



Perte totale du navire

Chimiquier italien

IEVOLI SUN

Survenue en Manche

le 30 octobre 2000

Contribution à l'enquête



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE



ministère
de l'Équipement
des Transports
et du Logement

Le présent rapport constitue la contribution française aux enquêtes conduites sur la perte totale du IEVOLI SUN. Il a été établi, d'une part dans les formes prévues par les dispositions du décret du 20/01/81 relatif aux commissions d'enquête technique et administrative après accidents et incidents de mer et de son arrêté d'application du 16/12/97 portant création du Bureau enquêtes accidents / mer (BEAMER) et d'une Commission permanente d'enquête sur les événements de mer (CPEM), et d'autre part en tenant compte des Résolutions A.849(20) du 27/11/97 et A.884(21) du 25/11/99 de l'Organisation maritime internationale (OMI) sur les enquêtes après accidents et incidents de mer et de la Convention internationale du droit de la mer de 1982. Cet ensemble de textes permet aux États qui ont intérêt à connaître les causes d'un événement survenu en eaux internationales du fait des risques et dommages qu'il fait courir et subir à son littoral, de participer à la conduite de l'enquête technique le concernant.

Le IEVOLI SUN, navire battant pavillon italien, était exploité par des ressortissants italiens, conduit par un capitaine italien avec un équipage italien pour l'essentiel, les contacts nécessaires ont donc été pris avec les autorités maritimes compétentes en matière d'enquête après événement de mer en Italie ainsi qu'avec celles chargées des mêmes fonctions en Grande Bretagne du fait du lieu du naufrage.

Les informations pertinentes ont donc été échangées entre toutes ces autorités conformément aux dispositions des résolutions de l'OMI précitées. Le présent rapport sera remis au secrétariat général de l'OMI comme prévu par les mêmes résolutions, et, à titre de contribution, aux autorités italiennes chargées de l'enquête par l'État du pavillon.

Le présent document exprime les conclusions auxquelles est parvenu la CPEM sur les circonstances et les causes de la perte totale du IEVOLI SUN le 30/10/00. Conformément aux dispositions de la Résolution OMI n8A849(20) du 27/11/97 et du décret du 20/01/81 sur les commissions d'enquête après événement de mer, l'analyse de ce naufrage n'a pas été conduite de façon à établir ou attribuer des fautes à caractère pénal ou encore à évaluer des responsabilités individuelles ou collectives à caractère civil. Son seul objectif est de tirer de cet événement des enseignements susceptibles de prévenir de futurs sinistres du même type. En conséquence, l'utilisation de ce rapport à d'autres fins que la prévention pourrait conduire à des interprétations erronées.

PLAN DU RAPPORT

- 1* RAPPEL DES CIRCONSTANCES DU NAUFRAGE DU *IEVOLI SUN*
- 2* L'EXPLOITATION DU NAVIRE
- 3* LA CARGAISON
- 4* LE NAVIRE
 - 4.1* Type et caractéristiques
 - 4.2* Historique
 - 4.3* Visites de sécurité par l'État du pavillon
 - 4.4* Classification
 - 4.5* Certification
 - 4.6* Inspections par l'État du port
 - 4.7* Inspections par les affréteurs
 - 4.8* Conclusion – Appréciation générale
- 5* L'EQUIPAGE
 - 5.1* Composition
 - 5.2* Qualification
- 6* CHRONOLOGIE
 - 6.1* Le voyage précédent
 - 6.2* Le dernier voyage
 - 6.3* Le sauvetage de l'équipage
 - 6.4* Le remorquage
 - 6.5* Le naufrage
- 7* LES FACTEURS TECHNIQUES DU SINISTRE
 - 7.1* Analyse événementielle
 - 7.1.1* *Les conditions de navigation*
 - 7.1.2* *L'envahissement des locaux de l'avant*
 - 7.1.3* *L'envahissement des ballasts*
 - 7.2* Observations et analyses techniques

7.2.1* *Observations faites sur l'épave*

7.2.2* *Les dégagements d'air des ballasts*

7.2.3* *Ballastage - Assèchement*

7.2.4* *Installation hydraulique*

7.3* Étude de l'envahissement

7.4* Synthèse – Le processus du naufrage

8* AUTRES FACTEURS

8.1* *L'équipage*

8.2* *L'action de l'armateur – l'ISM*

8.3* *L'action de l'État côtier*

9* CONCLUSION

10* RECOMMANDATIONS

= * * =

AVIS ET COMMENTAIRES

= * * =

ANNEXES

A. **Décision d'ouverture d'enquête**

B. **Dossier navire : *plans, schémas et photographies***

C. **Cartographie**

D. **Les dégagements d'air à « *fermeture automatique* »**

E. **L'envahissement de janvier 1995**

F. **Calculs**

= * * =

1* RAPPEL DES CIRCONSTANCES DU NAUFRAGE DU *IEVOLI SUN*

Le 29 octobre 2000, vers 12H30, le navire-citerne (de type chimiquier) *IEVOLI SUN*, faisant route de Fawley (Grande Bretagne) vers Berre, a subi entre les Casquets et Ouessant, un envahissement des locaux et compartiments de l'avant.

Le 30 octobre, vers 01H30, les ballasts ont, à leur tour, été progressivement envahis.

L'assiette du navire étant devenue fortement négative, le capitaine a demandé l'assistance d'un remorqueur puis l'évacuation de son équipage, le navire devenant ingouvernable et susceptible de couler d'un moment à l'autre.

L'équipage a été hélitreuillé par l'Aéronavale française et le navire a été pris en remorque, par l'arrière, par un navire d'assistance français qui a fait route vers un port de refuge normand.

Cette traversée n'a pu être menée à son terme et le navire a finalement coulé à environ 9,5MN dans le nord des Casquets, par 60 à 70 m de fond.

= * * =

2* L'EXPLOITATION DU NAVIRE

Le *IEVOLI SUN* était un navire-citerne capable de transporter des hydrocarbures ou des produits chimiques liquides. De type “*parcel tanker*”, il était encore récent et adapté au transport de produits variés, y compris ceux considérés comme dangereux par les réglementations de l'OMI. Il était exploité par un armateur européen dans le cadre d'une flotte relativement importante (15 navires allant de 5 000 à 40 000 tPL) faisant partie elle-même d'un consortium international regroupant les flottes similaires de deux autres armateurs européens. Les navires chimiques sont d'ailleurs la plupart du temps exploités dans des pools gérés commercialement soit par les propriétaires eux-mêmes soit au sein de regroupements d'armateurs en nombre relativement restreint. Il n'y a généralement pas d'incertitudes sur les conditions de propriété les concernant. Le consortium dans lequel le *IEVOLI SUN* était commercialement exploité regroupait plusieurs dizaines de navires du même type, utilisés pour l'essentiel dans des trafics à l'intérieur de l'Union européenne sur la base de contrats d'affrètement passés avec les plus importantes firmes de l'industrie chimique européenne. L'ensemble de ces navires satisfaisait aux exigeants critères de qualité de cette branche professionnelle (cf. § 4* *infra*).

La Commission a noté que les navires de cette flotte étaient régulièrement visités par les inspecteurs PSC des ports touchés. Ces visites ont parfois relevé diverses déficiences sur d'autres navires que le *IEVOLI SUN* mais celles-ci étaient la plupart du temps mineures, ne concernaient pas les structures et ne remettaient pas en cause la navigabilité de ces navires (coefficients de ciblage de 21 et 26 pour deux navires, négligeables pour les autres).

L'armement propriétaire du *IEVOLI SUN* assurait directement la gestion nautique et technique de ses navires et était certifié ISM (“*International Safety Management Code*”).

Le *IEVOLI SUN* était exploité principalement entre la Méditerranée et les ports de la Manche et de la mer du Nord avec :

- Dans le sens Sud-Nord, des cargaisons complètes de produits chimiques courants (soude caustique notamment)
- Dans le sens nord-sud, des parties de cargaison regroupées pour le compte d'un ou de plusieurs affréteurs.

La Commission a trouvé normales les conditions d'affrètement, avec des taux de fret suffisamment rémunérateurs pour permettre l'entretien du navire et le renouvellement de la flotte.

