention de la visite des dégagements d'air dans la spécification des travaux d'arrêt technique de l'armateur.
- Fréquence des visites .  
Respecter celle préconisée par le constructeur ( il est recommandé de faire une inspection tous les deux ans et de procéder au remplacement complet de l'ensemble au bout de 8 à 10 ans ).
- Pour les navires neufs, prise en compte d'une meilleure protection contre les paquets de mer dans l'implantation des dégagements d'air.
- Améliorer la protection contre la corrosion ( traitement, revêtement ) et s'assurer d'un échantillonnage suffisant.
- Améliorer la tenue du joint sur le siège (adéquation boule / joint) et adoucir la zone de portage des boules .
- Améliorer le design pour faciliter l'inspection et l'entretien des parties les plus exposées à la corrosion ( le tube de liaison entre la chambre et le tuyau de dégagement d'air du ballast doit être aussi court que possible ).

Il semble que certains constructeurs ont déjà pris en compte certaines modifications

Paris le 07 mai 2001



TÊTE

humidité saline

joint

siège

grille

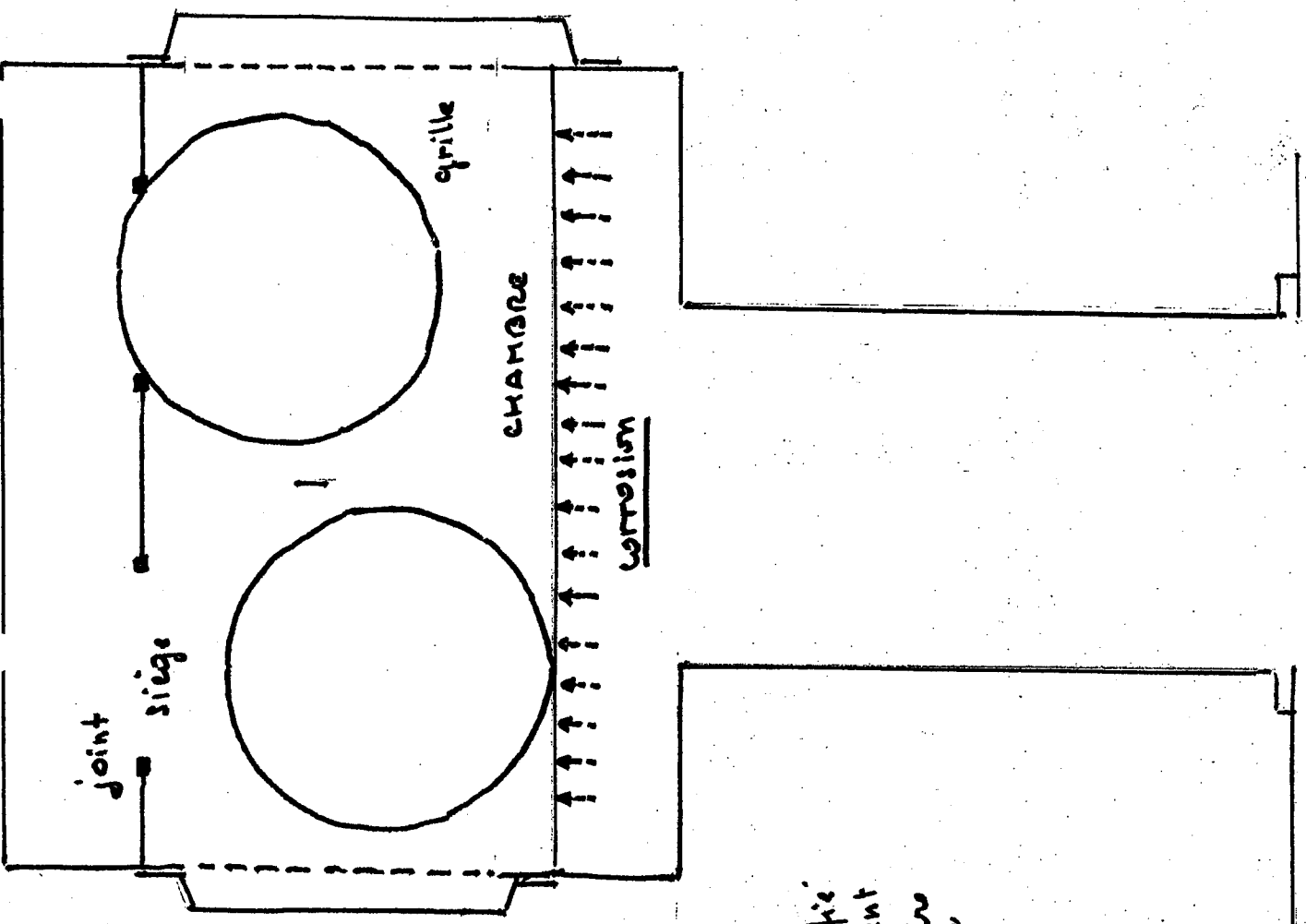
CHAMBRE

corrosion

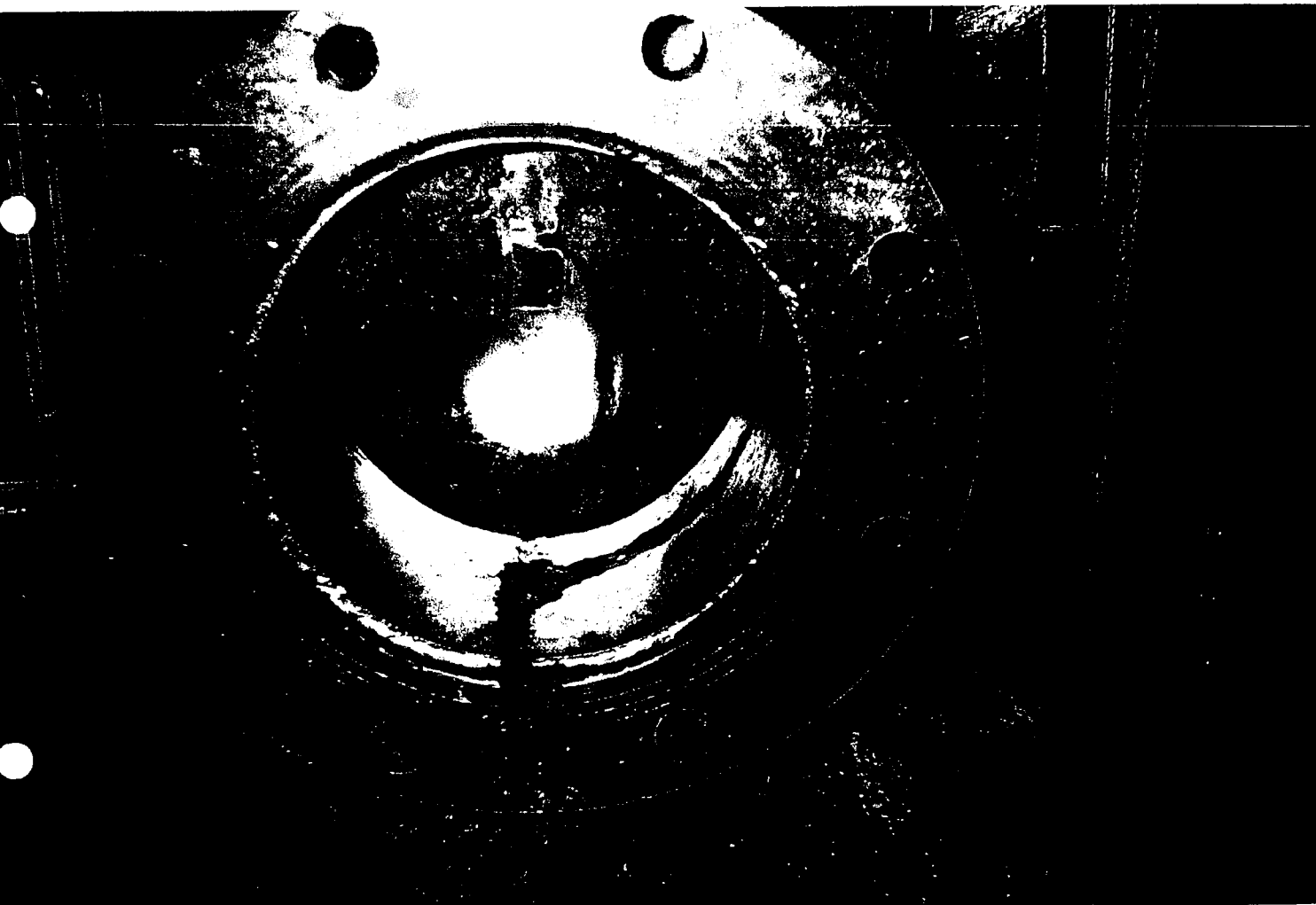
schéma simplifié  
d'un dégagement  
d'air à "fermeture"  
automatique

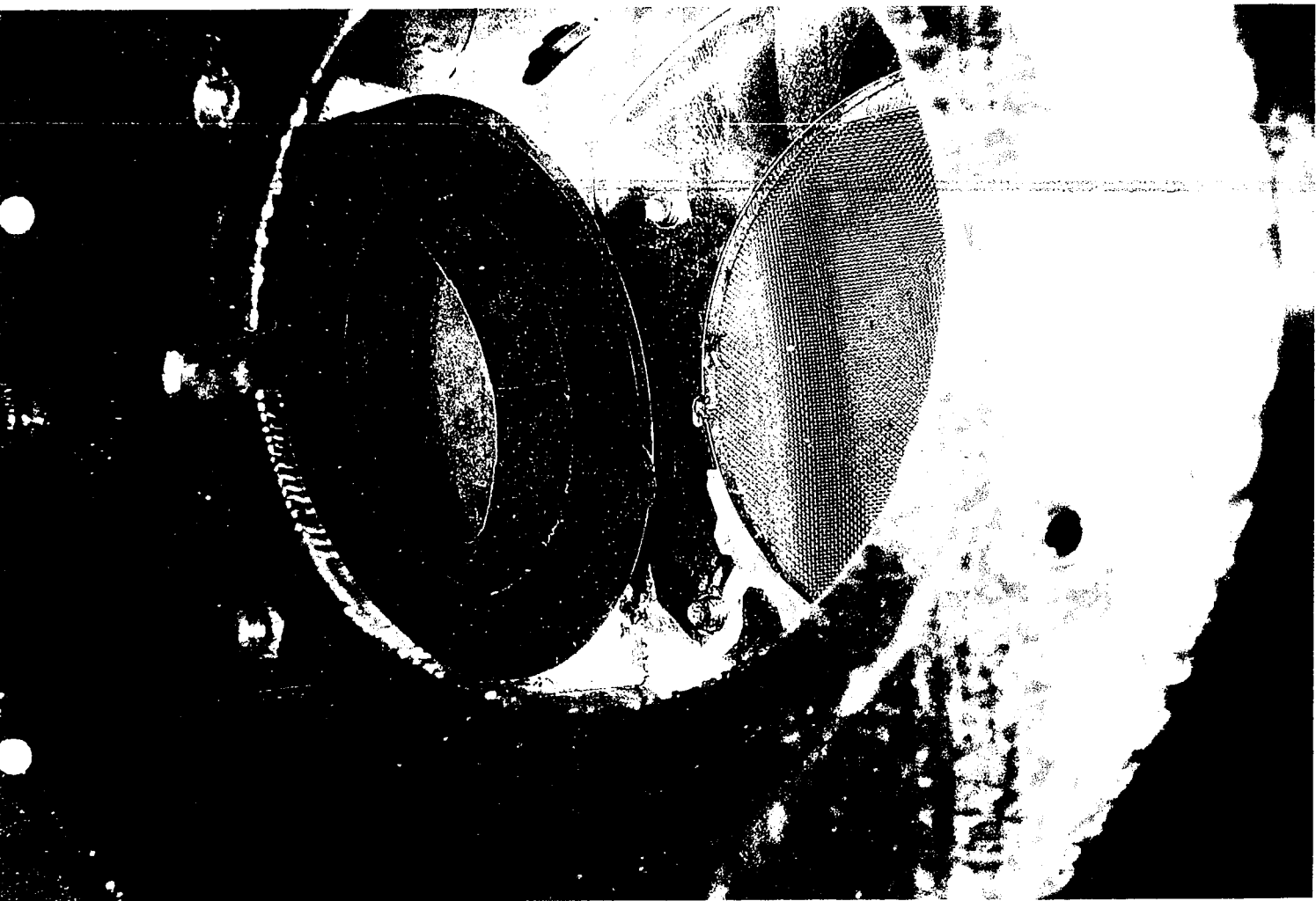
REVOL SUN

fixation de l'ensemble  
sur le pont.



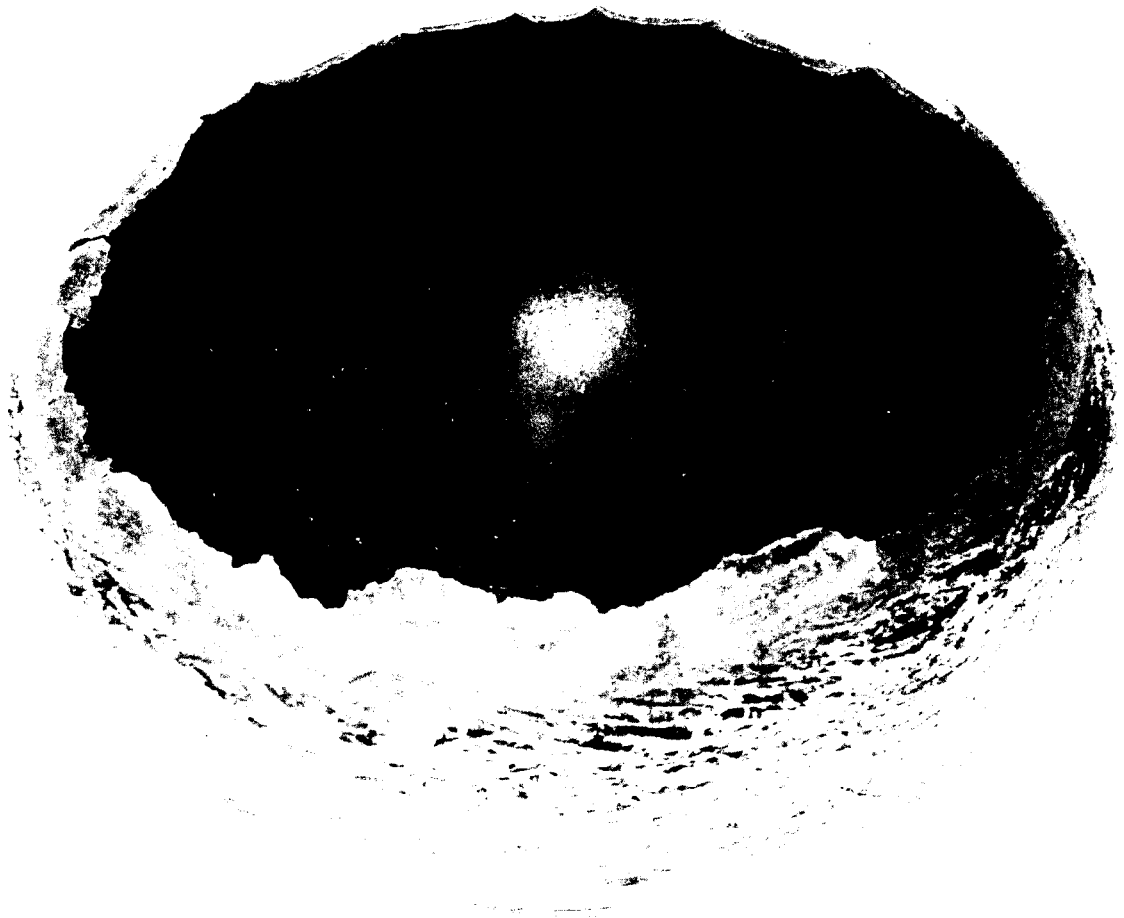














Grille entre la chambre  
des boules et l'extérieur.

Siège d'une des boules - sans joint - permettant  
de voir l'intérieur de l'enveloppe externe de la tête.



Toile de fond de la chambre des  
boules au rebord en dentelle  
autour de la partie disparue  
dont la surface est supérieure  
au diamètre des boules

Passage d'air entre le  
fond de la chambre des boules,  
l'enveloppe externe de la tête  
et le conduit vers le ballast.

Entretoise de maintien  
du cylindre de la chambre des boules

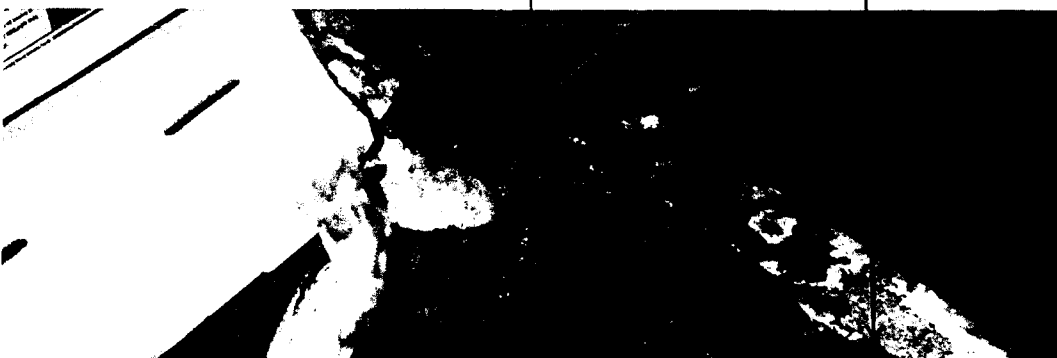




Trace de la communication  
entre la tête et conduit  
la reliant au ballast

Circulation d'air entre  
la chambre des boules  
et la paroi externe

Grille et chicane sur  
la communication  
entre la chambre des  
boules et l'extérieur



# annexe E

## L'ENVAHISSEMENT DES COMPARTIMENTS AVANT DU *IEVOLI SUN* EN JANVIER 1995

(d'après le rapport de mer du capitaine)

- \* Le 19/01, le *IEVOLI SUN* naviguait en Manche orientale, cap au 255° par mer de sud ouest 5, à vitesse réduite du fait des mouvements de plateforme et des vibrations.
- \* Le 20/01, il est en Manche occidentale, cap au 231° par mer de sud 9.
- \* Les 21, 22 et 23/01, il traverse le golfe de Gascogne, cap au 210° par mer de sud ouest 9/10/9.
- \* Le 23/01, à 00H00, suite à une alarme d'entrée d'eau à l'avant, on constate un certain nombre d'avaries, dont :
  - la disparition du ciment en haut des conduits aux chaînes ;
  - le non fonctionnement du système hydraulique, attribué à une rupture de collecteur sur le pont.

\* Le bord demande à faire escale à Vigo.

- \* Le 24/01, les conditions météorologiques continuant à s'améliorer – mer de sud-ouest 615, remontée en allure. Fin d'assèchement des puits. Début de celui du magasin avec une deuxième pompe.
  
- \* Le 25/01 passage de Gibraltar.
  
- \* A partir de ce moment, le navire suit des routes diverses pour rallier Ravenne (le 31/01), avec parfois des coups de vent adverses mais sans nouvel envahissement des compartiments de l'avant, asséchés depuis le 29/01.

## **annexe F**

### **CALCULS**





rue de la Noë - B.P. 42105 - 44321 NANTES CEDEX 3 - FRANCE - Tél. 33 2 51 86 02 86 - Fax. 33 2 40 74 17 36 - e-mail : sirehna@sirehna.ec-nantes.fr

Rapport d'étude établi en exécution de la commande N° 00168  
du 02/04/2001 pour le compte du BEA/mer

«IEVOLI SUN»

**CALCULS DE STABILITE**

---

**RAPPORT FINAL SIREHNA 2001/01/S/RF3**

---

---

**SOMMAIRE**  
-----

I -	OBJET DE L'ETUDE.....	4
II -	DOCUMENTS DE REFERENCE .....	5
III -	CARACTERISTIQUES GENERALES DU NAVIRE .....	6
IV -	MODELISATION ET REPERE DE MAILLAGE .....	6
V -	VALIDATION DU MODELE .....	7
	V.1 CHARGEMENT N°1 .....	7
	V.2 CHARGEMENT N°2 .....	8
	V.3 CONCLUSION .....	9
VI -	CHARGEMENT DEPART FAWLEY .....	10
VII -	STABILITE HYDROSTATIQUE .....	12
	VII.1 AVANT ENVAHISSEMENT (CAS A).....	12
	VII.2 APRES ENVAHISSEMENT.....	14
	VII.2.1 CAS B = CAS A + ENVAHISSEMENT MAGASIN AV + PUITTS AUX CHAÎNES + LOCAL PROPULSEUR + DESCENTE.....	15
	VII.2.2 CAS C = CAS B + 1.0 M D'EAU SUR LE GAILLARD D'AVANT, SOIT ENVIRON 66 M <sup>3</sup> .....	16
	VII.2.3 CAS D : CAS C + 0.5M D'EAU SUR 13M DE PONT PRINCIPAL EN ARRIERE DU GAILLARD SOIT ENVIRON 90 M <sup>3</sup> .....	17
	VII.2.4 CAS E : CAS D + ENVAHISSEMENT DU PEAK AVANT.....	18

---

IX.2	GÉOMÉTRIE .....	27
IX.3	HAUTEUR STATIQUE SUR L'EAU .....	28
IX.4	VARIATION DYNAMIQUE DE HAUTEUR RELATIVE .....	29
IX.4.1	TEMPS D'IMMERSION DES DÉGAGEMENTS D'AIR (EN %).....	30
IX.4.2	HAUTEURS MOYENNES D'IMMERSION DES DÉGAGEMENTS D'AIR (EN M)	
	31	
IX.4.3	DÉBITS MOYENS HORAIRES DES DÉGAGEMENTS D'AIR (EN M <sup>3</sup> /H) .....	31
X -	CONCLUSION.....	33

FIGURES

---

«IEVOLI SUN»

**CALCULS DE STABILITE**

**I - OBJET DE L'ETUDE**

L'objet de l'étude est la vérification de la stabilité hydrostatique en eau calme du chimiquier «IEVOLI SUN» avec son chargement le 28/10/2000 au départ de FAWLEY (Ile de WIGHT).

Les calculs de stabilité sont réalisés à l'aide du logiciel HUBLLOT développé par IFREMER, pour plusieurs conditions de chargement correspondant à un envahissement progressif du navire.

On effectue également une étude du comportement dynamique sur houle afin d'évaluer les mouvements du navire. Les calculs de tenue à la mer sont effectués à l'aide du logiciel AQUA+ développé par ECN/SIREHNA.

On s'intéresse ensuite à la probabilité d'immersion des dégagements d'air des différents ballasts, et au débit d'eau moyen pouvant éventuellement entrer par ces orifices.

La présente étude rentre dans le cadre du rapport d'enquête établi par le BEA/Mer pour la recherche des causes ayant conduit au naufrage du «IEVOLI SUN» survenu le 30 octobre 2001 au large d'AURIGNY.

---

## II - DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents de référence utilisés dans le cadre de cette étude sont les suivants :

[1] Fax BEA/Mer du 02/04/2001 :

« Affaire IEVOLI SUN ».

[2] Rapport Météo France du 20/11/2000 :

« Bulletins Large élaborés par Météo France Toulouse (28 au 30/10/2000) ».

[3] Plans et documents Societa Esercisio Cantieri S.p.A. Viareggio (1987)

- Disegno n° 768-00-6 : « Piano di costruzione di calcolo » 87.
- Disegno n° 768-00-12 : « Piano delle capacita e delle pressature » 87.
- « Istruzioni al commandante sulla stabilita » 89.
- « Risultati calcoli di falla » 89.

[4] Ullage Report du 28/10/2000.

### III - CARACTERISTIQUES GENERALES DU NAVIRE

Année de construction :	1987 (Societa Esercizio Cantieri)
Longueur hors tout :	115.65 m
Longueurs entre perpendiculaires :	108.5 m
Largeur hors membre :	17.5 m
Creux au pont couvert	8.0 m
Distance entre PPAR et extrémité AR :	-2.5 m
Immersion maximale :	6.26 m
Déplacement lège :	2346 t
LCG (/PPAR) :	45.40 m
KG (/OH) :	6.05 m

### IV - MODELISATION ET REPERE DE MAILLAGE

Conformément à la méthode utilisée par le logiciel HUBLLOT, le navire a été maillé à partir du plan de formes à l'aide de facettes décrivant la coque, le pont et les superstructures intervenant dans la stabilité à l'état intact :

- gaillard d'avant,
- dunette, surélevée de .5 m par rapport au pont principal.

Le maillage réalisé à partir des sections du navire est présenté sur la figure A1.

Le repère de maillage dans lequel sont exprimées les différentes grandeurs de calculs est le

## V - VALIDATION DU MODELE

La validation du modèle est effectuée au regard de deux chargements réglementaires décrits dans le livre de stabilité de la réf [3].

### V.1 CHARGEMENT N°1

Le chargement n°1 est un chargement en port lourd, décrit dans le livre de stabilité sous la désignation : « Condizione di Carico n° 1 ; Partenza »

Les conditions générales du navire sont alors les suivantes :

P = 9609 t

KG = 4.79 m

LCG = 55.53 m

FSM = 5592 t.m (moment de surface libre)

Les résultats de l'équilibre réalisé avec le modèle sont présentés sur la figure B1.

Les valeurs comparées des grandeurs calculées sont les suivantes :

	Constructeur	Hublot	Ecart (%)
Immersion AV	6.03 m	6.13 m	+ 1.6

## V.2 CHARGEMENT N°2

Le chargement n° 2 est un chargement sur ballast décrit dans le livre de stabilité sous la désignation : « Condizione di Carico n° 19 ; Partenza »

Les conditions générales du navire sont alors les suivantes

$$P = 6008 \text{ t}$$

$$KG = 4.18 \text{ m}$$

$$LCG = 54.01 \text{ m}$$

$$FSM = 200 \text{ t.m}$$

Les résultats de l'équilibre réalisé avec le modèle sont présentés sur la figure B2.

Les valeurs comparées des grandeurs calculées sont les suivantes :

	Constructeur	Hublot	Ecart (%)
Immersion AV	3.04 m	3.14 m	+ 3.2
Immersion AR	5.22 m	5.27 m	+ 1.0
GMT corrigé	3.75 m	4.00 m	+ 6.7
GML corrigé	184.00 m	212.7 m	+ 15.6

On observe toujours un écart de l'ordre de 3 % sur les tirants d'eau. Par contre, le calcul des hauteurs métacentriques montre des écarts plus importants, surtout pour le longitudinal.



	Constructeur	Hublot	Ecart (%)
A [30°]	0.547 m.rad	0.576 m.rad	+ 5.3
A [40°]	0.926 m.rad	0.971 m.rad	+ 4.8
A [30°-40°]	0.379 m.rad	0.395 m.rad	+ 4.2
GZ [30°]	2.10 m	2.15 m	+ 2.4
GZ <sub>max</sub>	2.28 m	2.31 m	+ 1.3
$\theta$ [GZ <sub>max</sub> ]	40 deg	38.4 deg	- 4.0

Les résultats montrent une bonne concordance des résultats avec des écarts inférieurs à 5 % pour la plupart des valeurs.

### V.3 CONCLUSION

Un modèle numérique du « IEVOLI SUN » a été réalisé à l'aide du logiciel HUBLLOT. Des calculs d'équilibre correspondant à des chargements type du livre de stabilité ont ensuite été effectués à l'aide de ce même logiciel. Les résultats ont été comparés aux valeurs annoncées par le constructeur.

Pour un déplacement et une position du centre de gravité donnés, on relève des écarts inférieurs à 5 % sur la plupart des grandeurs caractéristiques excepté sur les hauteurs métacentriques ou l'écart observé maximal est de 6.7 % pour le transversal et + 15.6 % pour le longitudinal.

VI - CHARGEMENT DEPART FAWLEY

Les caractéristiques du navire prêt au chargement sont issues du livre de stabilité de la réf [3].

Les caractéristiques du chargement sont issues du document [4]. Ce même document indique les caractéristiques d'enfoncement du navire chargé, au départ de FAWLEY :

Immersion AV = 5.30 m

Immersion AR = 6.40 m

Un calcul d'équilibre réalisé avec HUBLLOT avec ces immersions et une gîte nulle donne les résultats suivants (figures C1 et C2) :

Déplacement : 8773.0 t

XG/PPAR : 54.97 m

GMT (non corrigé) : 2.35 m

On en déduit alors les éléments propres au chargement et au navire hors chargement :

Désignation	Poids (t)	XG (m)	KG(m)	FSM (t.m)
Navire prêt au chargement	2841.0	43.51	5.97	200.
Chargement	5932.0	60.46	4.65	4334.6

Cuve n°	Inertie de surface libre (m <sup>4</sup> )	Poids volumique (t/m <sup>3</sup> )	Moment de surface libre (t.m)
1P	189.2	0.785	148.5
1S	189.2	0.785	148.5
2P	306.7	0.910	279.1
2S	306.7	0.910	279.1
3P	351.5	0.910	319.9
3S	351.5	0.910	319.9
4P	200.8	0.785	157.6
4S	200.8	0.785	157.6
5P	200.8	0.809	162.4
5S	200.8	0.809	162.4
6P	401.4	0.910	365.3
6S	401.4	0.910	365.3
7P	276.2	0.809	223.4
7S	276.2	0.809	223.4
8P	426.1	0.910	387.8
8S	426.1	0.910	387.8
9P	135.5	0.910	123.3
9S	135.5	0.910	123.3
			<b>Total FSM = 4334.6 t.m</b>

Les inerties de surface libre sont issues des plans [2] et les poids volumiques des différents



Au cours de l'inclinaison  $\theta$  du navire, les surfaces libres passent de la position  $S_1$  ( $\theta = 0$  deg) à la position  $S_2$  ( $\theta = 90$  deg). Dans le même temps le centre de gravité de la masse fluide passe de la position  $G_1$  à la position  $G_2$  en, décrivant une courbe assimilable, dans le cas présent, à un arc d'ellipse de demi-axes :

$$a = 0.536 \text{ m (1/2 grand axe)}$$

$$b = 0.500 \text{ m (1/2 petit axe)}$$

Pour une inclinaison  $\theta$  de la surface libre, le bras de levier inclinant dû au déplacement de la masse fluide de  $G_1$  en  $G_2$  est égal à :  $C = P_f \cdot r \cdot \sin \theta$

avec :

	$P_f = \text{poids du fluide} = 5932.t$
	$r = \text{hauteur métacentrique de la surface libre}$
	$\approx \text{rayon de courbure de l'ellipse}$

En considérant que le rayon de courbure de l'ellipse varie peu au cours de la gîte, les effets des carènes liquides de citernes de cargaison sont donc simplement équivalents du point de vue de la stabilité à une élévation verticale du centre de gravité du navire de la valeur  $\Delta$  (KG) telle que :

$$\Delta \text{ (KG)} = \text{FSM} / P = 0.517 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad \text{KG}_{\text{corrigé}} = 5.597 \text{ m}$$

La courbe de stabilité tracée dans cette condition est présentée sur la figure C3.

La figure C4 fournit les éléments de stabilité correspondant :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
GM (m)	1.850	> 0.15

## VII.2 APRES ENVAHISSEMENT

A la demande du BEA/Mer on étudie ici la modification de stabilité transversale du navire en présence d'eau sur le pont et après envahissement progressif des différents ballasts et compartiments de l'AV à l'AR du navire.

On retient les mêmes hypothèses quant aux effets des carènes liquides des masses d'eau présentes sur le gaillard et le pont, ainsi que celles présente dans les ballasts, à savoir que leurs actions sont à tout instant maximales (pleine surface libre) et se résument, du seul point de vue de la stabilité transversale, à une élévation  $\Delta$  (KG) du centre de gravité total.