Il est à noter que ce navire était le plus ancien de la flotte de son armateur (moyenne d'âge de huit ans) ; celui-ci était au demeurant engagé dans un processus important et continu de modernisation et de croissance de son matériel naval.

Le *IEVOLI SUN* était, comme tous les navires de cette flotte, assuré tant en ce qui concerne la coque (assurance corps) que la responsabilité civile (P&I – *Protecting & Indemnity club*) auprès de compagnies de premier rang.

La Commission a noté que dans la gestion des conséquences du sinistre, l'armateur s'était immédiatement présenté en tant que tel.

= * * =

3* LA CARGAISON

Au moment des faits le navire était chargé de trois lots de produits chimiques, chargés dans trois terminaux nord européens différents (Moerdijk et Peirnis dans le port de Rotterdam puis Fawley en Angleterre) à destination de ports méditerranéens différents (Berre, Barcelone, Gênes) pour le compte de deux affréteurs, des filiales de grands groupes pétroliers et opérateurs importants sur le marché de la pétrochimie :

- un lot de 3998t de styrène (chargé à Moerdik) ;
- un lot de 1027t de méthyle éthyle cétone (MEK) (chargé à Fawley) ;
- un lot de 996t d'alcool isopropylique (IPA) (chargé à Rotterdam).

Ces trois lots occupaient toutes les capacités commerciales disponibles. Il s'agit de matières couramment transportées par voie de mer dans les conditions réglementaires prévues pour ce type de marchandises.

Dans la série des affrètements passés et à venir du *IEVOLI SUN*, ce voyage s'insérait entre deux voyages complets de soude caustique de Lavera à Immingham pour le compte d'un grand groupe chimique français.

La Commission a noté que dans la gestion des conséquences du sinistre, les affréteurs ont collaboré immédiatement et de la façon la plus large à l'action des autorités maritimes françaises et ont réservé un bon accueil aux demandes de la Commission.

= * * =

4* LE NAVIRE

4.1* Type & caractéristiques

Le *IEVOLI SUN* était un navire à double coque conforme aux réglementations internationales en vigueur pour les navires de ce type (IMO 2). Ses principales caractéristiques étaient les suivantes :

- longueur hors tout : 115,65 m ;
- largeur hors membres : 17,51 m ;
- tirant d'eau : 6,29 m (réduit à 6,16 m au franc-bord d'hiver) ;
- creux : 8.01 m
- jauge brute : 4 189 TJB ;
- port en lourd : 7 333 tPL (réduit à 7 075 tPL en hiver Atlantique Nord) ;
- construction : SOCIETA ESERCIZIO CANTIERI à Viareggio – n° de coque 768 - 1989.
- machine : Moteur de propulsion WARTSILA VASA 2 960 kW à 720 t / min) ;
- vitesse commerciale : 13,8 noeuds ;
- consommations :
 - 12,2 t/j de fioul lourd (380 cst),
 - 1 t/j de diesel oil au chargement,
 - 2 t/j de diesel oil au déchargement ;
- soutes :
 - 283 m3 pour le fioul lourd,
 - 90 m3 pour le diesel oil ;

- **capacités commerciales** : 7130 m³, à 98% de produits chimiques pouvant être répartis dans 16 cuves et deux slops-tanks en acier inox) ;
- **ballastage** : 3091 m³ dans les peaks avant et arrière et les 8 ballasts en U aménagés entre les deux coques et les deux ballasts en L aménagés entre les deux coques sous la tranche de cargaison 9. Toutes ces capacités étaient protégées par un revêtement époxy et disposaient chacune d'une ligne de pompage) ;
- **pompes de cargaison** : 18 pompes immergées "FRAMO" assurant un débit de 150 m³/h chacune ;
- **pompes de ballastage** : 2 pompes de débit unitaire 350m³/h.

Le navire était automatisé (il n'y avait pas de quart à la machine) la signalisation des alarmes était reportée, à la timonerie, dans les cabines des officiers machine (chef mécanicien, second mécanicien) et carré officiers.

4.2* Historique

Le navire a été construit en 1989 par la société SOCIETA ESERCIZIO CANTIERI de Viareggio, sous le contrôle de la société de classification RINA, et selon son règlement, en vue de la délivrance de sa première cote 100.A11.

Sous pavillon italien dès sa mise en service, il n'a pas changé de pavillon, ni d'armateur, ni de société de classification, mais seulement de nom, le 30 septembre 2000, où de *GENNARO IEVOLI* il est devenu *IEVOLI SUN*, pour des raisons propres à son armateur.

4.3* Visites de sécurité de l'État du pavillon

La Commission a demandé aux autorités italiennes de lui communiquer les documents afférents à ces visites, mais elle ne les a pas reçus.

4.4* Classification

Le navire était classé par le RINA, depuis sa construction en 1989.

Le navire avait la cote maximum :

★ 100 – A – 1.1 – Nav. IL ; Cst (oil chem) ESP

⊗ IAQ – 1 ; P. (automatisation).

Le dernier certificat datait du 06/12/99 et avait été endossé cinq fois en 2000, lors des visites occasionnelles de coque et/ou de machine.

Au total le RINA avait effectué une soixantaine de visites sur le navire, dont des visites annuelles, des visites intermédiaires et les visites spéciales de 1993/1994 et celle de janvier à juin 1999 , avec passage en cale sèche.

Lors de cette dernière visite un relevé d'échantillonnage avait été effectué ainsi qu'une visite complète de la coque et des compartiments, dont les double-fonds, sans observation, ni demande de réparations.

La protection des ballasts était considérée comme “ bonne ” avec un risque de corrosion “ moyen ”.

4.5* Certification

Les certificats internationaux suivants ont été presque tous délivrés par le RINA, pour le compte de la République Italienne.

a) Load Line

- certificat international de franc-bord : 06/12/99

b) Solas

- certificat de sécurité de construction pour navire de charge : 06/12/99
- certificat de sécurité du matériel d'armement pour navire de charge : 23/10/00 (Hollande)
- certificat de sécurité radioélectrique pour navire de charge : 23/10/00
- certificat de navire automatisé : 06/12/99

c) Marpol

- certificat international de prévention de la pollution et supplément : 06/12/99

d) Résolutions MSC et MEPC

- certificat international pour la construction et l'armement de navires transportant des produits chimiques : 06/12/99

e) ISM code

- certificat initial délivré par le ministère des transports et de la navigation italien sur audit du RINA : 19/06/96
- visé par le RINA : 16/06/99
- qui le remet en cause (nouvel audit) suite à la visite PSC de Rotterdam : 23/10/00

4.6* Inspections par l'État du port

4.6.1* LES CONTROLES ANTERIEURS AU 23/10/00

A l'occasion de ces contrôles, un certain nombre de prescriptions ont été faites :

25/09/96 – BRUNS BUTTEL (Allemagne) :

- registre des hydrocarbures,
- cartes marines,
- rambardes de passe-avant.

04/03/97 – ROTTERDAM :

- registre des hydrocarbures,
- compas magnétique,
- documents nautiques,
- code international des signaux,
- embarcation de sauvetage (détention),
- radeau de sauvetage,
- ouverture du compartiment machine.

12/06/97 – LISBONNE :

- décision d'effectif,
- plan de sécurité.

14/04/99 – AMSTERDAM :

- éclairage de secours,
- embarcations de sauvetage, (détention),
- documents nautiques,

- signaux sonores et lumineux,
- bouées de sauvetage,
- prévention de l'incendie,
- installations électriques.

28/10/99 – RIJEKA (Croatie) :

- décision d'effectif.

4.6.2* LE DERNIER PSC 23/10/00 – ROTTERDAM – RETENTION

Ce dernier contrôle a fait apparaître les points suivants :

- certificat de sécurité radioélectrique périmé,
- dysfonctionnement des moyens de fermeture des portes étanches,
- cartes marines,
- sécurité incendie,
- sécurité en général,
- manque d'étanchéité des conteneurs des radeaux,
- sabords fêlés,
- fuite sur l'hydraulique de la grue,
- chaîne d'ancre en mauvais état,
- non fonctionnement de la pompe d'incendie de secours,
- vanne (ODME) de la salle des pompes hors service,
- non conformité au code ISM par défaut de maintenance.

Certaines de ces prescriptions, toutes assez importantes, relevant de la classe, l'inspecteur du RINA a procédé au contrôle de leur exécution, dont la réparation du stoppeur à linguet ; la classe a été confirmée, mais l'inspecteur a demandé une nouvelle visite de classe avant le 15/11/00.

4.7* Inspections par les affréteurs

4.7.1* INSPECTIONS PAR LE CHEMICAL DISTRIBUTION INSTITUTE (CDI)

Depuis 1995, cet institut a pour but d'améliorer la qualité et la sécurité du transport maritime, notamment en inspectant les navires transportant des produits chimiques.

A ce titre, le *IEVOLI SUN* a été inspecté trois fois et pour la dernière fois le 11/04/00 à Porto Vesme en présence du superintendant de l'armateur.

Cette visite a donné lieu à un rapport couvrant :

- la documentation,
- l'organisation et le personnel,
- les moyens de navigation,
- les appareils de mouillage,
- la machine,
- la sécurité,
- l'hygiène,
- les moyens de sauvetage,
- la prévention de la pollution,
- la coque et la structure,
- les emménagements,
- les citernes de cargaison,
- les appareils de chargement,
- les ballasts.

Le navire étant en déchargement :

- l'inspection de la coque et de la structure s'est limitée à "l'apparence" des ponts et superstructures – dont le gaillard d'avant, apparence qui a semblé "satisfaisante";
- ni les citernes de cargaison, ni les ballasts n'ont été visités

Les quelques prescriptions ont porté sur la machine (ventilation, batteries, fuites, fermeture des trous de sonde de ballasts, MANQUE DE PROPRETE, installations électriques et d'éclairage), les sectionnements sur le circuit de mousse incendie, et une FUITE SUR LE CIRCUIT HYDRAULIQUE DU PROPULSEUR D'ETRAVE.

4.7.2* INSPECTION PAR LA COMPAGNIE TEXACO DANS LE CADRE DU VETTING « SIRE », A BARCELONE, LE 30/05/00

Le navire était également en cours de déchargement. La structure n'a pu être inspectée. Il est noté que la dernière visite des capacités (classe) date de janvier 1999 et qu'elle était satisfaisante. Le bord était tenu de les inspecter tous les six mois. Par contre, il y avait environ 4 à 5 m³ de fioul dans les fonds, suite à une fuite découverte dans le tank à combustible bâbord. Comme à l'habitude, les observations faites ont été communiquées à l'armateur qui fit connaître qu'il avait pris les mesures rectificatives.

4.8* Conclusion -Appréciation générale

D'une manière générale, le navire semble avoir été bien surveillé par la société de classification dans le cadre de ses attributions. Les nombreuses inspections par l'État du port et par les affréteurs (qui n'ont cependant pas pu s'intéresser aux structures du navire) ont noté un certain nombre de déficiences relevant, pour beaucoup, de l'entretien.

= * * =

5* L'EQUIPAGE

5.1* Composition

L'équipage du *IEVOLI SUN* était composé comme suit :

- pour les officiers pont :
 - *un commandant,*
 - *un second capitaine,*
 - *un lieutenant,*
 - *un élève officier,*
- pour les officiers machine :
 - *un chef mécanicien,*
 - *un second mécanicien,*
- pour le personnel d'exécution :
 - *un maître pompiste chargé également de la sécurité,*
 - *un assistant machine,*
 - *quatre matelots, dont un mécanicien,*
 - *un cuisinier,*
 - *un maître d'hôtel.*

5.2* Qualifications

La Commission a relevé les qualifications suivantes :

- s'agissant du COMMANDANT âgé de 48 ans ;
 - *détention d'un brevet équivalent à celui de capitaine au long cours,*
 - *30 ans de navigation,*

- *dont 14 ans dans les fonctions de commandant (27 commandements),*
- *commandant du LEVOLI SUN depuis un mois ;*
- *s'agissant du CHEF MECANICIEN âgé de 48 ans ;*
 - *détention d'un brevet de qualification dans cette fonction depuis 15 ans,*
 - *27 ans de navigation (exclusivement sur navires-citernes),*
 - *dont huit comme chef mécanicien,*
 - *chef-mécanicien du LEVOLI SUN depuis un mois ;*
- *s'agissant du SECOND CAPITAINE âgé de 41 ans ;*
 - *détention d'un brevet équivalent à celui de capitaine au long cours,*
 - *22 ans de navigation,*
 - *dont 9 ans dans les fonctions de commandant ;*
 - *second-capitaine du LEVOLI SUN depuis un mois ;*
- *s'agissant du MAITRE POMPISTE (de nationalité espagnole) âgé de 58 ans;*
 - *40 ans de navigation,*
 - *maître pompiste du LEVOLI SUN depuis 15 jours mais ayant exercé les mêmes fonctions sur ce navire durant huit mois en 1993.*

La Commission, considère que les qualifications en cause n'appellent pas d'observations particulières.

= * * =

6* CHRONOLOGIE

Les éléments chronologiques qui suivent ont été établis à partir du livre de bord, de la main courante des CROSS et des entretiens que la Commission a pu avoir avec les membres de l'équipage, les armateurs et les affréteurs.

6.1* Le voyage précédent

- * Le 15/10/00, le navire, en route de FOS vers Immingham, avec un chargement de soude caustique, passe Gibraltar, vent de bout force 7, machine sur attention.
- * Le 17/10/00 à 14H30, il double le cap Finisterre en Espagne (vitesse moyenne = 12 nœuds).
- * Le 18/10/00, à 22H30, il double Ouessant (Vitesse moyenne = 12.8 nœuds).
- * Le 19/10/00, à 10H00, il passe au large des Casquets (Vitesse moyenne – 12.5 nœuds).
- * Le même jour il franchit le Pas-de-Calais à 23H00.
- * Le 20/10/00, à 19H50, il est à quai à Immingham (Vitesse moyenne = 12.8 nœuds).
- * Le 21/10/00, il appareille en soirée pour Moerdjik.
- * Le 22/10/00 à 23H48, le *IEVOLI SUN* arrive au terminal de chargement de SHELL à Moerdjik.
- * Le 23/10/00 à 06H30, le navire commence à charger 4 000 t de styrène pour le compte de SHELL.

- * Le 23/10/00 vers 11H00, une fuite de styrène provoque une pollution du plan d'eau. Les services de SHELL font placer des boudins tout autour du navire. La fuite provient d'une tuyauterie de la chambre des pompes. Après réparation le chargement est repris.
- * Les inspecteurs de SHELL attribuent cette fuite à un défaut de maintenance des vannes et à l'équipage qui n'aurait pas correctement disposé les vannes du circuit.
- * Le 23/10/00 à 11H00, le navire est inspecté par les représentants des affréteurs et par les autorités maritimes néerlandaises au titre du PSC.
- * Le 24/10/00, à 01H30, le chargement du styrène est terminé.
- * Le 24/10/00, à 03H00, le *IEVOLI SUN* est déhalé du terminal SHELL de Moerdijk au terminal SHELL de Peirnis pour charger l'IPA pour le compte d'EXXON.
- * Le 24/10/00 à 18H00, le navire ayant terminé son chargement d'IPA est déhalé à nouveau sur un quai d'attente en vue d'effectuer les réparations prescrites.
- * Les 25 et 26/10/00, le navire sera visité six fois par les inspecteurs du groupe SHELL.
- * Le 26/10/00, le navire est visité par un représentant du RINA pour s'assurer de l'exécution des prescriptions ayant trait à la classe et effectuer le complément d'audit ISM. La cote est maintenue.
- * En fin d'après midi, les autorités maritimes néerlandaises mettent fin à la rétention PSC du *IEVOLI SUN*. SHELL délivre au navire une acceptation pour décharger à son terminal de Berre.
- * Le navire appareille pour Fawley à 20H00.
- * Le 27/10/00, le navire arrive au terminal EXXON de Fawley, à 22H00.
- * Durant l'escale de Fawley, le commandant procède au contrôle de routine ("*ship shore safety check list*") relatif aux dispositifs de chargement. Le navire a chargé 1027t de méthyle éthyle cétone (MEK).