On étudie ainsi 10 cas correspondant à l'envahissement progressif du navire par l'avant :

1. Cas A : départ FAWLEY
2. Cas B : Cas A + envahissement magasin AV + puits aux chaînes + local propulseur + descente local
3. Cas C : Cas B + 1.0m d'eau sur le gaillard d'avant, soit environ 66 m<sup>3</sup>
4. Cas D : Cas C + 0.5m d'eau sur 13m de pont principal en arrière du gaillard, soit environ 90 m<sup>3</sup>
5. Cas E : Cas D + envahissement du peak avant
6. Cas F : Cas D + envahissement du ballast n°2
7. Cas G : Cas D + envahissement du ballast n°2 et du peak avant
8. Cas H : Cas G + envahissement du ballast n°3
9. Cas I : Cas H + envahissement du ballast n°4

VII.2.1 Cas B = Cas A + envahissement magasin AV + puits aux chaînes + local propulseur + descente.

Le chargement total du navire devient alors :

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas A (départ FAWLEY)	8773.0	54.97	5.08	4534.6
Magasin	76.2	105.4	9.2	183.0
Puits aux chaînes	30.8	101.4	6.28	7.6
Local propulseur	23.0	146.0	3.30	-
Descente local	5.4	148.3	6.20	0.5
Cas B	8908.4	55.91	5.11	4725.7

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 0.53 \text{ m}$$

Les résultats de l'équilibre (figures D1 et D2) fournissent les éléments suivants :

$$TAV = 5.74 \text{ m}$$

$$TAR = 6.16 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures D3 et D4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
GM <sub>0</sub> (m)	1.75	≥ 0.15
CZ (m)	0.59	≥ 0.20

VII.2.2 Cas C = Cas B + 1.0 m d'eau sur le gaillard d'avant, soit environ 66 m<sup>3</sup>.

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas B	8908.4	55.91	5.11	4725.7
H2O Gaillard	66.0	105.1	11.1	462.
Cas C	8974.4	56.27	5.15	5187.7

Les résultats (figures E1 et E2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$\text{TAV} = 5.92 \text{ m}$$

$$\text{TAR} = 6.06 \text{ m}$$

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (\text{KG}) = \text{FSM} / \text{P} = 0.58 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures E3 et E4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$\text{GM}_0$ (m)	1.64	$\geq 0.15$
$\text{GZ}_{\text{max}}$ (m)	0.53	$\geq 0.20$
$\theta$ ( $\text{GZ}_{\text{max}}$ ) (deg)	22.8	$< 25.$
$\text{A}$ ( $\text{GZ}_{\text{max}}$ ) (m.rad)	0.126	
$\text{A}$ (0-30)	0.190	$\geq 0.055$



VII.2.3 Cas D : Cas C + 0.5m d'eau sur 13m de pont principal en arrière du gaillard soit environ 90 m<sup>3</sup>

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas C	8974.4	56.27	5.15	5187.7
H2O pont	90.0	94.06	8.45	2440.
Cas D	9064.4	56.64	5.18	7627.7

Les résultats (figures F1 et F2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$\text{TAV} = 6.13 \text{ m}$$

$$\text{TAR} = 5.97 \text{ m}$$

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (\text{KG}) = \text{FSM} / \text{P} = 0.84 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures F3 et F4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$\text{GM}_0$ (m)	1.32	$\geq 0.15$
$\text{GZ}_{\text{max}}$ (m)	0.40	$\geq 0.20$
$\theta$ ( $\text{GZ}_{\text{max}}$ ) (deg)	20.2	$< 25.$

#### VII.2.4 Cas E : Cas D + envahissement du peak avant.

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas D	9064.4	56.64	5.18	7627.7
Peak avant	134.3	107.52	3.23	90.4
Cas E	9198.7	57.38	5.15	7718.1

Les résultats (figures G1 et G2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$TAV = 6.52 \text{ m}$$

$$TAR = 5.76 \text{ m}$$

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 0.84 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures G3 et G4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$GM_0$ (m)	1.31	$\geq 0.15$
$GZ_{max}$ (m)	0.37	$\geq 0.20$
$\theta$ ( $GZ_{max}$ ) (deg)	19.3	$< 25.$
A ( $GZ_{max}$ ) (m.rad)	0.073	

## VII.2.5 Cas F : Cas D+ envahissement du ballast n°2

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas D	9064.4	56.64	5.18	7627.7
Ballast n° 2	330.6	96.64	2.71	984.5
Cas F	9395.0	58.05	5.09	8612.2

Les résultats (figures H1 et H2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$TAV = 6.95 \text{ m}$$

$$TAR = 5.60 \text{ m}$$

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 0.92 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures H3 et H4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$GM_0$ (m)	1.26	$\geq 0.15$
$GZ_{max}$ (m)	0.31	$\geq 0.20$
$\theta$ ( $GZ_{max}$ ) (deg)	17.4	$< 25.$
A ( $GZ_{max}$ ) (m.rad)	0.056	

VII.2.6 Cas G : Cas D + envahissement du peak avant et du ballast n° 2

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas F	9395.0	58.05	5.09	9612.2
Peak avant	134.3	107.52	3.23	90.4
Ballast n° 2	330.6	96.64	2.71	984.5
Cas G	9529.3	58.75	5.07	8702.6

Les résultats (figures I1 et I2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$TAV = 7.34 \text{ m}$$

$$TAR = 5.38 \text{ m}$$

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 0.91 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures I3 et I4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$GM_0$ (m)	1.25	$\geq 0.15$
$GZ_{max}$ (m)	0.27	$> 0.20$
$\theta$ ( $GZ_{max}$ ) (deg)	16.1	$< 25.$

## VII.2.7 Cas H : Cas G + envahissement du ballast n°3

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas G	9529.3	58.75	5.07	8702.6
Ballast n° 3	320.1	87.75	2.63	2723.5
Cas H	9849.4	59.69	4.99	11426.1

Les résultats (figures J1 et J2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$\text{TAV} = 8.01 \text{ m}$$

$$\text{TAR} = 5.11 \text{ m}$$

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (\text{KG}) = \text{FSM} / \text{P} = 1.16 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures J3 et J4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$\text{GM}_0$ (m)	1.05	$\geq 0.15$
$\text{GZ}_{\text{max}}$ (m)	0.15	$< 0.20$
$\theta$ ( $\text{GZ}_{\text{max}}$ ) (deg)	12.2	$< 25.$
A ( $\text{GZ}_{\text{max}}$ ) (m.rad)	0.020	

## VII.2.8 Cas I : Cas H + envahissement du ballast n°4

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas H	9849.4	59.69	4.99	11426.1
Ballast n° 4	437.6	77.98	2.36	2723.5
Cas I	10287.0	60.47	4.88	14149.6

Les résultats (figures K1 et K2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$TAV = 8.85 \text{ m}$$

$$TAR = 4.87 \text{ m}$$

Elévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 1.37 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures K3 et K4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$GM_0$ (m)	0.59	$\geq 0.15$
$GZ_{max}$ (m)	0.04	$< 0.20$
$\theta$ ( $GZ_{max}$ ) (deg)	7.2	$< 25.$
$A$ ( $GZ_{max}$ ) (m.rad)	0.003	

## VII.2.9 Cas J : Cas I + envahissement du ballast n°5

	Poids (t)	XG (m)	KG (m)	FSM (t.m)
Cas I	10287.0	60.47	4.88	14149.6
Ballast n° 5	329.2	68.2	2.35	3742.3
Cas J	10616.2	60.71	4.80	17891.9

Les résultats (figures L1 et L2) fournissent les éléments d'équilibre suivants :

$$TAV = 9.73 \text{ m}$$

$$TAR = 4.65 \text{ m}$$

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

$$\Delta (KG) = FSM / P = 1.68 \text{ m}$$

Les éléments de stabilité deviennent (figures L3 et L4) :

	Valeur calculée	Valeur réglementaire
$GM_0$ (m)	-0.24	< 0.15
$GZ_{max}$ (m)	0.	< 0.20
$\theta$ ( $GZ_{max}$ ) (deg)	0.00	< 25.
A ( $GZ_{max}$ ) (m.rad)	0.00	

---

### VIII - CALCULS DE TENUE A LA MER

Des calculs de tenue à la mer du navire sur houle sont réalisés à l'aide du logiciel AQUA+ (code de diffraction-radiation dans la domaine linéaire en résolution fréquentielle), suivis d'une réponse spectrale et d'une analyse statistique des résultats afin d'en déduire les mouvements de plateforme probables du navire pour un état de mer donné.

Les calculs sont réalisés pour les conditions suivantes :

- Navire faisant route au cap  $232^\circ$  à la vitesse  $V = 5.3$  nds,
- Houle de direction Ouest/Sud-Ouest ( $250^\circ$ ) et de caractéristiques ( $H_s = 7$  m ;  $T_s = 9$ s) avec un vent établi de 50 nds.

Compte tenu de ces données, l'incidence de la houle est de 18 deg tribord.

Les inerties du navire sont choisies de façon arbitraire et usuelle de la façon suivante :

- Rayon d'inertie en roulis :  $0.35 B$  avec  $B =$  largeur navire
- Rayon d'inertie en tangage :  $0.25 L$  avec  $L =$  longueur navire
- Rayon d'inertie en lacet :  $0.25 L$

On introduit d'autre part un amortissement en roulis égal à 4 % de l'amortissement critique.



Le tableau ci-dessous résume, pour les 6 chargements considérés, les valeurs moyennes (RMS) et extrêmes (probabilité d'occurrence sur 6 heures) des amplitudes de mouvement de pilonnement, roulis et tangage au centre de gravité du navire et pour l'état de mer considéré.

Cas d'envahissement	Pilonnement (m)		Roulis (deg)		Tangage (deg)	
	Moyen	Extrême	Moyen	Extrême	Moyen	Extrême
Cas A	0.90	3.71	1.22	5.03	2.47	10.23
Cas D	1.06	4.39	1.40	5.73	2.64	10.91
Cas F	1.18	4.88	1.53	6.28	2.64	10.89
Cas H	1.32	5.44	1.71	7.00	2.77	11.42
Cas I	0.79	3.29	1.86	7.60	2.15	8.92
Cas J	0.92	3.81	1.98	8.10	1.90	7.83

L'évolution de la carène liée à l'immersion progressive du navire au cours de l'envahissement modifie son comportement dynamique sur houle :

- Le pilonnement et le tangage augmentent constamment au fur et à mesure de l'envahissement jusqu'au cas H. Ils diminuent ensuite après l'envahissement du ballast n° 4.
- Le roulis augmente de façon régulière avec l'envahissement.

Ces résultats s'expliquent partiellement par l'évolution des périodes propres du navire :

Cas de	Période	Période	Période
--------	---------	---------	---------

---

L'examen de ce tableau montre que l'envahissement progressif du navire a pour action d'augmenter les périodes propres des mouvements (périodes de rencontre).

Exprimées en termes de périodes de houle, ces périodes propres se rapprochent ainsi de la période significative de l'état de mer considéré ( $T_s = 9$  s) principalement pour les mouvements de pilonnement et tangage. La conséquence immédiate est donc une amplification de ces deux mouvements jusqu'au moment où, du fait de l'envahissement progressif, le pont avant se retrouve partiellement immergé (cas I). A partir de cet instant, l'eau au dessus du pont constitue un frein et ces mêmes mouvements diminuent.

**Remarque :** dans ces calculs, seul l'amortissement en roulis de type visqueux a été introduit. Les valeurs des mouvements obtenus pour le pilonnement et le tangage sont donc, à priori, majorés. D'autre part, l'évolution des formes au-dessus de la flottaison permet difficilement de conserver des hypothèses de linéarité avec des amplitudes importantes comme c'est le cas ici, d'autant plus que le pont est rapidement immergé et modifie considérablement l'allure de la carène.

## IX - IMMERSION DES DEGAGEMENTS D'AIR

On étudie maintenant les risques d'immersion des dégagements d'air des différents ballasts au cours des situations d'envahissement ayant fait l'objet des calculs de tenue à la mer.

### IX.1 METHODE

La méthode consiste dans chacun des cas d'envahissement étudié à calculer, pour chaque dégagement d'air, la variation de hauteur relative de l'orifice par rapport à la surface libre de la houle incidente et en déduire, si la probabilité existe, le pourcentage de temps effectivement passé en immersion. Ces résultats permettent ensuite d'en déduire un débit moyen entrant dans chaque ballast pour une configuration d'envahissement donnée.

### IX.2 GEOMETRIE

La position de chaque dégagement d'air est donnée dans le tableau suivant (dans le repère de calcul) :

Désignation du dégagement d'air	X / PPAV (m)	X / PPAR (m)	Y / CL (m)	Z / ØH (m)
Peak AV	+3.6	112.1	0.6	11.4
Ballast 2 Td	-9.8	98.7	-5.1	9.0
Ballast 2 Bd	-9.8	98.7	+5.1	9.0

### IX.3 HAUTEUR STATIQUE SUR L'EAU

Le tableau suivant fournit, pour chaque configuration d'envahissement étudiée, la hauteur statique de chaque dégagement au-dessus de la surface libre au repos. Une valeur positive indique que le dégagement d'air se trouve au dessus de la surface. Dans le cas contraire, le dégagement est immergé.

Désignation du dégagement d'air	Départ (m)	Cas D (m)	Cas F (m)	Cas H (m)	Cas I (m)	Cas J (m)
Peak AV	6.14	5.27	4.39	3.30	2.41	1.50
Ballast 2 Td	3.60	2.89	2.16	1.25	0.51	-0.27
Ballast 2 Bd	3.60	2.89	2.16	1.25	0.51	-0.27
Ballast 3 Td	3.53	2.90	2.25	1.44	0.77	0.06
Ballast 3 Bd	3.53	2.90	2.25	1.44	0.77	0.06
Ballast 4 Td	3.44	2.91	2.35	1.67	1.08	0.45
Ballast 4 Bd	3.44	2.91	2.35	1.67	1.08	0.45
Ballast 5 Td	3.33	2.93	2.49	1.96	1.49	0.98
Ballast 5 Bd	3.33	2.93	2.49	1.96	1.49	0.98

Comme on peut le constater, les hauteurs diminuent au fur et à mesure de l'envahissement progressif, mais il faut attendre le dernier cas d'envahissement (cas J), pour voir les dégagements d'air les plus bas (ballast 2) complètement immergés.

---

#### IX.4 VARIATION DYNAMIQUE DE HAUTEUR RELATIVE

On étudie maintenant la variation de hauteur relative des dégagements d'air par rapport à la surface libre au cours des mouvements dynamiques du navire sur houle. Lorsque cette variation devient supérieure à la hauteur statique définie au paragraphe précédent, le dégagement d'air est immergé. On peut alors en déduire le temps correspondant d'immersion et le débit entrant, dans le cas d'une ouverture totale de ces dégagements à la mer.

La méthode repose sur une simulation temporelle de la variation dynamique de hauteur relative de chaque dégagement d'air, pour chaque configuration étudiée.

Elle prend en compte :

- a) **les mouvements** probables du navire (pilonnement, roulis et tangage), établis à partir des fonctions de transfert de ces mouvements et de la réponse spectrale à l'état de mer considéré.
- b) **l'élévation de surface libre** au droit de chaque dégagement d'air pour l'état de mer considéré, la vitesse d'avance du navire et son incidence face à la houle.

L'enchaînement des calculs pour chaque configuration est alors le suivant :

1. Calcul des fonctions de transfert des mouvements du navire sur houle régulière pour l'incidence étudiée.

5. Réalisation d'une **simulation temporelle de chaque variation** sur une durée déterminée, l'analyse directe de cette évolution permettant alors de calculer :

- le pourcentage de temps pendant lequel cette variation dépasse la hauteur statique du dégagement d'air et correspond donc au pourcentage de temps pendant lequel il se trouve immergé.
- les valeurs statistiques moyennes (hauteur, débit) relatives à chaque dégagement.