6.2* Le dernier voyage

- * Le 28/10/00, le *IEVOLI SUN* quitte Fawley à 12H30. Au départ, le tirant d'eau avant est de 5,30 m et le tirant d'eau arrière de 6,40 m. Le port en lourd est de 6 600 t (6 021 t pour la cargaison, 579 t pour les soutes et autres consommables), inférieur au port en lourd autorisé, pour un déplacement en charge de 8 900 t. L'arrivée du navire à Berre est prévue pour le 3/11/00 en fin d'après-midi.
- * Le commandant ayant pris connaissance de la météo avant son départ n'a pas estimé qu'elle s'opposait à son appareillage, ce qui est normal, la navigation du *IEVOLI SUN* n'étant en aucune manière limitée.
- * Le même jour, à 22H00, le navire étant en route au 254 pour aller chercher la route de la voie " descendante " du DST des Casquets, roule, tangue et embarque des paquets de mer, le vent et la mer étant de sud-ouest, force 8.
- * A 10H00, le 29/10/00, à la sortie du DST des Casquets, il met le cap au 232 pour aller chercher la voie descendante du DST d'Ouessant. La vitesse est de 5,3 nœuds, le vent et la mer d'Ouest/Sud-Ouest (250°) force 9/10. Le navire tangue, roule, embarque des paquets de mer et vibre. De la trajectographie établie par le CROSS Jobourg dès avant la sortie du DST, il ressort que le navire semblait avoir des difficultés à gouverner.
- * Vers 12H30, une alarme d'entrée d'eau, d'abord " *intermittente* ", se déclenche dans le compartiment du propulseur d'étrave. Le navire se trouve alors à 12,3MN de la sortie du DST des CASQUETS.
- * Le commandant décide un changement de cap à 180° pour inspecter l'avant du navire.
- * Il se rend alors ,avec le chef mécanicien, le second capitaine, le pompiste et un matelot, sur le gaillard d'avant et y constate un envahissement du magasin se trouvant dans la teugue.
- * Il pense que l'entrée d'eau s'est faite par les conduits aux chaînes, situés entre les guindeaux et les puits aux chaînes, en principe obturés par du ciment à prise rapide, mais ce ciment n'est plus en place.
- * Il observe un flexible endommagé sur les circuits hydrauliques des guindeaux, qui ne peuvent être isolés, les vannes de sectionnement se trouvant dans le magasin envahi.

- * Il constate, d'une part que l'on ne peut assécher ni par le dispositif éjecteur, celui-ci étant hors d'atteinte, ni par la pompe mobile d'assèchement, (son débit étant insuffisant et sa mise en œuvre dangereuse pour le personnel par mauvais temps), d'autre part que l'assiette du navire est encore légèrement positive.
- * Il estime néanmoins que le navire peut reprendre sa route, en dépit des conditions météorologiques qui s'aggravent (cf. infra).
- * Il prend contact avec le siège de son armement vers 15H30. L'ingénieur d'armement de service est ainsi averti de l'avarie, et aussi du fait que le bord estime que le navire est en mesure de naviguer. Le commandant aurait alors donné comme consigne de vérifier le niveau des citernes de ballastage à la fin de chaque quart.
- * Le 30/10/00 vers 00H00, l'officier de quart constate que le navire a des mouvements anormaux et que le gaillard est complètement recouvert par les vagues.
- * Le 30/10/00 vers 01H30, le bord constate, au vu des jauges du PC cargaison, que le peak avant et les ballasts n°2 et 3 sont complètement envahis et que le ballast n°4 commence à se remplir. L'assiette est devenue fortement négative et le navire gîte sur bâbord. Le tangage s'atténue. L'hélice étant toujours immergée, le commandant estime que le navire peut continuer sa route au 232, à une vitesse réduite à 1,7 nœud.
- * Le chef mécanicien ne peut démarrer les pompes de déballastage / assèchement, par suite d'une défaillance électrique à laquelle il ne peut remédier.
- * Vers 02H00, le commandant commence à préparer l'évacuation du navire. L'équipage est rassemblé dans la timonerie.
- * Au siège de l'armement à Naples, la " *personne désignée* " au titre du code ISM, avertie, laisse le commandant apprécier la situation. Elle indique qu'elle va prendre contact avec le CROSS Corsen pour organiser un remorquage du navire.
- * Le bord constate l'envahissement complet du ballast n°4 en 40 minutes puis celui du ballast n°5 entre 03H00 et 03H30

- * Le 30/10/00 à 04H08, le commandant du *IEVOLI SUN* appelle Ouessant Trafic / CROSS Corsen sur la fréquence de détresse 2182. Il lui donne sa position 49°26'N/04°05'W, sa route au 282, sa vitesse de 1 nœud environ, et lui signale qu'il ne contrôle plus son navire.
- * Puis il précise que ses doubles fonds sont envahis et qu'il demande assistance.
- * À 04H14, il lance un appel de détresse par VHF/ASN et précise, par INMARSAT C, qu'il demande l'assistance d'un remorqueur pour un remorquage par l'arrière.
- * À 04H28, il dit au CROSS que la situation est stationnaire et qu'il le recontactera s'il a besoin d'un remorqueur ...
- * À 05H23, il fait état de l'envahissement (environ 1 500 t) du peak avant ainsi que des ballasts n° 2, 3, 4 et 5, qui étaient vides au départ de Fawley. Il attribue cette situation à une défaillance structurelle. La moitié avant du navire est maintenant sous l'eau. Le commandant renouvelle sa demande d'être remorqué par l'arrière.

6.3* Le sauvetage de l'équipage

- * Le 30/10/00 à 08H07, le plongeur d'un hélicoptère de sauvetage *Super Frelon* de la Marine nationale dépêché sur zone par la Préfecture maritime de Brest après alerte du CROSS, est hélitreuillé sur le navire.
- * À 08H22, début du treuillage.
- * A 08H47, 12 personnes hélitreuillées. Restent le commandant et le chef mécanicien qui donnent leur accord pour être hélitreuillés eux aussi.
- * À 09H05, tout l'équipage (14 personnes) est évacué, la météo sur zone, en effet, (vent 270 / 40 nœuds / mer 6) faisait craindre de ne pouvoir revenir hélitreuiller les personnels qui auraient pu demeurer à bord.

- * C'est d'ailleurs à 15H12 seulement qu'une équipe d'intervention envoyée par la Préfecture maritime pourra être hélitreuillée à bord du *IEVOLI SUN*, pour prendre la remorque de l'*ABEILLE FLANDRE*.

6.4* Le remorquage

- * À 16H47, alors que le *IEVOLI SUN* se trouve à la position 49°17,5'N / 003°50'W, et dérive au 100 à 2 nœuds / 2,5 nœuds, vers les îles anglo-normandes (Guernesey à 37MN), une remorque est passée par l'*ABEILLE FLANDRES*. Le convoi fait route au Nord-Est en vue de rejoindre Cherbourg ou la Baie de Seine.
- * Le 30/10/00 à 19H05, le convoi se trouve par 49°27,5'N et 003°25,8'W ; il fait route à 5 nœuds cap au 050.
- * La situation météorologique est alors la suivante : vent Ouest-Sud-Ouest 30 nœuds avec des rafales à 45 nœuds ; mer force 6/7, visibilité 7 MN ; houle d'Ouest avec des creux de 5 à 6 m.
- * Le 31/10/00 à 03H00, le convoi entre dans la voie montante du dispositif de séparation de trafic des Casquets à la vitesse de 2,5 nœuds, cap au 75.
- * Le 31/10/00 à 09H00, la responsabilité de l'opération passe de la Préfecture maritime de Brest à celle de Cherbourg, conformément aux instructions en vigueur en la matière.
- * À 07H00, le convoi se trouve à 26 MN dans le 284 du cap de la Hague. Il fait maintenant route à 3,6 nœuds toujours au cap 075.