Les résultats sont les suivants :

#### IX.4.1 Valeurs statistiques des variations de hauteur relative (en m)

Ces valeurs sont des amplitudes de variation de hauteur atteintes par chaque dégagement d'air vis à vis de la surface de la mer. La valeur moyenne est une valeur RMS, la valeur extrême est une probabilité d'occurrence sur 6 h.

	A		D		F		H		I		J	
	moy.	extr.	moy.	extr.	Moy.	extr	Moy.	extr	Moy.	extr	Moy.	extr
<b>Peak AV</b>	3.83	15.96	4.05	16.86	4.14	17.19	4.29	17.81	3.11	12.99	2.63	11.01
<b>2 T</b>	3.08	12.88	3.27	13.63	3.38	14.10	3.50	14.59	2.44	10.24	2.12	8.90
<b>B</b>	2.95	12.34	3.23	13.47	3.31	13.82	3.45	14.39	2.40	10.05	2.13	8.96
<b>3 T</b>	2.53	10.61	2.82	11.82	2.95	12.34	3.06	12.79	2.14	9.02	1.92	8.06
<b>B</b>	2.30	8.66	2.72	11.39	2.81	11.75	2.95	12.32	2.08	8.76	1.94	8.15
<b>4 T</b>	1.98	8.32	2.28	9.59	2.42	10.13	2.53	10.58	1.83	7.72	1.77	7.47
<b>B</b>	1.72	7.27	2.14	8.98	2.23	9.37	2.37	9.94	1.74	7.37	1.81	7.65

#### IX.4.2 Temps d'immersion des dégagements d'air (en %)

Pourcentages de temps correspondant à l'immersion effective de chaque dégagement d'air dans les différentes situations d'envahissement.

Désignation du dégagement d'air		Départ (%)	Cas D (%)	Cas F (%)	Cas H (%)	Cas I (%)	Cas J (%)
Peak AV		6.4	9.8	13.1	15.4	20.8	26.9
Ballast 2	Td	11.3	18.7	25.8	37.0	41.0	55.1
Ballast 2	Bd	10.5	18.4	25.9	36.0	42.1	55.5
Ballast 3	Td	8.2	14.4	22.3	32.2	36.7	48.5
Ballast 3	Bd	6.1	13.8	21.4	31.4	36.4	48.7
Ballast 4	Td	4.8	9.4	16.3	28.5	29.5	39.2
Ballast 4	Bd	3.4	7.8	14.4	24.0	27.5	39.2
Ballast 5	Td	1.1	4.2	7.9	14.9	14.7	30.0
Ballast 5	Bd	0.3	3.5	6.6	13.9	13.9	30.0

#### IX.4.3 Hauteurs moyennes d'immersion des dégagements d'air (en m)

Valeurs indiquant la hauteur d'eau moyenne au dessus des dégagements lorsque ceux-ci se trouvent effectivement immergés.

Désignation du dégagement d'air		Départ (m)	Cas D (m)	Cas F (m)	Cas H (m)	Cas I (m)	Cas J (m)
---------------------------------	--	------------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

#### IX.4.4 Débits moyens horaires des dégagements d'air (en m<sup>3</sup>/h)

Correspondent aux débits d'eau moyens entrant par chaque dégagement supposé non-obstrué, et exprimés sur la durée totale  $\Delta t$  de navigation pour chaque configuration étudiée :

$$Q_{\text{moy}} = \frac{\int_t^{t+\Delta t} q(t).dt}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad q(t) = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h(t)} : \text{débit instantané}$$

où  $h(t)$  est la hauteur d'immersion du dégagement

(= 0. lorsque le dégagement est émergé)

et  $S$  : section du dégagement

Le débit instantané  $q(t)$  est fonction du temps et se calcule à partir de la simulation temporelle de hauteur relative précédemment réalisée.

Les résultats (en m<sup>3</sup>/h) sont les suivants :

Désignation du dégagement d'air		Départ (m <sup>3</sup> /h)	Cas D (m <sup>3</sup> /h)	Cas F (m <sup>3</sup> /h)	Cas H (m <sup>3</sup> /h)	Cas I (m <sup>3</sup> /h)	Cas J (m <sup>3</sup> /h)
Peak AV		59.9	103.6	148.5	149.6	204.8	242.3
Ballast 2	Td	69.3	115.0	169.9	255.8	255.0	344.9
Ballast 2	Bd	62.5	112.4	166.9	252.1	255.0	346.2
Ballast 3	Td	43.4	83.5	132.5	205.7	203.3	280.8
Ballast 3	Bd	32.8	77.3	123.6	197.7	198.8	281.5



**X - CONCLUSION**

Conformément à la demande du BEA mer, des calculs de stabilité hydrostatique en eau calme ont été réalisés sur le « IEVOLI SUN » pour différents cas de chargement correspondant à l'envahissement progressif du navire par l'avant. L'évolution de l'assiette statique du navire correspondant aux différents scénarios d'envahissement donne les résultats suivants :

Cas de chargement	Immersion AV (m)	Immersion AR (m)	Assiette (deg)	Critères de stabilité	Immersion du pont en eau calme
Départ FAWLEY	5.29	6.41	-0.59	6/6	non
Cas B	5.74	6.16	-0.22	5/6	non
Cas C	5.92	6.06	-0.07	5/6	non
Cas D	6.13	5.97	0.08	5/6	non
Cas E	6.52	5.76	0.40	4/6	non
Cas F	6.95	5.60	0.72	4/6	non
Cas G	7.34	5.38	1.04	1/6	non
Cas H	8.01	5.11	1.53	1/6	non
Cas I	8.85	4.87	2.10	1/6	oui
Cas J	9.73	4.65	2.68	0/6	oui

L'évolution de l'assiette du navire et son enfoncement sur l'avant ne provoquent l'immersion statique du pont qu'à partir du cas I (après envahissement du ballast n° 4). L'étude de la stabilité statique en eau calme montre d'autre part une nette dégradation des critères de stabilité

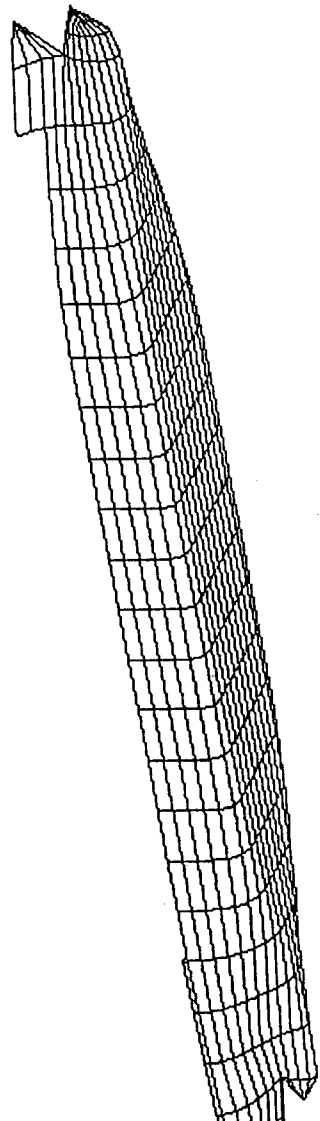
---

Des calculs complémentaires ont été effectués pour évaluer, dans les conditions de navigation du navire face à la houle, les probabilités d'immersion de chaque dégagement d'air pour les différents scénarios d'envahissement. Les résultats ont ainsi permis d'évaluer des débits moyens pouvant entrer par ces orifices dans l'hypothèse d'une libre communication.

Ainsi, au début de l'envahissement (cas D), alors que seule la partie avant du navire est envahie (magasin, puits aux chaînes, local propulseur + descente) et avec en permanence une couche d'eau de 1.0 m sur le gaillard avant et une couche d'eau de l'ordre de 0.5 m sur la partie avant du pont, le débit moyen pouvant éventuellement entrer par chaque dégagement d'air du ballast n° 2 est de l'ordre de 115 m<sup>3</sup>/h.

Sachant que le ballast n° 2 a un volume de l'ordre de 330 m<sup>3</sup>, il faut dans ces conditions de navigation une durée de l'ordre de 3 h pour que le ballast se remplisse complètement par l'un de ses dégagements d'air en cas de détérioration du système d'étanchéité.

FIGURES



IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 6 avril 2001 (11:39:2)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 3

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 1  
nom du cas de chargement : carico\_1

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -6.578 m  
tirant d'eau arrière : TAR 6.578 m  
tirant d'eau milieu : TMI 6.352 m  
tirant d'eau avant : TAV 6.127 m

Angle de gite :

PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd

Angle d'assiette :

PSID : -0.238 degré PSI : -4.157e-003 rd

Assiette :

assiette adimensionnelle : ASS 4.157e-003 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :

DEP : 9.608e+006 DEPR : 9.609e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 55.530 XACG : 55.510 m  
YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
ZRCG : 4.790 ZACG : 5.021 m

Volume :

VOL : 9373.870 VOLR : 9374.630 m3

Centre de carène :

XRCC : 55.525 XACC : 55.510 m  
YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
ZRCC : 3.362 ZACC : 3.592 m

Surface mouillée :

aire de la surface mouillée : SCM 2794.560 m2

Centre de surface mouillée :

XRSM : 54.913 XASM : 54.905 m  
YRSM : -7.628e-018 YASM : -7.628e-018 m  
ZRSM : 1.914 ZASM : 2.143 m

Surface de flottaison :

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

lundi 9 avril 2001 (8:52:29)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 3  
nom du cas de chargement : carico\_2

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.270 m  
tirant d'eau arrière : TAR 5.271 m  
tirant d'eau milieu : TMI 4.207 m  
tirant d'eau avant : TAV 3.142 m

Angle de gite :

PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd

Angle d'assiette :

PSID : -1.124 degré PSI : -0.020 rd

Assiette :

assiette adimensionnelle : ASS 0.020 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :

DEP : 6.008e+006 DEPR : 6.008e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 54.010 XACG : 53.918 m  
YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
ZRCG : 4.180 ZACG : 5.239 m

Volume :

VOL : 5861.050 VOLR : 5861.460 m3

Centre de carène :

XRCC : 53.965 XACC : 53.911 m  
YRCC : 1.211e-018 YACC : 1.211e-018 m  
ZRCC : 2.239 ZACC : 3.297 m

Surface mouillée :

aire de la surface mouillée : SCM 2241.750 m2

Centre de surface mouillée :

XRSM : 54.093 XASM : 54.061 m  
YRSM : -8.345e-018 YASM : -8.345e-018 m  
ZRSM : 1.101 ZASM : 2.162 m

Surface de flottaison :

Surface de flottaison : SFL 1620.260 m2

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

lundi 9 avril 2001 (9:13:57)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 3

nom du cas de chargement : carico\_2

Déplacement :

DEP : 6.008e+006          DEPR : 6.008e+006          kg

Centre de gravité :

XRCG : 54.010    XACG : 54.011    m

YRCG : 0.000    YACG : -4.165    m

ZRCG : 4.180    ZACG : -0.221    m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 4.037    m

GZ maximum : 2.308    m

angle de gite pour GZ maximum : 38.386    degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.907    m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.576    m.rd

GZ à 30 degrés : 2.154    m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.971    m.rd

GZ à 40 degrés : 2.303    m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

és de gite : 0.395    m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000    m

ordonnée du point 3d : 0.000    m

cote du point 3d : 10.000    m

angle d'envahissement : 94.863    degré

AGZ (X) : 0.000    m.rd

AGZ(30-X) : -0.576    m.rd

IFREMER HUBLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 6 avril 2001 (12:46:22)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN" départ FAWLEY

critère de recherche : 5

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -6.407 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 6.407 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 5.850 m  
 tirant d'eau avant : TAV 5.292 m

Angle de gîte :

PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : -0.589 degré PSI : -0.010 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS 0.010 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 8.773e+006 DEPR : 8.773e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 54.970 XACG : 54.915 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.110 ZACG : 5.674 m

Volume :

VOL : 8559.060 VOLR : 8559.080 m3

Centre de carène :

XRCC : 54.948 XACC : 54.913 m  
 YRCC : 6.631e-018 YACC : 6.631e-018 m  
 ZRCC : 3.106 ZACC : 3.670 m

Surface mouillée :

aire de la surface mouillée : SCM 2675.110 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 54.442 XASM : 54.421 m  
 YRSM : 1.091e-017 YASM : 1.091e-017 m  
 ZRSM : 1.731 ZASM : 2.290 m

Surface de flottaison :

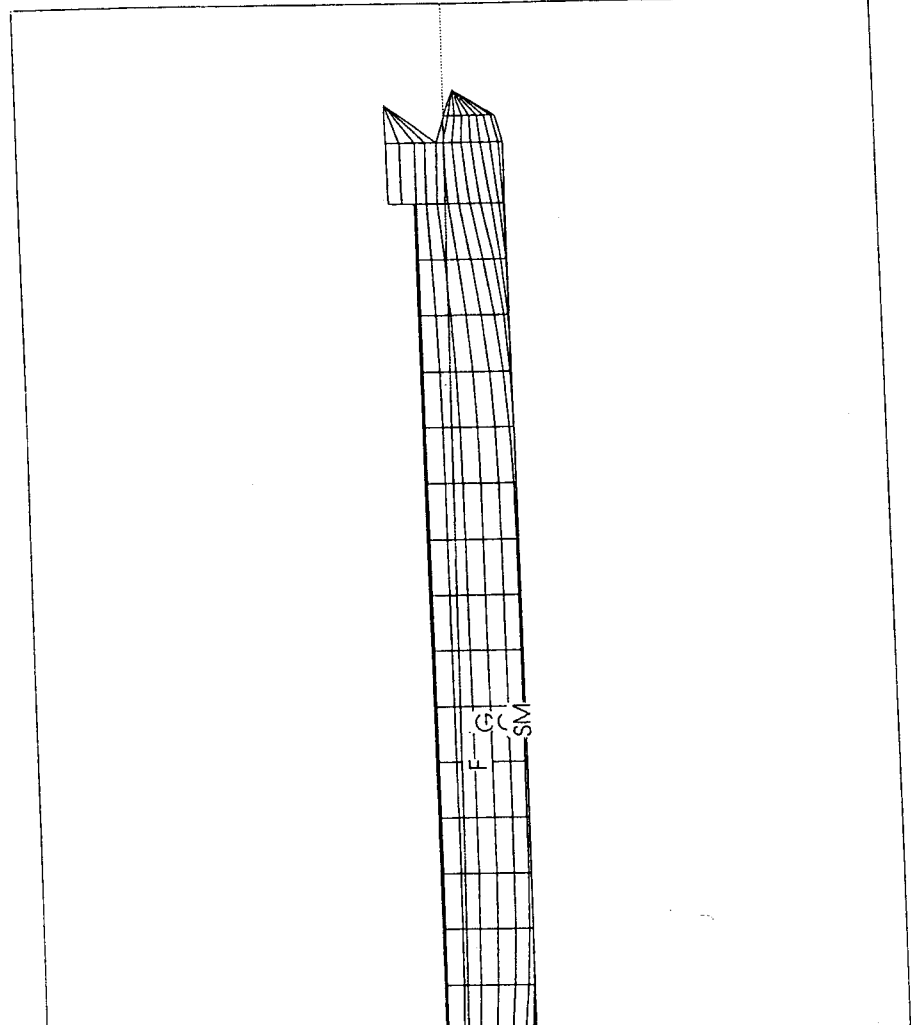
aire de la surface de flottaison : SFL 1683.850 m2

Centre de flottaison :

XRCF : 51.412 XACF : 51.349 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m  
 ZRCF : 5.272 ZACF : 6.407 m



phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 theta = 0.00 degré  
  
 ENF = -6.40 m  
 TAR = 6.40 m  
 TMI = 5.85 m  
 TAV = 5.30 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = -0.58 degré  
 ASS = 1.01e-002 adim