6.5* Le naufrage

- * Le 31/10/00 à 08H00, le remorqueur constate que l'avant du navire s'est enfoncé de 1,50 m depuis la prise en remorque.
- * À 08H45, le comportement du navire laisse présager un naufrage imminent.

- * À 08H49, le navire chavire sur tribord et commence à sombrer par l'avant.
- * À 09H05, le navire est à la verticale, tableau arrière et safran seuls hors de l'eau. L'avant touche le fond. La remorque est cassée.
- * À 09H28, le navire coule à la position 49°52',3N/02°23'.8W, soit à environ 9 MN dans le nord des Casquets, par 60 - 70 m de fond.

7* LES FACTEURS TECHNIQUES DU SINISTRE

7.1* Analyse événementielle

7.1.1* LES CONDITIONS DE NAVIGATION

a) La météorologie

Entre le 28/10, date de l'appareillage du navire de Fawley et le 30, date de son évacuation, les services météorologiques ont diffusé une dizaine de bulletins météorologiques spéciaux (BMS) pour le large, zones Atlantique et Manche Ouest.

Les BMS sont diffusés automatiquement aux navires par télex (NAVTEX), toutes les quatre heures, en même temps que les bulletins météorologiques "ordinaires", plus détaillés.

Les observations effectuées par des bouées météorologiques dans cette zone, corroborées par celles des sémaphores de la Hague, ont été les suivantes :

| | Baromètre | Vent | Mer |
|---------------|-----------|--------------|------------|
| 28/10 – 12H00 | 1000 | 180/24 nœuds | 3s/3m |
| 18H00 | 1000 | 260/50 nœuds | 9s/4m |
| 29/10 – 00H00 | 1006 | 240/37 nœuds | 10s / 3.8m |
| 06H00 | 1006 | 270/39 | 9s/4.4 m |
| 12H00 | 1006 | 230/31 | /4 |
| 18H00 | 997 | 240/50 | 7s/7m |
| 30/10 – 00H00 | 994 | 230/46 | 10s/4.9m |
| 06H00 | 981 | 250/45 | 10s/6.2m |
| 12H00 | 987 | 260/40 | 9/3.7 |

Les observations portées au journal de bord du *IEVOLI SUN* sont les suivantes :

| Date / quart. | Route | Vent | Mer | Comportement du navire |
|---------------|-------|---------|-------|------------------------|
| 29/10 – 04H00 | 254 | 225/8/9 | 225/8 | |
| 08H00 | 254 | 247/9 | 247/8 | |
| 12H00 | 232 | 247/9 | 247/9 | |

| | | | | |
|-----------------|-----|----------|----------|---|
| *12H30 16H00 | 232 | 247/9 | 247/9 | Brusques mouvements de plateforme-vibrations – Pont submergé. Les conditions météorologiques ne font qu'empirer. |
| 20H00 | 232 | 247/9-10 | 247/9-10 | |
| 30/10 – 00H00 | 232 | 247/9-10 | 247/9.10 | Mer démontée, sur le pont. Difficultés pour manœuvrer. |
| 04H00 | 232 | 247/10 | 247/10 | |

*** demi-tour, non mentionné**

Les officiers de quart notent de violents mouvements de plateforme-tangage et roulis – s'aggravant avec le temps du 29/10 à 12H30 – envahissement des locaux de l'avant - au 30/10 au matin – envahissement progressif des ballasts – moment où ils s'atténuent, l'avant étant sous l'eau.

Un navire transbordeur à passagers transitant dans la même zone au même moment, notait pour sa part :

- 29/10 vent W/SW de 8 à 10 – mer forte à grosse.
- 30/10 vent W/SW de 8 à 9 - mer forte.

En bref, le *IEVOLI SUN* a subi le coup de vent annoncé, ce qui, *a priori*, n'avait rien d'anormal pour un tel navire, dont il est à nouveau rappelé ici que la navigation n'était en aucune manière limitée.

Mais, et ceci est tout à fait anormal, il avait embarqué plus de 130t d'eau dans les compartiments de l'avant, depuis le 29/10 à 12H30.

a) La route et la vitesse

Depuis le départ de FAWLEY, le navire a toujours suivi les routes tracées y compris à partir de la sortie du DST des Casquets où la route au 232 le mettait quasiment debout à une mer devenant de plus en plus forte.

La vitesse, quant à elle était naturellement réduite par le mauvais temps, avant de venir, in fine et trop tard, à une allure de cape.

7.1.2* *L'ENVAHISSEMENT DES LOCAUX DE L'AVANT*

a) L'envahissement du magasin avant

Le 29/10 vers 12H30, l'alarme de montée d'eau dans le compartiment du propulseur d'étrave entraîne une inspection de l'avant par le bord qui constate alors l'envahissement de ce magasin.

Cet envahissement s'est produit :

- *soit par le remplissage :
~ d'abord des puits aux chaînes par les conduits dont le ciment d'étanchéité avait disparu.*

A noter le caractère peu usité d'une telle méthode, qui tient en l'occurrence au fait que ces conduits n'ont pas de surbau compte tenu de la faible hauteur entre le barbotin et le pont du gaillard. La cassure et la disparition du ciment tient au jeu de la chaîne dans les conduits du fait du pilonnement et des vibrations.

~ Puis du magasin proprement dit par les étalingures disposées sur le pont du magasin.

La Commission a relevé qu'un tel envahissement s'était déjà ainsi produit, en 1995, sur ce navire, et sur d'autres, le manque d'étanchéité au niveau des étalingures étant imputable, soit à l'absence de dispositif de nature à le pallier, soit à une défaillance dudit dispositif, notamment s'il était également constitué en tout ou partie par un cimentage.

- *Soit, surtout si le dispositif évoqué ci-dessus était en place et efficace, par le panneau situé sur l'avant du roufle de descente au magasin. L'inspection de l'épave a montré que ce panneau était ouvert, son surbau voilé et que des 5 tirebords d'assujettissement sur le surbau 1 était absent et 3 étaient en mauvais état. Enfin, il y avait un bout, frappé à l'intérieur du panneau, ce qui peut laisser penser qu'il participait à son assujettissement de l'intérieur.*

b) L'envahissement du compartiment du propulseur d'étrave

Le déclenchement de l'alarme de montée d'eau dans ce compartiment ayant précédé de peu le constat de l'envahissement du magasin, on peut en déduire que, comme c'est également arrivé sur d'autres navires similaires, l'eau a progressivement envahi ce compartiment en passant par la porte d'accès à la descente dans ce compartiment.

c) Assèchement

Il n'a pas été possible d'assécher ces compartiments avec l'installation fixe d'assèchement (elle avait été rendue inaccessible par l'invasion) ni avec la pompe portable Wildel compte tenu de son faible débit (2m³/h) et des dangers de sa mise en œuvre pour les personnels.

b) L'invasion de janvier 1995

Les compartiments avant du *IEVOLI SUN* avaient déjà été envahis de façon similaire en 1995 (v. annexe E).

Parmi les raisons qui font que le navire, à l'époque, a pu continuer sa route et arriver à bon port, après avoir toutefois envisagé un port de refuge, on relève :

- le fait que le navire avait alors cinq ans de moins ;
- que, globalement les conditions météorologiques s'étaient améliorées peu après le constat d'invasion, et que la route naturelle l'avait fait passer du 210° au 180°, soit à 45° de la mer du vent ;
- que les compartiments envahis avaient pu être successivement asséchés, même si ce ne fut que lentement.

À la suite de ce qui ne fut de ce fait qu'un incident, il semblerait que l'on ait disposé des capots sur les étalingures, mais ceux ci, soudés par points et permettant le largage des étalingures n'auraient pas été véritablement étanches.

7.1.3* L'ENVAHISSEMENT DES BALLASTS

Le 30/10 vers 01H30, le bord perçoit que le navire a pris une assiette fortement négative, qu'il s'est alourdi, alors que le tangage jusque là important s'est notablement atténué, l'avant étant sous l'eau.

Le bord constate alors au téléjaugeage que le peak avant et les ballasts 2 et 3, qui étaient normalement vides, sont maintenant remplis.

Ainsi 790 t s'ajoutent aux quelques 135t d'eau entrées dans le magasin et le local du propulseur d'étrave et portent en conséquence le tirant d'eau avant de 5,30 m (au départ de Fawley) à environ 8,01m, soit pratiquement au niveau du pont de franc-bord.

Le bord observe alors le remplissage du ballast n°4 (437t) en 40 minutes, puis celui du n°5 (329t) entre 03H00 et 03H30.

Le " *tirant d'eau* " avant est alors de 9,73m, c'est à dire qu'il y a plus d'1 m d'eau au-dessus du pont tant sur l'arrière du gaillard que sur le gaillard.

La question de savoir comment cet envahissement a pu se produire et se propager progressivement de l'avant vers l'arrière a conduit la Commission à faire procéder à une étude qui est présentée dans le § 7.3.

7.2* Observations et analyses techniques

7.2.1* *LES OBSERVATIONS FAITES SUR L'ÉPAVE*

Une première reconnaissance de l'épave a été effectuée par la Marine Nationale dès le 1^{er} novembre 2000.

Quant aux opérations d'inspection et de surveillance de l'épave, elles se sont déroulées à partir du 10 novembre 2000.

Elles ont été conduites par le *NORTHERN PRINCE* au moyen d'un robot piloté à partir de la surface (ROV) du type Explorer 3.

Les investigations ont été rendues difficiles par la présence d'un courant très fort dans la zone du naufrage et les conditions météorologiques défavorables, auxquels se sont ajoutés des problèmes techniques.

Par ailleurs, le ROV ne pouvait être utilisé au-delà de mer 4. De ce fait chacune des séquences d'inspection n'a guère dépassé une heure. Elles ont dû être interrompues du 14 au 19 novembre d'une part en raison des conditions météo, d'autre part suite à la rupture de la laisse du ROV.

Au total 5 heures de vidéo sous-marine ont pu être enregistrées.

Le navire se trouve à la position 49°52,8N – 002°23,5W par environ 70 mètres de profondeur.

Il est couché sur bâbord, incliné à 110° environ et orienté au 240.

Les résultats de ces premières investigations ont été les suivantes :

- seul le côté tribord est bien visible,
- le gaillard a subi d'importants dégâts : pavois arraché, mature écrasée.
- Le bulbe paraît s'être abîmé sans doute au moment du choc sur le fond,
- toutefois on ne relève pas de traces de choc avec un objet flottant entre deux eaux,
- les ancres bâbord et tribord sont à poste ainsi que la grille du propulseur à tribord,
- les guindeaux, chaînes et stoppeurs sont visibles,
- sur le guindeau tribord, le stoppeur de chaîne paraît déverrouillé et le carter endommagé ;
- la porte d'accès au magasin avant est fermée mais par contre le panneau de descente des aussières est complètement ouvert à 90°. Son surbau est voilé ainsi que, semble-t-il le panneau lui-même. Sur cinq tire-bords l'un manque et 3 sont en mauvais état ;
- les rambardes sont écrasées sur le pont ;
- deux fuites ont été repérées sur le bordé tribord au niveau des couples 46-47 — l'une assez importante vient d'un trou duquel sort un élément métallique difficile à identifier, l'autre moins importante a été détectée au-dessus de la première et provient sans doute de la cassure d'une soudure — ces fuites se situent au niveau de la citerne n°8 où l'on constate à cet endroit un enfoncement important du bordé sur une large surface ;
- l'examen de la quille et de la partie visible du bordé bâbord reposant sur le fond n'a pas montré d'enfoncement ou de fuites,
- côté tribord, tous les dégagements d'air des ballasts paraissent en place et en état. ;
- ceux de bâbord ne sont pas visibles ;
- la qualité de la vidéo ne permet pas de confirmer si le dégagement d'air du peak avant a été endommagé ; une photo aérienne prise le 31/10 au matin laisse penser qu'il était toujours en place ;
- les collecteurs de chargement et les tuyautages sur le pont sont tordus ;
- le château est très abîmé sur bâbord où l'on note un écrasement du coin de la passerelle ;

- le côté bâbord de la cheminée semble reposer sur le fond où l'on relève la présence de nombreux débris ;
- l'hélice et le gouvernail ne paraissent pas avoir subi d'importants dommages.

Il ressort de ces inspections que le *IEVOLI SUN* après s'être retourné au moment du naufrage, aurait traîné probablement sur 200 à 250m (trace d'une souille) puis s'est finalement couché sur bâbord. Quant à l'enfoncement au niveau de la citerne n°8 il pourrait avoir été provoqué par un phénomène d'implosion.

D'autres investigations ont été faites par la suite en vue du pompage de la cargaison. Elles n'ont pas apporté d'éléments nouveaux, si ce n'est le repérage et la remontée de la tête du dégagement d'air du peak avant, qui, désolidarisée de son conduit quand l'étrave a touché le fond au moment du naufrage, gisait sur le fond à proximité (v. § 7.2.2.).

7.2.2* LES DEGAGEMENTS D'AIR DES BALLASTS DU IEVOLI SUN

Généralités

Comme tous les navires de ce type où l'on doit alterner rapidement et quasi simultanément les situations de chargement/déballastage et de déchargement ballastage, les dégagements d'air, situés de surcroît sur le pont de franc-bord, exposés au mauvais temps, sont du type à « *fermeture automatique* » par boule(s) (ou clapets) pour empêcher l'entrée intempestive d'eau de mer dans les citernes de ballastage.

La note établie par le BEAmer (v. annexe D) à propos de ces dégagements d'air en décrit la construction et le fonctionnement. Elle fait état des problèmes qu'ils posent avec le vieillissement, la corrosion et la maintenance, qui peuvent conduire à leur rupture ou à la disparition du système de « fermeture automatique ».

Ajoutons à cela que pour être efficaces, et donc éviter les risques de déformation des capacités, leur diamètre doit être assez important pour être adapté aux débits des pompes de ballastage.

Les dégagements d'air du IEVOLI SUN

Le *IEVOLI SUN* était doté des dégagements d'air suivants :

- 1 de 250mm de diamètre pour le peak avant, débouchant sur le gaillard, à l'avant bâbord, contre le pavois ;
- 2 de 200mm débouchant sur l'avant et en abord du ballast 2, c'est à dire dans une zone « *encaissée* » par la cloison arrière du gaillard et les pavois qui atteignent à cet endroit 3,5m de haut pour redescendre au niveau du pont, sur l'arrière du ballast 2 ;
- 16 de 200mm débouchant sur l'avant et en abord des ballasts 3,4,5,6,7,8 et 9.

Il est à noter :

- que tous les ballasts du 2 au 8 sont des ballasts en U constituant une double coque « *communicante* », seul le ballast 9 étant coupé en deux par une cloison longitudinale axiale ;
- que la construction de ces navires conduit à rapporter les renforts de pont (hiloires et barrots) sur le pont, ce qui constitue une gêne importante à l'évacuation des paquets de mer et favorise la rétention d'eau sur le pont ;
- que, comme les autres navires-citernes, ceux-ci ont un franc-bord réduit du fait de la petite taille et du petit nombre d'ouvertures dans le pont de franc-bord (convention load lines 66 amendée).

L'état des dégagements d'air du IEVOLI SUN

Des photos sous-marines de l'épave, il ressort qu'à priori tous les dégagements d'air de tribord seraient en place sans que l'on puisse en déduire quoi que ce soit quant à l'efficacité de leur système d'étanchéité.

Notons toutefois qu'en l'absence d'étanchéité de la tête des dégagements d'air la section de passage dans la tête est le même que celui dans le conduit et que des calculs effectués et des observations faites par l'équipage, c'est avec un débit de presque 700m³/h que se sont remplis les ballasts 3, puis 4, ce qui tend à prouver que les systèmes d'étanchéité des deux dégagements d'air de chacun de ces ballasts étaient hors service.

Quand aux dégagements d'air de bâbord, on ne peut les voir, cette partie du pont du navire, couché sur son flanc bâbord, étant engagée sous le fond de mer.