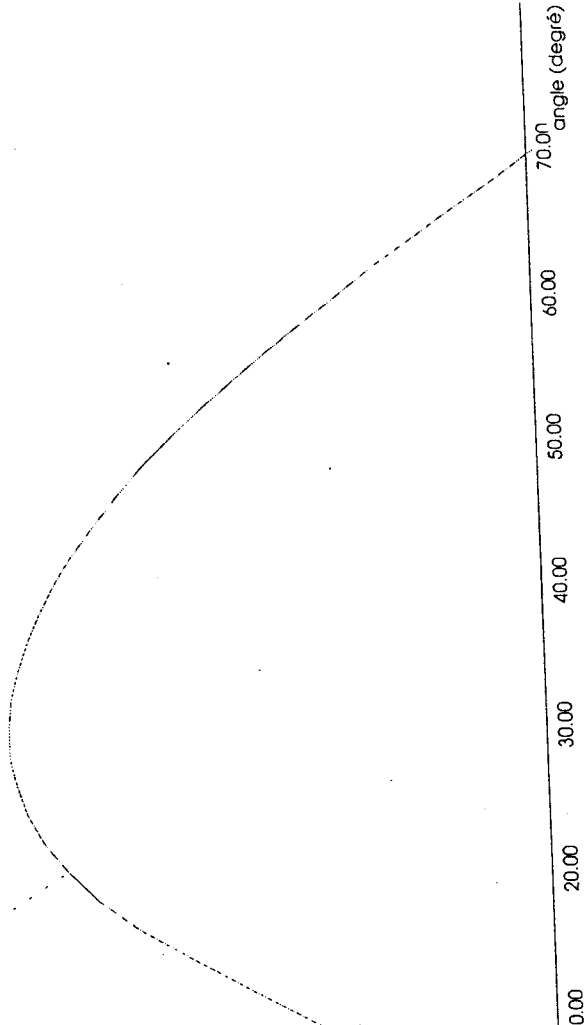


edi  
 Copyright (c) TNI-FREMER 1993

C2

GZ

= 0.00 degré  
= 2.35 m  
= 69.45 degré  
= -1.98 m  
  
= 29.27 degré  
= 0.88 m



Bras de levier de redressement GZ

NIJFERMER 1993

WLEY

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

mardi 17 avril 2001 (14:42:7)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 2

nom du cas de chargement : depart\_FAWLEY

Déplacement :

DEP : 8.780e+006 DEPR : 8.780e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 54.970 XACG : 54.967 m

YRCG : 0.000 YACG : -5.065 m

ZRCG : 5.597 ZACG : 2.455 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.859 m

GZ maximum : 0.650 m

angle de gite pour GZ maximum : 25.295 degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.174 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.227 m.rd

GZ à 30 degrés : 0.629 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.325 m.rd

GZ à 40 degrés : 0.479 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degrés de gite :

0.098 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 64.819 degré

AGZ (X) : 0.381 m.rd

AGZ(30-X) : 0.155 m.rd

IFREMER HUBLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:0:51)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS B**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -6.158 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 6.158 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 5.947 m  
 tirant d'eau avant : TAV 5.736 m

Angle de gite :

PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : -0.223 degré PSI : -3.889e-003 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS 3.889e-003 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 8.908e+006 DEPR : 8.908e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 55.910 XACG : 55.890 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.110 ZACG : 5.327 m

Volume :

VOL : 8691.120 VOLR : 8691.120 m3

Centre de carène :

XRCC : 55.904 XACC : 55.891 m  
 YRCC : 9.832e-021 YACC : 9.832e-021 m  
 ZRCC : 3.141 ZACC : 3.359 m

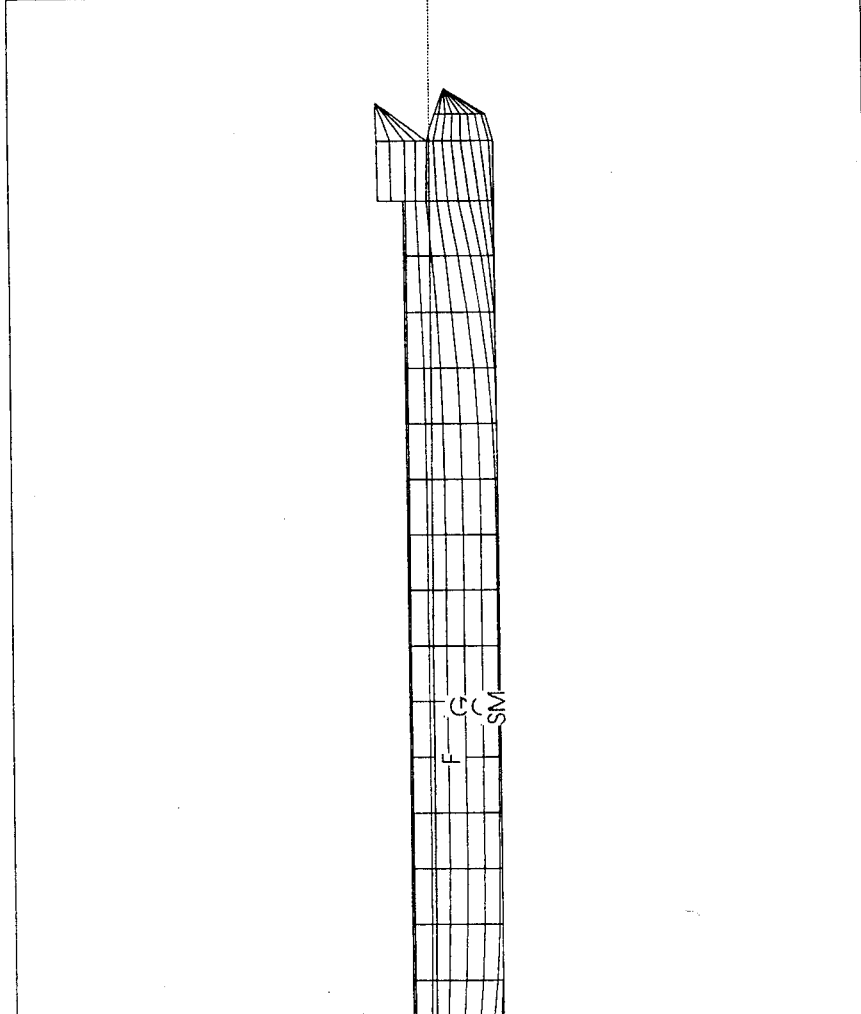
Surface mouillée :

aire de la surface mouillée : SCM 2692.570 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 55.157 XASM : 55.150 m  
 YRSM : 6.597e-019 YASM : 6.597e-019 m  
 ZRSM : 1.753 ZASM : 1.968 m

Surface de flottaison :

aire de la surface de flottaison : SFL 1672.100 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 51.521 XACF : 51.498 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m

phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 théta = 0.00 degré  
  
 ENF = -6.16 m  
 TAR = 6.16 m  
 TMI = 5.95 m  
 TAV = 5.74 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = -0.22 degré  
 ASS = 3.89e-003 adim



di

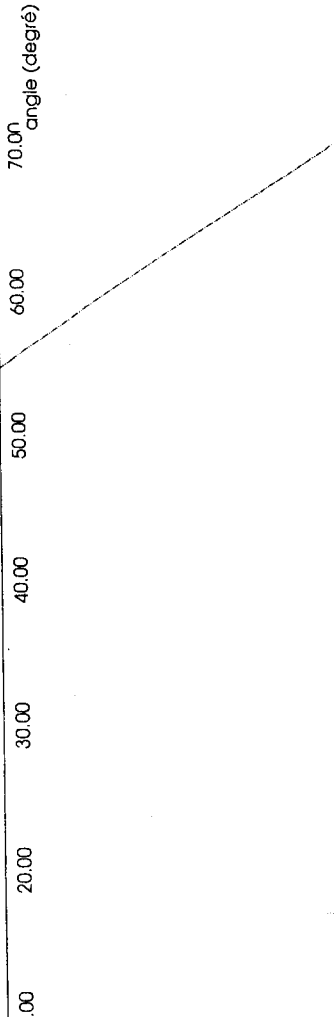
Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

S B

D2

GZI

= 0.00 degré  
= 1.75 m  
= 54.67 degré  
= -1.88 m  
  
= 23.96 degré  
= 0.59 m



Bras de levier de redressement GZ

11-FREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:24:50)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 1

nom du cas de chargement : CAS\_B

Déplacement :

DEP : 8.909e+006 DEPR : 8.908e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 55.910 XACG : 55.932 m

YRCG : 0.000 YACG : -5.047 m

ZRCG : 5.640 ZACG : 1.981 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.753 m

GZ maximum : 0.587 m

angle de gite pour GZ maximum : 23.959 degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.148 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.209 m.rd

GZ à 30 degrés : 0.555 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.293 m.rd

GZ à 40 degrés : 0.398 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

és de gite : 0.084 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 63.486 degré

AGZ (X) : 0.325 m.rd

AGZ(30-X) : 0.116 m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:3:32)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS C**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -6.063 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 6.063 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 5.992 m  
 tirant d'eau avant : TAV 5.921 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : -0.075 degré PSI : -1.311e-003 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS 1.311e-003 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 8.974e+006 DEPR : 8.974e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCG : 56.270 XACG : 56.263 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.150 ZACG : 5.224 m

Volume :  
 VOL : 8755.510 VOLR : 8755.510 m3

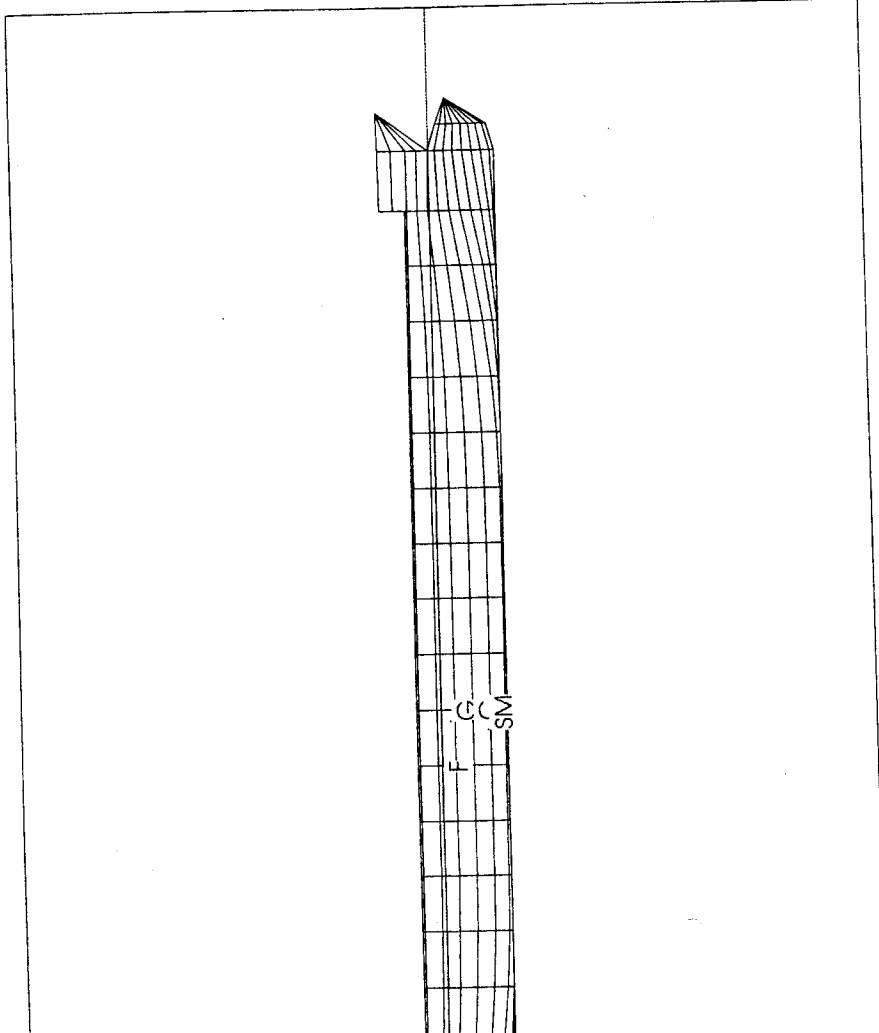
Centre de carène :  
 XRCC : 56.269 XACC : 56.265 m  
 YRCC : 1.230e-018 YACC : 1.230e-018 m  
 ZRCC : 3.161 ZACC : 3.235 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2700.460 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 55.439 XASM : 55.437 m  
 YRSM : 1.213e-017 YASM : 1.213e-017 m  
 ZRSM : 1.765 ZASM : 1.837 m

Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1667.330 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 51.576 XACF : 51.568 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m  
 ZRCF : 5.996 ZACF : 6.063 m

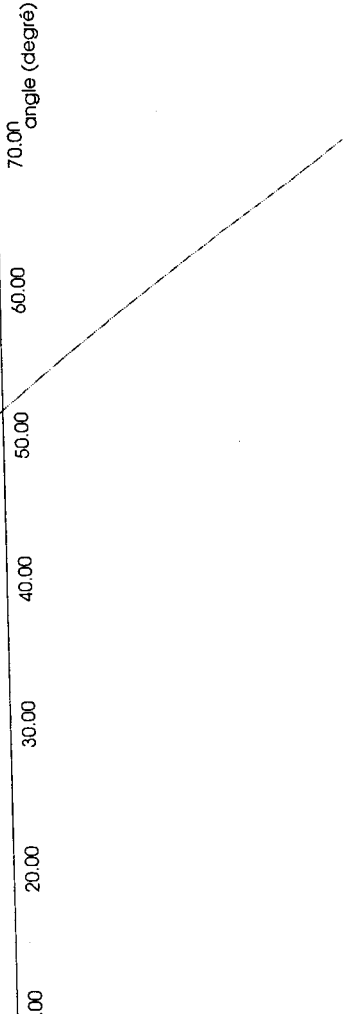


phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 théta = 0.00 degré  
  
 ENF = -6.06 m  
 TAR = 6.06 m  
 TMI = 5.99 m  
 TAV = 5.92 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = -7.51e-002 degré  
 ASS = 1.31e-003 adim



GZ

phiaeq(0) = 0.00 degré  
gmeaq(0) = 1.64 m  
phiaeq(1) = 51.74 degré  
gmeaq(1) = -1.77 m  
  
philex(0) = 22.82 degré  
grlex(0) = 0.53 m



Bras de levier de redressement GZ

NIHFREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:29:53)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 2  
nom du cas de chargement : CAS\_C

Déplacement :

DEP : 8.975e+006 DEPR : 8.974e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 56.270 XACG : 56.301 m  
YRCG : 0.000 YACG : -5.094 m  
ZRCG : 5.730 ZACG : 1.836 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.639 m  
GZ maximum : 0.530 m  
angle de gite pour GZ maximum : 22.821 degré  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :  
0.126 m.rd  
: aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite  
0.190 m.rd  
: GZ à 30 degrés : 0.484 m  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite  
: 0.261 m.rd  
: GZ à 40 degrés : 0.313 m  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degré  
s de gite : 0.071 m.rd  
Point d'envahissement numéro 0  
titre : pont  
abscisse du point 3d : 55.000 m  
ordonnée du point 3d : 0.000 m  
cote du point 3d : 10.000 m  
angle d'envahissement : 62.739 degré  
AGZ (X) : 0.260 m.rd  
AGZ (30-X) : 0.069 m.rd

IFREMER HUBLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:4:50)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS D**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.973 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 5.973 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.053 m  
 tirant d'eau avant : TAV 6.133 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 0.085 degré PSI : 1.475e-003 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -1.475e-003 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 9.065e+006 DEPR : 9.064e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCG : 56.640 XACG : 56.648 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.180 ZACG : 5.096 m

Volume :  
 VOL : 8844.000 VOLR : 8843.320 m3

Centre de carène :  
 XRCC : 56.645 XACC : 56.650 m  
 YRCC : -1.200e-018 YACC : -1.200e-018 m  
 ZRCC : 3.190 ZACC : 3.106 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2711.440 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 55.726 XASM : 55.728 m  
 YRSM : 0.000 YASM : 0.000 m  
 ZRSM : 1.782 ZASM : 1.700 m

Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1663.890 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 51.671 XACF : 51.680 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m

phi = 0.00 degré  
psi = 0.00 degré  
thétha = 0.00 degré

ENF = -5.97 m

TAR = 5.97 m

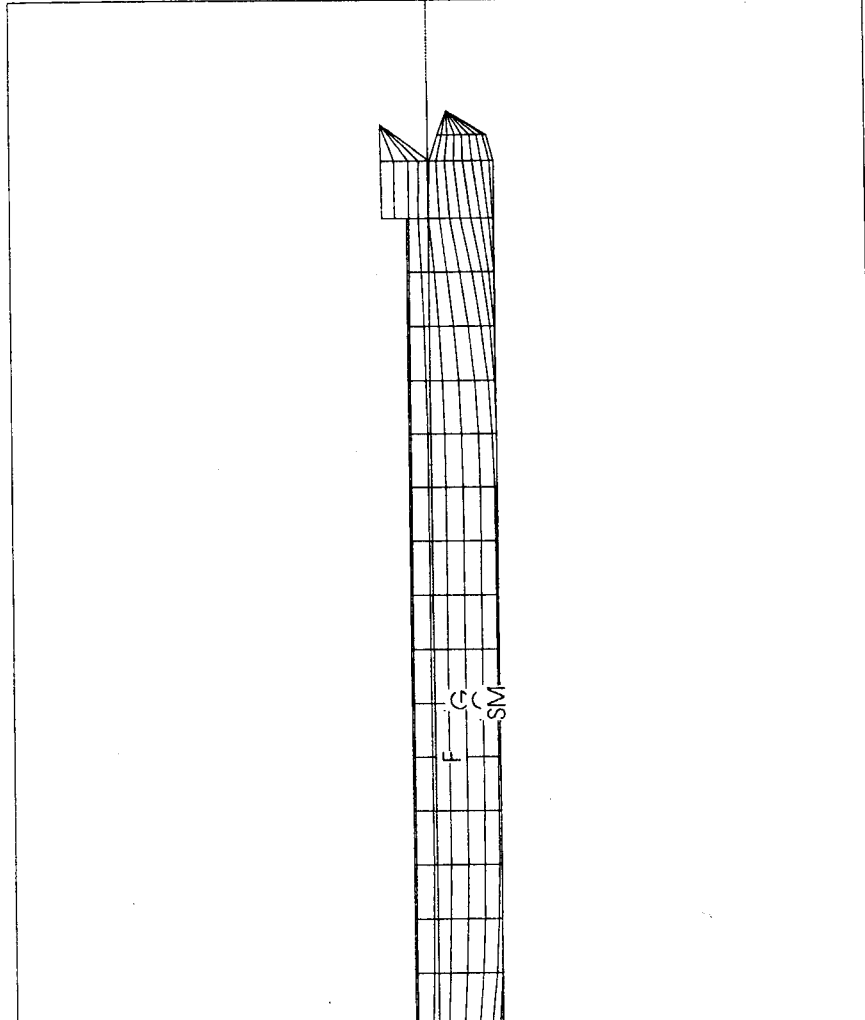
TMI = 6.05 m

TAV = 6.13 m

PHID = 0.00 degré

PSID = 8.45e-002 degré

ASS = -1.48e-003 radim



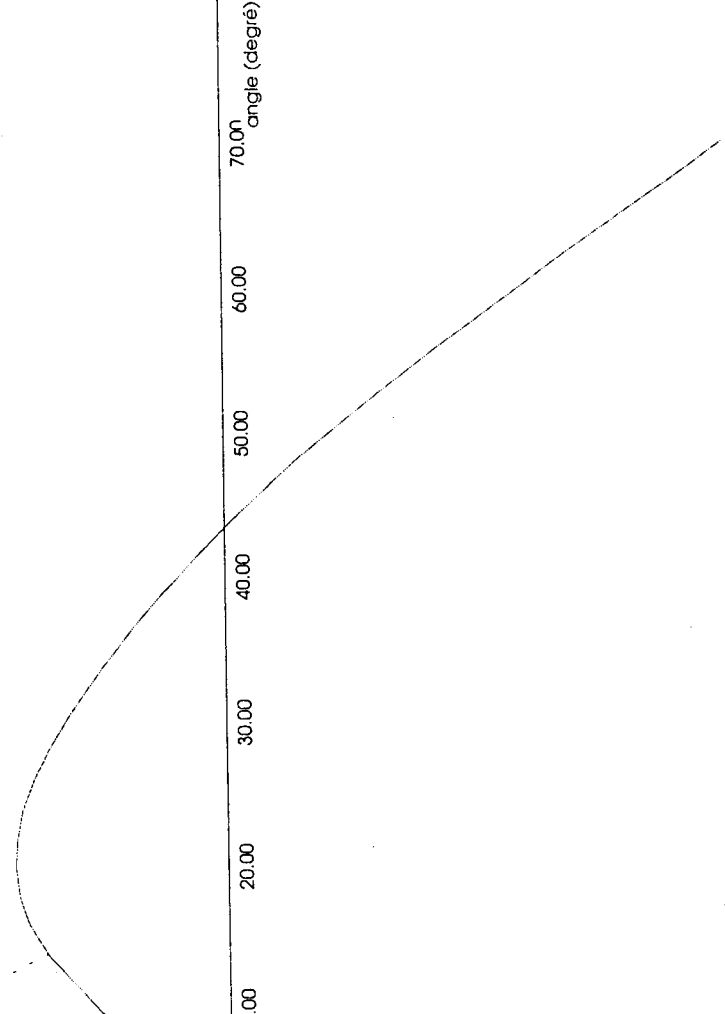
di

Copyright (c) TNI-FREMER 1993

F2

GZT

phieq(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 1.32 m  
phieq(1) = 43.49 degré  
gmeq(1) = -1.57 m  
phieq(0) = 20.21 degré  
gzex(0) = 0.40 m



Bras de levier de redressement GZ

11-FREMER 1993

F3

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:32:1)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 3

nom du cas de chargement : CAS\_D

Déplacement :

DEP : 9.065e+006          DEPR : 9.064e+006          kg

Centre de gravité :

XRCG : 56.640    XACG : 56.684    m

YRCG : 0.000    YACG : -5.303    m

ZRCG : 6.020    ZACG : 1.788    m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.324    m

GZ maximum : 0.398    m

angle de gîte pour GZ maximum : 20.214    degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.082    m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gîte

: 0.144    m.rd

GZ à 30 degrés : 0.304    m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gîte

: 0.179    m.rd

GZ à 40 degrés : 0.092    m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degré

és de gîte : 0.036    m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000    m

ordonnée du point 3d : 0.000    m

cote du point 3d : 10.000    m

angle d'envahissement : 61.743    degré

AGZ (X) : 0.088    m.rd

AGZ(30-X) : -0.056    m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:10:15)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS E**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.765 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 5.765 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.145 m  
 tirant d'eau avant : TAV 6.524 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 0.401 degré PSI : 6.997e-003 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -6.997e-003 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 9.199e+006 DEPR : 9.199e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCG : 57.380 XACG : 57.415 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.150 ZACG : 4.748 m

Volume :  
 VOL : 8974.600 VOLR : 8974.340 m3

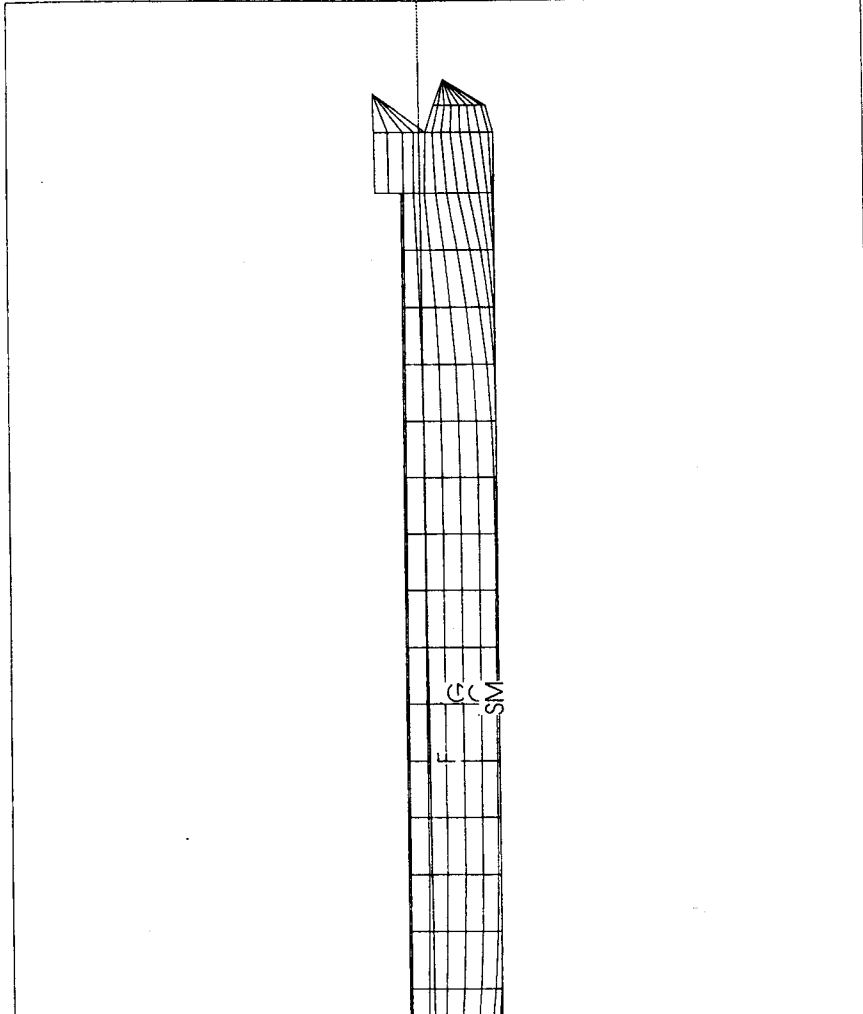
Centre de carène :  
 XRCC : 57.395 XACC : 57.416 m  
 YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
 ZRCC : 3.236 ZACC : 2.834 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2726.220 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 56.313 XASM : 56.324 m  
 YRSM : 1.238e-017 YASM : 1.238e-017 m  
 ZRSM : 1.808 ZASM : 1.414 m

Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1657.020 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 51.972 XACF : 52.014 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m

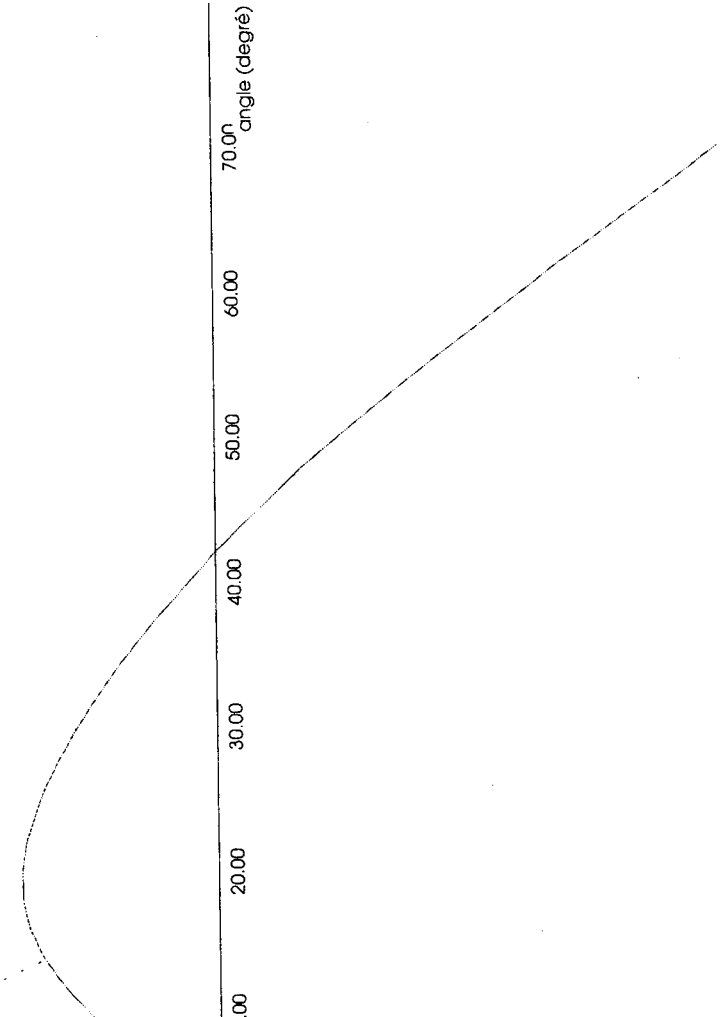


phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 théta = 0.00 degré  
  
 ENF = -5.77 m  
 TAR = 5.77 m  
 TMI = 6.14 m  
 TAV = 6.52 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 0.40 degré  
 ASS = -7.00e-003 adlim



GZ

phieq(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 1.31 m  
phieq(1) = 42.15 degré  
gmeq(1) = -1.54 m  
phieq(0) = 19.35 degré  
gzex(0) = 0.37 m



Bras de levier de redressement GZ

ILIFREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:34:2)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 4

nom du cas de chargement : CAS\_E

Déplacement :

DEP : 9.199e+006          DEPR : 9.199e+006          kg

Centre de gravité :

XRCG : 57.380      XACG : 57.442      m

YRCG : 0.000      YACG : -5.197      m

ZRCG : 5.990      ZACG : 1.339      m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.314      m

GZ maximum : 0.366      m

angle de gite pour GZ maximum : 19.349      degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.073      m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.134      m.rd

GZ à 30 degrés : 0.261      m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.163      m.rd

GZ à 40 degrés : 0.055      m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

és de gite : 0.029      m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000      m

ordonnée du point 3d : 0.000      m

cote du point 3d : 10.000      m

angle d'envahissement : 60.176      degré

AGZ (X) : 0.077      m.rd

AGZ(30-X) : -0.057      m.rd

IFREMER HUBLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:11:33)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS F**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.594 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 5.595 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.272 m  
 tirant d'eau avant : TAV 6.948 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 0.715 degré PSI : 0.012 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -0.012 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 9.394e+006 DEPR : 9.395e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCC : 58.050 XACG : 58.109 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.090 ZACG : 4.365 m

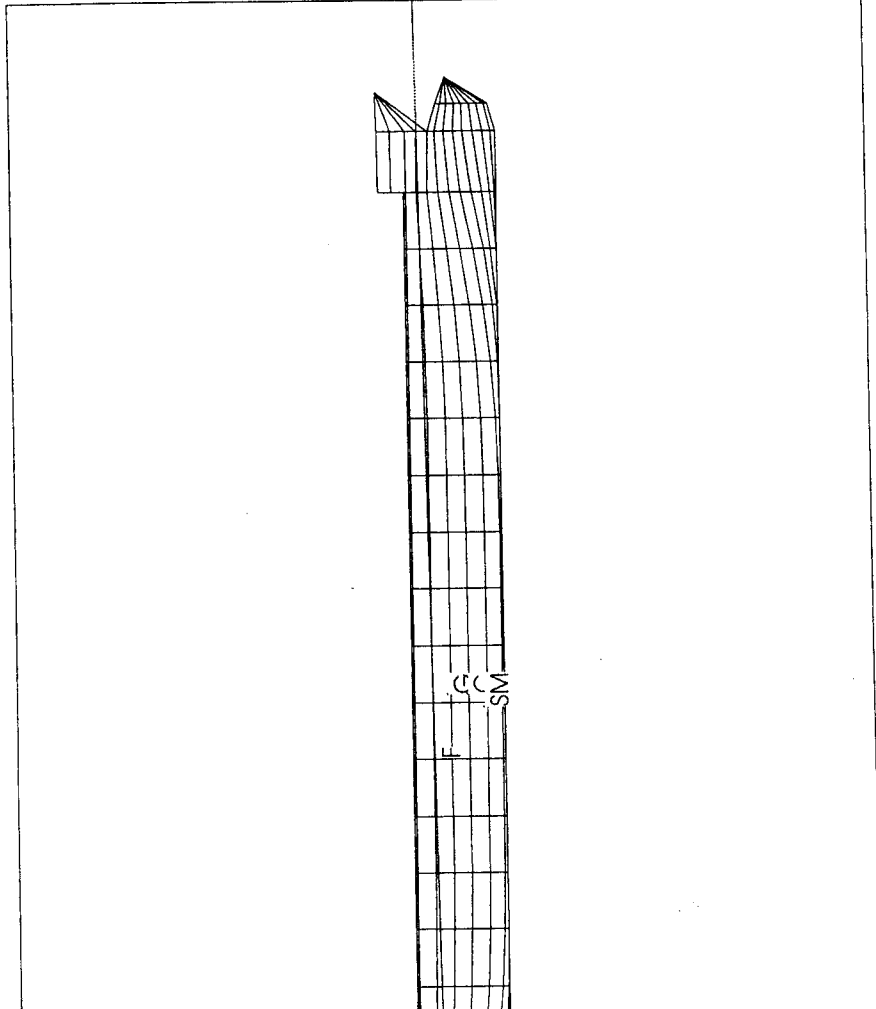
Volume :  
 VOL : 9165.070 VOLR : 9165.850 m3