Par contre, la tête du dégagement d'air du peak avant, cassée lorsque l'avant a touché le fond, a pu être récupérée et étudiée (v. annexe). Elle comportait un « *système automatique à 2 boules* ».

Si la partie supérieure de la tête a été ouverte par le choc sur le fond, on constate que par endroits l'échantillonnage de la tôle y était encore suffisant, de l'ordre de 3 mm. Par contre, le fond de la chambre interne a disparu du fait de la corrosion, sur une surface supérieure à celle du conduit, ce qui permettait aux boules de tomber dans le peak avant, entières ou cassées, l'entretoise les séparant étant cassée. Par ailleurs, il n'y avait pas ou plus de joints sur les sièges des ouvertures que viennent obturer les boules ce qui a pour conséquence de les détériorer rapidement, sans parler des bords dentelés de la corrosion du fond de la chambre dont les épaisseurs relevées étaient de l'ordre de 0,5 mm.

En conclusion, on sait que ce type de dégagement d'air est naturellement soumis à des contraintes qui peuvent soit le casser soit détruire le « *système automatique* » d'étanchéité, ce qui, pour n'être pas visible, n'en a pas moins les mêmes effets.

Faute d'avoir pu récupérer les dégagements d'air sur l'épave, on ne peut que considérer que la plupart d'entre eux étaient dans un état tel que, avec la tête sous l'eau qui s'accumulait sur les ponts et l'enfoncement de l'avant du navire, ils permettaient de remplir en 30 minutes un ballast de 350 tonnes, ce qui correspond au débit total de ses deux dégagements d'air.

7.2.3* BALLASTAGE - ASSÈCHEMENT

Ballastage

Il comprend le peak avant et 8 citernes en forme de **U** constituant les doubles fonds et la double coque. Chaque citerne de ballastage est desservie par un tuyautage indépendant DN 200 (le même tuyau servant à la fois au remplissage et à la vidange des ballasts).

Les tuyautages traversent les ballasts dans les fonds. Ils sont fixés sur des colliers supports revêtus d'une bande néoprène et sont équipés de compensateurs pour corriger les défauts d'alignement et absorber les vibrations.

Les passages de cloisons entre les ballasts se font par l'intermédiaire de manchettes soudées.

Le remplissage et la vidange sont assurés :

- par 2 pompes centrifuges de débit unitaire de 350m³/h, chacune entraînée par un moteur hydraulique branché sur le circuit hydraulique principal cargaison ;
- par un ensemble de vannes type papillon commandées par vérins hydrauliques à double effet et électrodistributeurs, alimentés par une centrale hydraulique spécifique, indépendante de celles des pompes avec en secours une commande manuelle des vannes.

Le remplissage des ballasts peut aussi se faire par gravité.

Le contrôle des niveaux des ballasts est assuré par téléjaugeage à partir de capteurs de pression hydrostatique installés dans les citernes et d'un affichage par diodes électroluminescentes au pupitre de la salle de contrôle cargaison.

Les pompes ainsi que les vannes sont installés dans un local (local des pompes) sous le pont principal à l'avant du compartiment machine au pied du fronton et dont l'accès n'est possible que par l'extérieur.

La commande des pompes et des vannes et leur signalisation de fonctionnement se trouvent dans la salle de contrôle cargaison. Il est à noter qu'il existe une signalisation complémentaire de la position des vannes par les index des électrodistributeurs.

En cas d'absence de pression hydraulique les vannes restent dans leur position (en dessous de 6 bar leur manœuvre n'est plus possible). Il en est de même en cas de perte de l'alimentation électrique des électrovannes.

Assèchement

Il comprend 2 circuits, l'un pour les locaux et compartiments avant, l'autre pour les locaux et compartiments arrière.

✓ *Circuit avant*

- local propulseur : assèchement par hydroéjecteur (débit 10m³/h) et par pompe manuelle type Japy ;
- magasin avant, puits aux chaînes, cofferdam : par pompe manuelle type Japy (qui peut aussi être utilisée pour le local propulseur).

A noter que les moyens d'assèchement étant situés dans les locaux qu'ils desservent, en cas d'invasion de ceux-ci, la mise en œuvre de ces moyens est difficile voire impossible.

✓ *Circuit arrière*

- local des pompes : assèchement par hydroéjecteur (débit 10m³/h) et par pompe manuelle type Japy ;
- compartiment machine : 2 électropompes d'assèchement dont la pompe de service général de débits unitaire 50m³/h et 60m³/h ;
- local appareil à gouverner : assèchement par hydroéjecteur (10m³/h) et pompe manuelle.

7.2.4* L'INSTALLATION HYDRAULIQUE

Sur le *IEVOLI SUN* comme sur d'autres navires transporteurs de produits chimiques, l'ensemble des pompes (pompes de cargaison et pompes de ballast), les appareils de manœuvre (guindeaux et cabestans) ainsi que les équipements de manutention et le propulseur d'étrave sont entraînés par des moteurs hydrauliques.

Pour des raisons de sécurité liées à la dangerosité de certains produits, l'hydraulique est utilisée à la fois comme moyen de transmission de puissance mais également de commande et de régulation.

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT

Le système est construit à partir de deux centrales hydrauliques entraînées chacune par un groupe électrogène au moyen d'une prise de force (voir annexe B).

Il fonctionne en boucle fermée, composée d'une ligne d'alimentation haute pression à 230 bar et d'une ligne de retour basse pression à 10 bar sur lesquelles sont branchés les différents moteurs hydrauliques des équipements suivants :

- 18 pompes de cargaison immergées plus une pompe mobile de secours ;
- 2 pompes de ballast situées dans le local des pompes ;
- 1 pompe de lavage des citernes ;
- 1 propulseur d'étrave.

Chaque centrale hydraulique est composée d'une pompe principale.

L'installation comprend également deux pompes de gavage servant à l'alimentation des pompes principales et deux pompes pilotes assurant le contrôle et la régulation.

Lorsque le navire est chargé, la pompe pilote maintient après l'arrêt de la centrale hydraulique une pression minimum de l'ordre de 5 bar dans la ligne de retour afin d'éviter une pollution du circuit hydraulique par la cargaison.

Il est à noter que dans la procédure de démarrage des centrales hydrauliques, la mise en service préalable de cette pompe est nécessaire.

Les circuits électriques de commande sont en 220 V AC (24 V DC pour les électrovannes) ceux de contrôle et d'alarme sont en 24 V DC ou 24 V AC.

La gestion de l'installation hydraulique est assurée par un automate programmable (PLC programmable logic controller Mitsubishi KOJ PLC System) qui, en cas de défaillance est suppléé par un dispositif de secours en marche forcée à commande manuelle (Override).

Une sécurité supplémentaire est assurée par une boucle d'arrêts d'urgence (2 sur le pont, 1 en salle de contrôle cargaison, 1 en salle de contrôle machine ou en timonerie).

La mise en œuvre de cette sécurité entraîne un arrêt total de toute l'installation hydraulique y compris les pompes pilotes quel que soit le mode de contrôle / commande : automatique ou marche forcée.

A noter que seules 2 sécurités entraînent l'arrêt des pompes pilotes : niveau bas dans la caisse à huile et arrêt d'urgence.

La mise en service et l'arrêt des centrales hydrauliques s'effectuent de la salle de contrôle cargaison où se trouvent :

- les commandes des pompes de cargaison et de ballastage et de leurs vannes associées ;
- le tableau de contrôle / commande des centrales hydrauliques où sont disposés les différents voyants de fonctionnement, la signalisation sonore et visuelle des alarmes et des déclenchements des sécurités en particulier : les arrêts d'urgence, les sécurités de pression et de niveau d'huile du circuit.

Il n'y a pas de report d'alarme de l'installation hydraulique FRAMO à la timonerie et/ou à la salle de contrôle machine. Seules les alarmes de fonctionnement du propulseur d'étrave sont signalées en timonerie.

Il n'y a pas non plus de surveillance de l'isolement du circuit 24V propre à cette installation.