Centre de carène :  
 XRCC : 58.072 XACC : 58.108 m  
 YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
 ZRCC : 3.305 ZACC : 2.580 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2748.900 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 56.889 XASM : 56.908 m  
 YRSM : 3.877e-018 YASM : 3.877e-018 m  
 ZRSM : 1.850 ZASM : 1.140 m

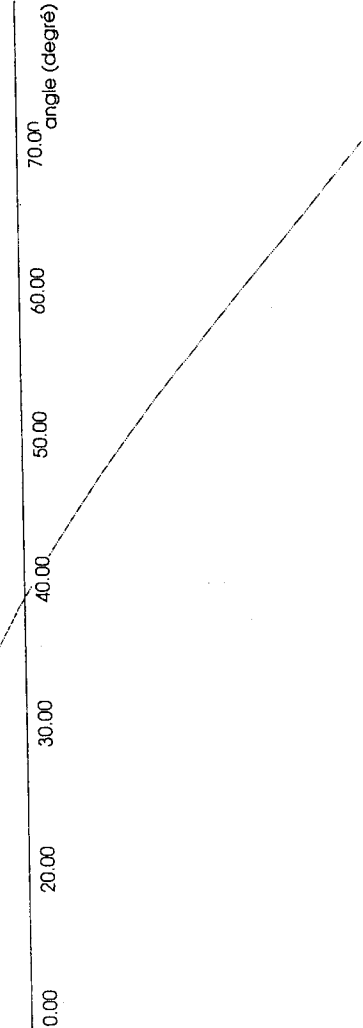
Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1650.410 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCC : 52.281 XACF : 52.355 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m  
 ZRCF : 6.247 ZACF : 5.594 m

phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 theta = 0.00 degré  
  
 ENF = -5.59 m  
 TAR = 5.59 m  
 TMI = 6.27 m  
 TAV = 6.95 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 0.71 degré  
 ASS = -1.25e-002 adim



GZI

phieq(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 1.27 m  
phieq(1) = 38.73 degré  
gmeq(1) = -1.39 m



phlex(0) = 17.41 degré  
gzex(0) = 0.31 m

Bras de levier de redressement GZ

TNI-FREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:35:56)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 5

nom du cas de chargement : CAS\_F

Déplacement :

DEP : 9.395e+006 DEPR : 9.395e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 58.050 XACG : 58.130 m

YRCG : 0.000 YACG : -5.082 m

ZRCG : 6.000 ZACG : 0.956 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.265 m

GZ maximum : 0.311 m

angle de gite pour GZ maximum : 17.412 degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.056 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.114 m.rd

GZ à 30 degrés : 0.182 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.128 m.rd

GZ à 40 degrés : -0.031 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

és de gite : 0.014 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 57.891 degré

AGZ (X) : 0.038 m.rd

AGZ(30-X) : -0.076 m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:12:25)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS G**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.377 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 5.378 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.361 m  
 tirant d'eau avant : TAV 7.344 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 1.038 degré PSI : 0.018 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -0.018 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 9.529e+006 DEPR : 9.529e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCC : 58.750 XACG : 58.832 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 5.070 ZACG : 4.005 m

Volume :  
 VOL : 9296.260 VOLR : 9296.880 m3

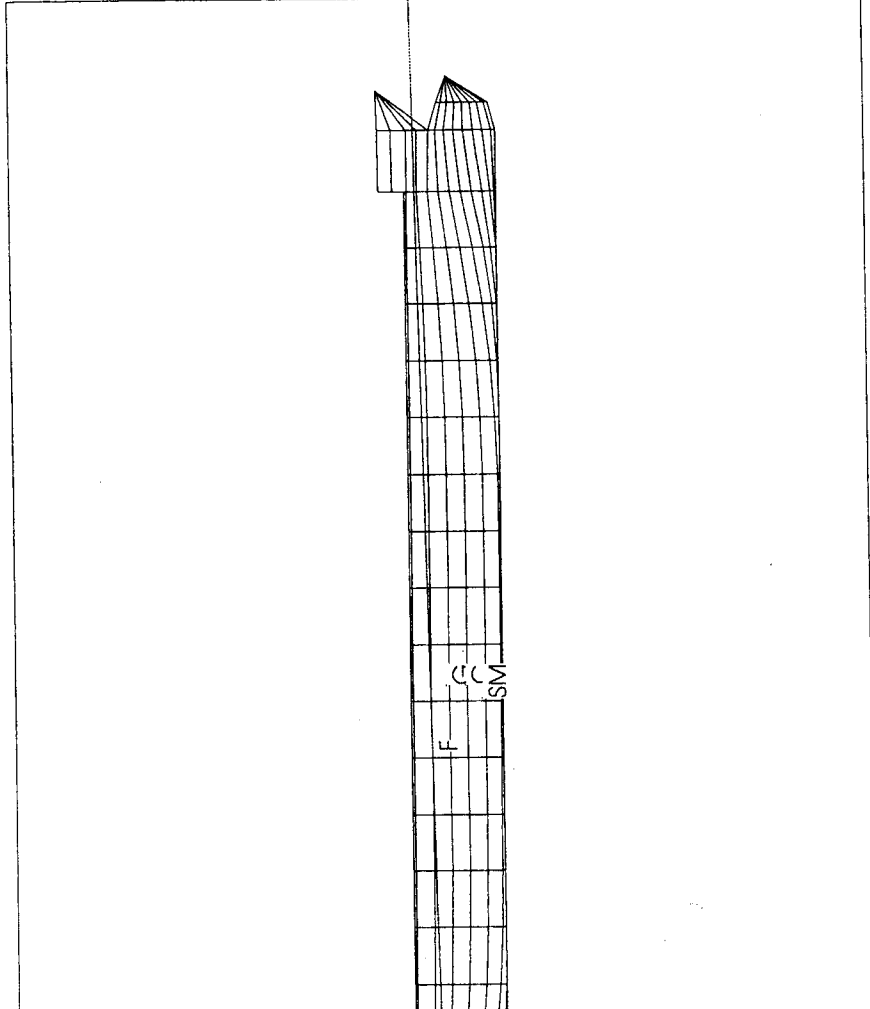
Centre de carène :  
 XRCC : 58.780 XACC : 58.831 m  
 YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
 ZRCC : 3.359 ZACC : 2.293 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2760.080 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 57.554 XASM : 57.579 m  
 YRSM : 5.149e-018 YASM : 5.149e-018 m  
 ZRSM : 1.879 ZASM : 0.836 m

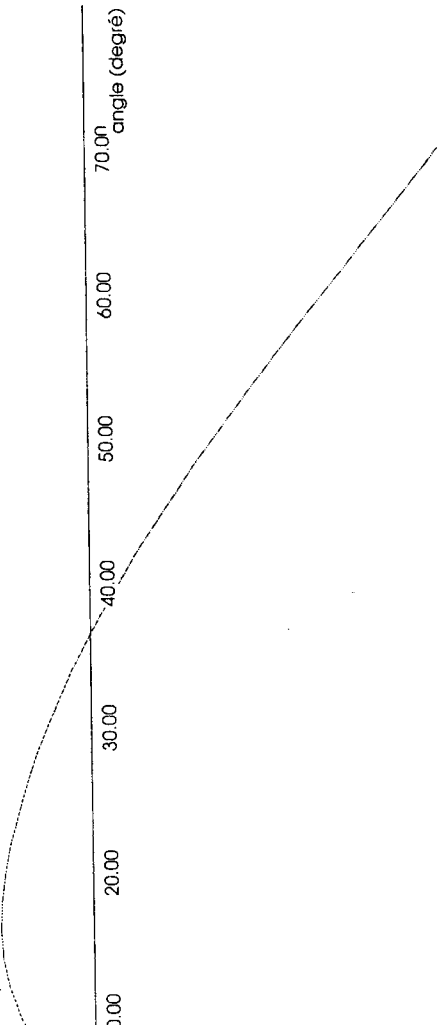
Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1639.120 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCC : 52.781 XACF : 52.887 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m



phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 theta = 0.00 degré  
  
 ENF = -5.38 m  
 TAR = 5.38 m  
 TMI = 6.36 m  
 TAV = 7.34 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 1.04 degré  
 ASS = -1.81e-002 adim



GZ



phieq(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 1.25 m  
phieq(1) = 36.49 degré  
gmeq(1) = -1.32 m

phiex(0) = 16.09 degré  
gzex(0) = 0.27 m

Bras de levier de redressement GZ

NIHREMERM 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:37:58)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 6  
nom du cas de chargement : CAS\_G

Déplacement :

DEP : 9.529e+006 DEPR : 9.529e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 58.750 XACG : 58.843 m  
YRCG : 0.000 YACG : -4.963 m  
ZRCG : 5.980 ZACG : 0.442 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.253 m  
GZ maximum : 0.272 m  
angle de gite pour GZ maximum : 16.087 degré  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.046 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.100 m.rd

GZ à 30 degrés : 0.132 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.105 m.rd

GZ à 40 degrés : -0.084 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

és de gite : 5.253e-003 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 56.089 degré

AGZ (X) : 0.017 m.rd

AGZ(30-X) : -0.083 m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:13:25)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS H**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -5.111 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 5.113 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.562 m  
 tirant d'eau avant : TAV 8.011 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 1.530 degré PSI : 0.027 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -0.027 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 9.849e+006 DEPR : 9.849e+006 kg

Centre de gravité :  
 XRCC : 59.690 XACG : 59.802 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 4.990 ZACG : 3.394 m

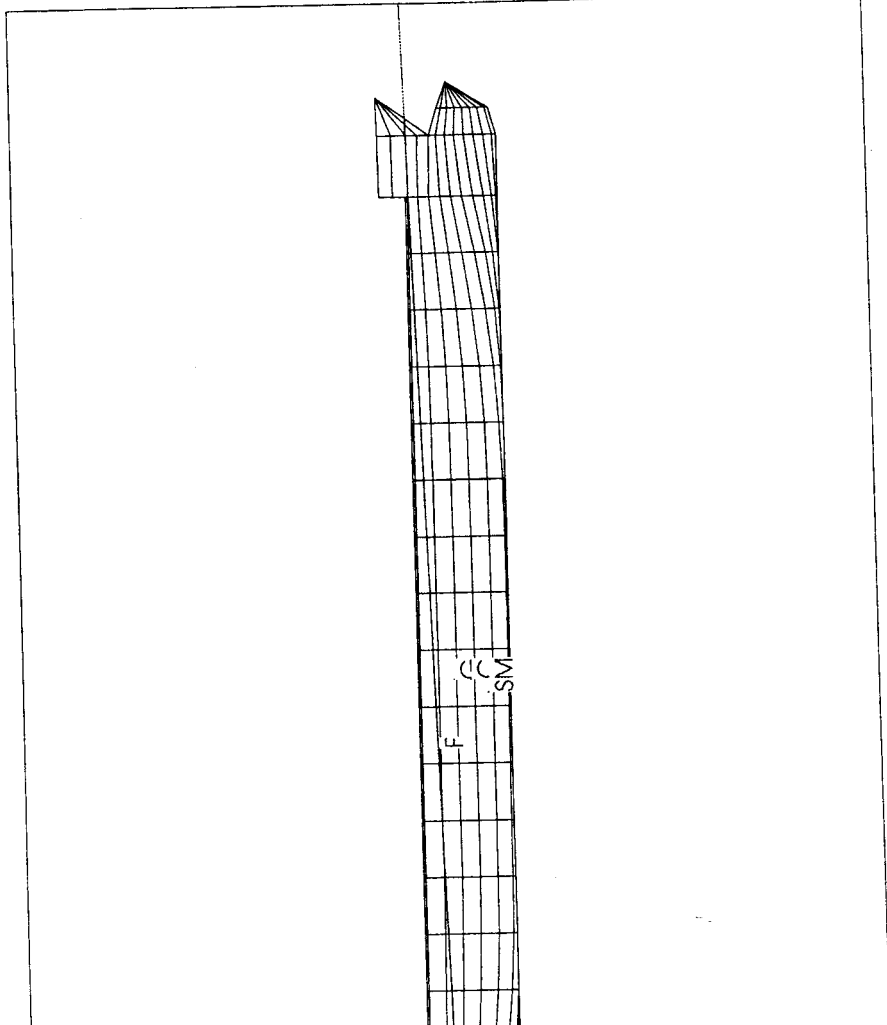
Volume :  
 VOL : 9609.130 VOLR : 9609.170 m3

Centre de carène :  
 XRCC : 59.729 XACC : 59.801 m  
 YRCC : 1.507e-018 YACC : 1.507e-018 m  
 ZRCC : 3.484 ZACC : 1.888 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 2793.260 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 58.537 XASM : 58.568 m  
 YRSM : 8.903e-018 YASM : 8.903e-018 m  
 ZRSM : 1.956 ZASM : 0.392 m

Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1624.130 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCCF : 53.549 XACF : 53.705 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m

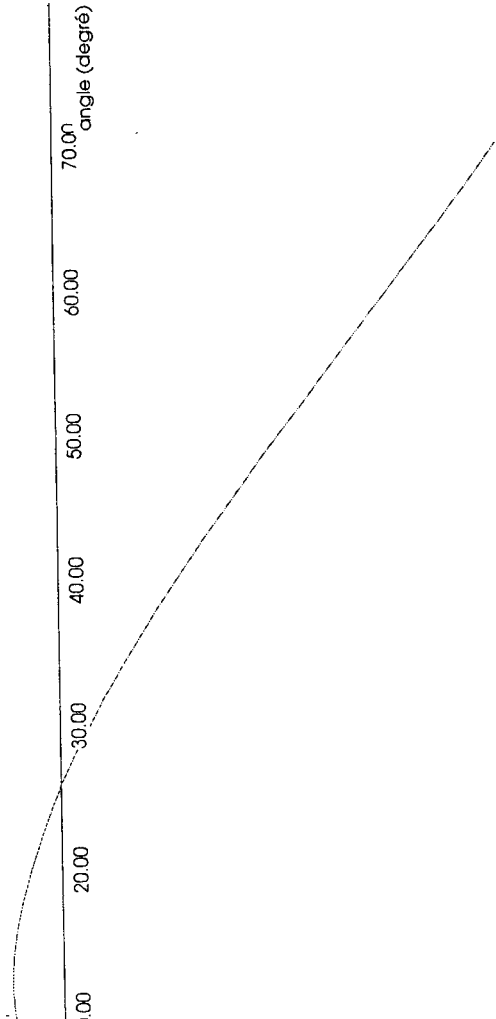
phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 theta = 0.00 degré  
  
 ENF = -5.11 m  
 TAR = 5.11 m  
 TMI = 6.56 m  
 TAV = 8.01 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 1.53 degré  
 ASS = -2.67e-002 radim



GZ

phiex(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 1.05 m  
phieq(1) = 25.81 degré  
gmeq(1) = -1.02 m

1.00 20.00 30.00 40.00 50.00 60.00 70.00  
angle (degré)



Bras de levier de redressement GZ

NIHREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:39:52)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 7

nom du cas de chargement : CAS\_H

Déplacement :

DEP : 9.849e+006 DEPR : 9.849e+006 kg

Centre de gravité :

XRCG : 59.690 XACG : 59.811 m  
YRCG : 0.000 YACG : -4.826 m  
ZRCG : 6.150 ZACG : -0.197 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 1.051 m

GZ maximum : 0.150 m

angle de gite pour GZ maximum : 12.175 degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

0.020 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.040 m.rd

GZ à 30 degrés : -0.086 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 2.763e-003 m.rd

GZ à 40 degrés : -0.345 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degré

és de gite : -0.037 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 51.694 degré

AGZ (X) : -0.104 m.rd

AGZ(30-X) : -0.143 m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:14:21)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 **CAS I**

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -4.865 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 4.868 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 6.858 m  
 tirant d'eau avant : TAV 8.847 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 2.100 degré PSI : 0.037 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -0.037 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 1.029e+007 DEPR : 1.029e+007 kg

Centre de gravité :  
 XRCG : 60.470 XACG : 60.608 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 4.880 ZACG : 2.661 m

Volume :  
 VOL : 10036.000 VOLR : 10036.100 m3

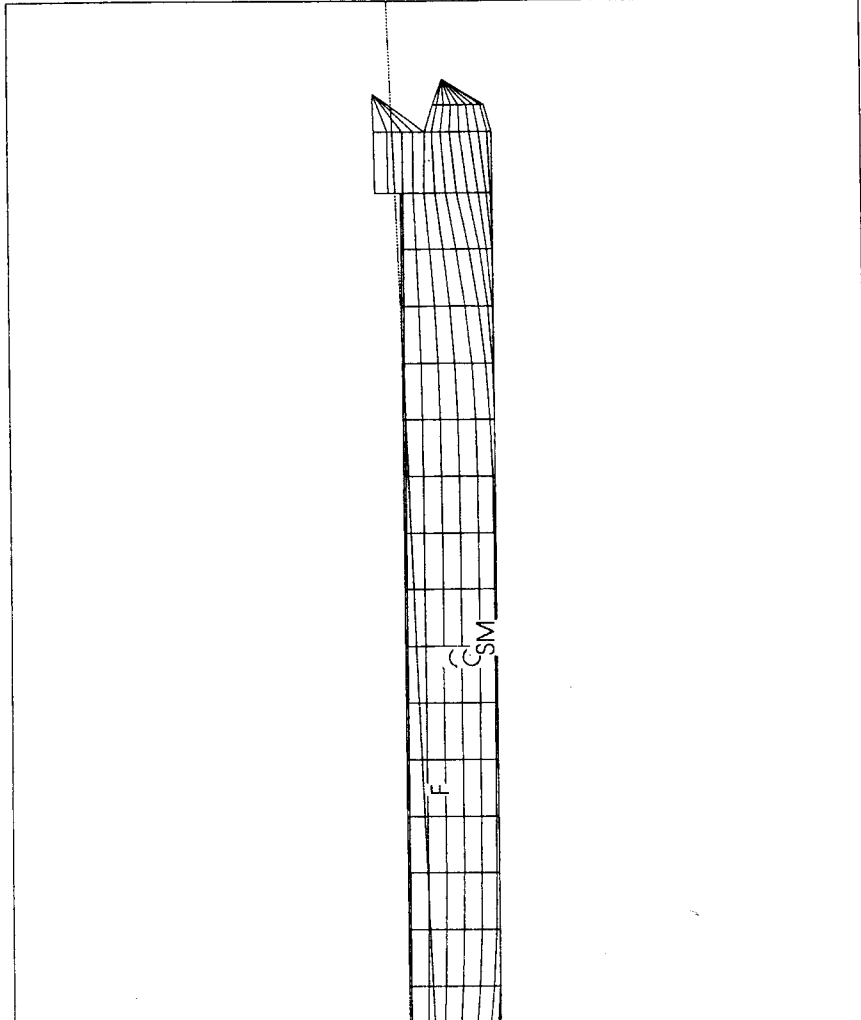
Centre de carène :  
 XRCC : 60.515 XACC : 60.608 m  
 YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
 ZRCC : 3.653 ZACC : 1.433 m

Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 3033.150 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 61.593 XASM : 61.641 m  
 YRSM : 0.000 YASM : 0.000 m  
 ZRSM : 2.446 ZASM : 0.187 m

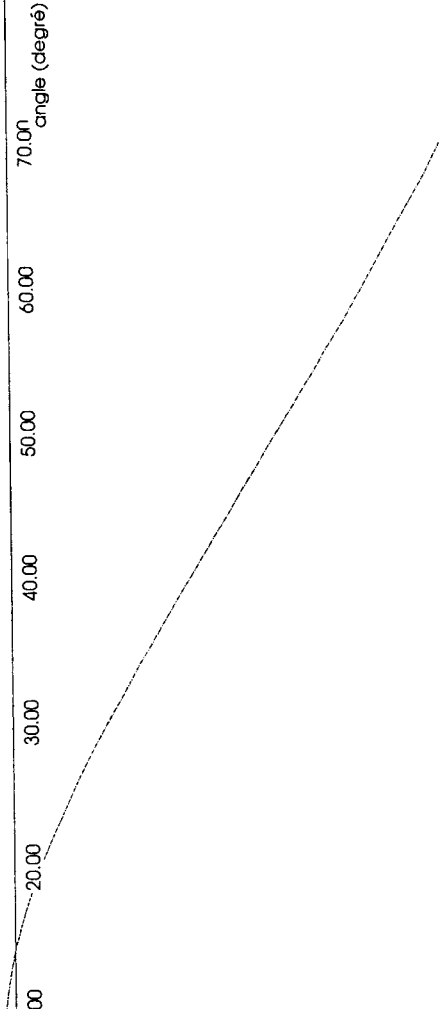
Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1429.170 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 48.972 XACF : 49.183 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m  
 ZRCF : 6.664 ZACF : 4.865 m



phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 theta = 0.00 degré  
  
 ENF = -4.87 m  
 TAR = 4.87 m  
 TMI = 6.86 m  
 TAV = 8.85 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 2.10 degré  
 ASS = -3.67e-002 adim



phicq(0) = 0.00 degré  
gmeq(0) = 0.59 m  
phicq(1) = 14.25 degré  
gmeq(1) = -0.74 m  
  
phicx(0) = 7.19 degré  
gzex(0) = 4.37e-002 m



Bras de levier de redressement GZ

1-1-1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:42:42)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 8

nom du cas de chargement : CAS\_I

Déplacement :

DEP : 1.029e+007 DEPR : 1.029e+007 kg

Centre de gravité :

XRCG : 60.470 XACG : 60.628 m

YRCG : 0.000 YACG : -4.358 m

ZRCG : 6.250 ZACG : -0.964 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : 0.589 m

GZ maximum : 0.044 m

angle de gite pour GZ maximum : 7.193 degré

aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

3.530e-003 m.rd

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: -0.034 m.rd

GZ à 30 degrés : -0.335 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: -0.117 m.rd

GZ à 40 degrés : -0.629 m

aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degrés de gite :

-0.084 m.rd

Point d'envahissement numéro 0

titre : pont

abscisse du point 3d : 55.000 m

ordonnée du point 3d : 0.000 m

cote du point 3d : 10.000 m

angle d'envahissement : 44.209 degré

AGZ (X) : -0.168 m.rd

AGZ(30-X) : -0.135 m.rd

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:15:22)

Recherche d'Equilibre

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

critère de recherche : 5 CAS J

Paramètres de position du flotteur :

cote du point origine : ENF -4.648 m  
 tirant d'eau arrière : TAR 4.653 m  
 tirant d'eau milieu : TMI 7.192 m  
 tirant d'eau avant : TAV 9.731 m

Angle de gite :  
 PHID : 0.000 degré PHI : 0.000 rd  
 Angle d'assiette :  
 PSID : 2.680 degré PSI : 0.047 rd  
 Assiette :  
 assiette adimensionnelle : ASS -0.047 adim

Paramètres hydrostatiques :

Déplacement :  
 DEP : 1.062e+007 DEPR : 1.062e+007 kg

Centre de gravité :  
 XRCG : 60.710 XACG : 60.868 m  
 YRCG : 0.000 YACG : 0.000 m  
 ZRCG : 4.800 ZACG : 1.956 m

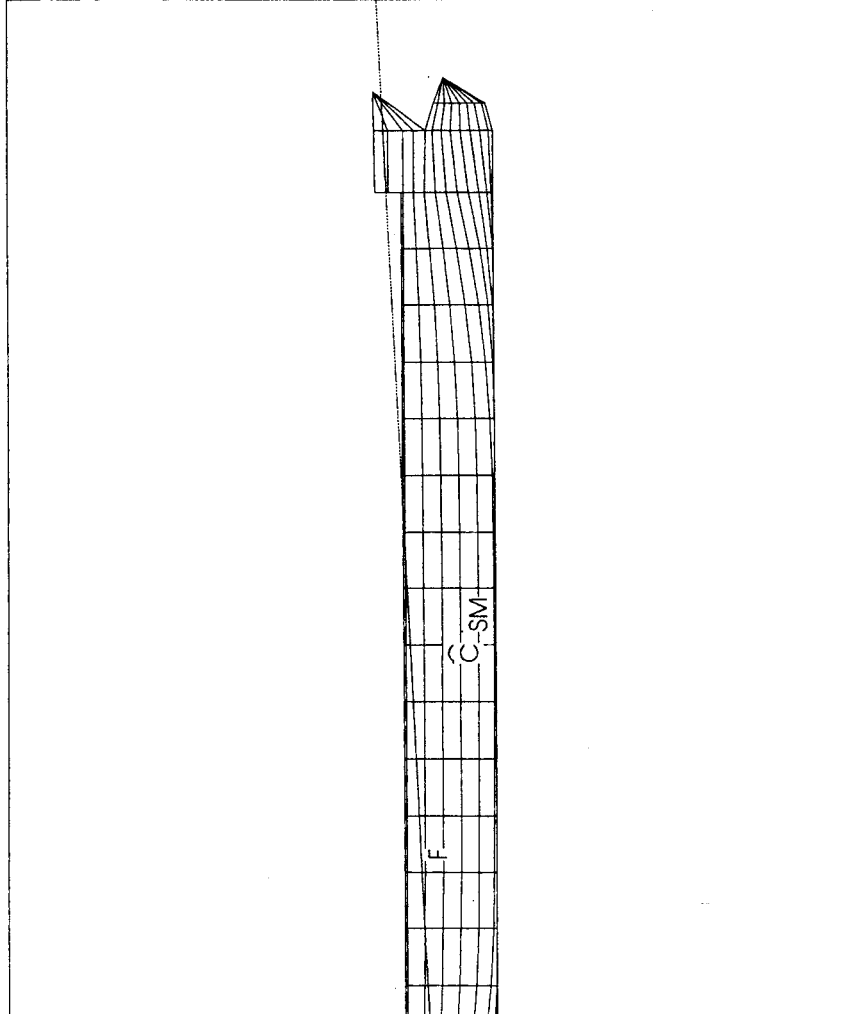
Volume :  
 VOL : 10357.200 VOLR : 10357.300 m3

Centre de carène :  
 XRCC : 60.759 XACC : 60.869 m  
 YRCC : 0.000 YACC : 0.000 m  
 ZRCC : 3.775 ZACC : 0.930 m

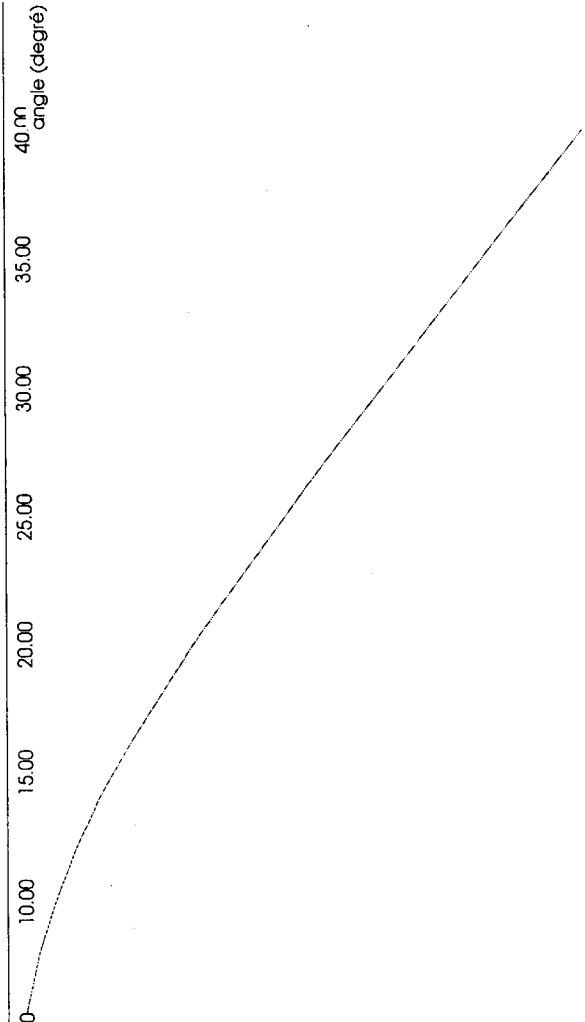
Surface mouillée :  
 aire de la surface mouillée : SCM 3327.450 m2  
 Centre de surface mouillée :  
 XRSM : 63.561 XASM : 63.630 m  
 YRSM : -1.708e-017 YASM : -1.708e-017 m  
 ZRSM : 2.957 ZASM : -0.018 m

Surface de flottaison :  
 aire de la surface de flottaison : SFL 1178.090 m2  
 Centre de flottaison :  
 XRCF : 43.117 XACF : 43.382 m  
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m

phi = 0.00 degré  
 psi = 0.00 degré  
 théta = 0.00 degré  
 ENF = -4.65 m  
 TAR = 4.65 m  
 TMI = 7.19 m  
 TAV = 9.73 m  
 PHID = 0.00 degré  
 PSID = 2.68 degré  
 ASS = -4.68e-002 adim



GZ



Bras de levier de redressement GZ

JH-FREMER 1993

IFREMER HUBLLOT - Stabilité V2.5 Copyright (c) TNI-IFREMER 1993

vendredi 29 juin 2001 (12:46:54)

Recherche d'Envahissement

nom du navire : "IEVOLI\_SUN"

Cas de chargement :

indice du cas de chargement choisi : 9  
nom du cas de chargement : CAS\_J

Déplacement :

DEP : 1.062e+007 DEPR : 1.062e+007 kg

Centre de gravité :

XRCG : 60.710 XACG : 60.921 m  
YRCG : 0.000 YACG : -3.839 m  
ZRCG : 6.480 ZACG : -1.287 m

Critères de stabilité :

GM au premier point d'équilibre : -0.236 m  
GZ maximum : 0.000 m  
angle de gite pour GZ maximum : 7.193 degré  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :  
-2.410e-003 m.rd  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite  
: -0.117 m.rd  
GZ à 30 degrés : -0.616 m  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite  
: -0.253 m.rd  
GZ à 40 degrés : -0.946 m  
aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr  
és de gite : -0.136 m.rd  
Point d'envahissement numéro 0  
titre : pont  
abscisse du point 3d : 55.000 m  
ordonnée du point 3d : 0.000 m  
cote du point 3d : 10.000 m  
angle d'envahissement : 36.328 degré  
AGZ (X) : -0.196 m.rd  
AGZ(30-X) : -0.080 m.rd