Nota ; Le circuit de commande des vannes de chargement/déchargement des citernes de cargaison est desservi par la même centrale hydraulique que celle des vannes de ballastage/déballastage. La Commission a noté que sur le *IEVOLI SUN* cette centrale était toujours en service. Par contre, sur d'autres navires elle est stoppée lorsque le navire est à la mer, ou au port sans opérations commerciales.

Au port lors des opérations commerciales

Les opérations de chargement et de déchargement ainsi que celles de ballastage et de déballastage s'effectuent de la salle de contrôle cargaison où se trouvent également les indicateurs de téléjaugeage des ballasts.

A la mer

Les centrales hydrauliques de l'installation FRAMO sont stoppées. Seule une pompe pilote reste toujours en service lorsque le navire est chargé. Elle maintient une pression minimum de l'ordre de 5 bar dans la ligne retour afin d'éviter une pollution du circuit hydraulique par la cargaison.

ANALYSE DE L'AVARIE

Constatations et faits

Vers 14h00, après le constat de l'envahissement du magasin avant, une alarme « *Défaut isolement 220V* » est apparue ; le chef mécanicien a alors isolé le circuit correspondant, probablement à l'avant du navire. A cette occasion, il a vérifié que la pompe pilote était en service et fait un essai des pompes de gavage mais il n'a pas procédé à un essai complet de mise en route des centrales hydrauliques.

Vers 22h00, il a fait une ronde à la salle de contrôle cargaison et n'a remarqué aucune alarme au tableau FRAMO.

Vers 02h00, lorsqu'il a voulu remettre en service les centrales hydrauliques il a constaté que le voyant arrêt d'urgence « *Emergency stop* » était allumé et que la pompe pilote était stoppée. Pour redémarrer l'installation , il est alors passé en commande marche forcée « *Override* » sans résultat.

Au cours de ses investigations, il constate une rupture des fusibles FQ4 du circuit d'alimentation 24VAC . Leur remplacement ne donne aucun résultat (les nouveaux fusibles mis en place sautent aussitôt).

Cause probable de l'avarie

Suite à l'examen des documents techniques, des auditions du commandant et du chef mécanicien, des informations recueillies auprès des services de l'armement et du constructeur de l'installation hydraulique, de la visite de navires équipés d'installations semblables voire identiques appartenant ou ayant appartenus au même armement , la Commission a écarté l'hypothèse d'une défaillance purement hydraulique ; le flexible endommagé sur les circuits hydrauliques des guindeaux n'aurait pas empêché la remise en route de l'installation.

Elle a retenu comme cause probable de non redémarrage des centrales hydrauliques une défaillance d'origine électrique consécutive à l'envahissement du magasin avant.

Cette hypothèse s'appuie sur la présence dans ce magasin et dans le local du propulseur d'étrave des composants électriques et électroniques de contrôle / commande du propulseur : électrovannes, répéteur de position et en particulier de l'amplificateur du nombre de tours du propulseur alimenté en 24V AC . Celui-ci se trouve à l'intérieur d'un coffret (non étanche) placé en haut de la cloison située sur l'arrière de l'escalier de descente dans le magasin avant.

Ce coffret été noyé du fait de l'inondation provoquant un court circuit sur le réseau 24VAC en particulier sur le circuit alimentant le coffret de contrôle EX(i) de la boucle des arrêts d'urgence, d'où la rupture des fusibles FQ4. La perte de cette alimentation s'est traduite par le déclenchement du relais K1 des arrêts d'urgence des centrales hydrauliques puis par le déclenchement du relais K7 commandant l'arrêt des pompes pilotes empêchant ainsi tout redémarrage par la séquence de réinitialisation de l'automate ou en commande par marche forcée.

Ceci explique la présence de la signalisation lumineuse (et normalement sonore) de l'alarme « *Arrêt d'urgence* » au tableau FRAMO et l'arrêt de la pompe pilote.

Nota : Il est possible qu'en cas d'arrêt de la pompe pilote, il y ait déclenchement de l'alarme « *Pression basse retour* »

Il est aussi probable que l'inondation de ce boîtier ait eu d'autres conséquences comme :

- **une mise à la masse de l'une des polarités de l'automate PLC ;**
- **probablement un court circuit sur le réseau 24VDC et donc une rupture des fusibles FQ3 ;**
- **avec pour conséquence la perte de pilotage de l'installation par l'automate.**

Compte tenu de la valeur du court circuit, il est possible que le disjoncteur principal de ligne FQ1 ait pu déclencher.

Par ailleurs, il n'est pas exclu que l'inondation du local du propulseur d'étrave ait pu occasionner des dommages sur le circuit électrique des électrovannes et des cames de positionnement du propulseur et ainsi provoquer une rupture des fusibles FQ2 du circuit 24VDC alimentant entre autres les électrovannes d'embrayage des pompes hydrauliques principales.

Moyens de secours

Le bord a sans doute diagnostiqué l'origine de la panne mais il n'a pas été capable d'y remédier.

De son côté la Commission a essayé de déterminer les solutions permettant un redémarrage des centrales hydrauliques qui est conditionné par celui des pompes pilotes

La remise en route des pompes pilotes supposait de s'affranchir du court circuit sur le circuit 24VAC en isolant la partie du circuit correspondant.

Une solution aurait consisté à débrancher au bornier du tableau FRAMO les fils alimentant la partie avant du circuit de contrôle / commande du propulseur c'est à dire l'amplificateur du nombre de tours (6 bornes), les électrovannes et les cames de position (10 bornes).

Cette solution a pu être validée par simulation sur un navire équipé de la même installation.

Une autre solution de dépannage consistait à brancher une ligne directe d'alimentation entre la sortie du transformateur TR1 220VAC / 24VAC et le boîtier EX(i).

Un démarrage forcé des pompes pilotes et des pompes de gavage était également une autre possibilité.

SYNTHÈSE

L'analyse montre que le redémarrage de l'installation hydraulique était possible dans des délais relativement courts sous réserve que le bord ait une bonne connaissance des circuits électriques et ait fait un diagnostic correct de la panne.

Il faut aussi tenir compte de l'état de stress des intervenants dans de pareilles circonstances et des mouvements du navire engendrés par l'état de la mer.

La gravité des conséquences de cette avarie est due au fait que les circuits ne sont pas séparés.

Si la configuration de l'installation hydraulique en boucle unique a l'avantage d'être simple et d'un coût de réalisation plus économique, elle a l'inconvénient du point de vue de la sécurité de fonctionnement d'une interdépendance des composants ; la défaillance de l'un d'entre eux risque d'affecter l'ensemble.

Par ailleurs le report en timonerie des alarmes de l'installation aurait permis sans doute une détection plus précoce du défaut.

Cet accident a donc révélé la nécessité d'accroître la fiabilité de l'installation hydraulique :

- en évitant qu'une défaillance du propulseur ou d'un autre équipement branché sur le même circuit puisse avoir une incidence sur le fonctionnement du reste de l'installation ;
- en réduisant le risque que des défauts externes affectent le dispositif des arrêts d'urgence ;
- et de simplifier le dépannage.

7.3* Étude de l'envahissement progressif des ballasts

La chronologie des événements permet de conclure sans ambiguïté au naufrage du navire à la suite de l'envahissement progressif des capacités de la partie avant et des capacités de ballastage d'eau de mer, entraînant une perte de flottabilité et de stabilité transversale.

La Commission a donc orienté ses investigations sur ce processus d'envahissement et a établi la liste des défaillances qui permettaient un tel envahissement :

- le circuit de ballastage : les vannes de la clarinette de distribution ont pu rester ouvertes et permettre ainsi une communication avec les prises d'eau de mer ou avec les premiers compartiments envahis. Toutefois, ce scénario n'explique pas, bien au contraire, que les capacités se soient remplies successivement de l'avant à l'arrière.
- La rupture d'éléments de structure des cloisons transversales des capacités de ballastage. Si l'on peut à la limite envisager une avarie structurelle de la cloison d'abordage, il est vraiment difficile de soutenir une telle hypothèse pour les cloisons des ballasts ; la largeur de la cloison est de 1,20m, son échantillonnage est très robuste et aucune faiblesse ni trace de corrosion anormale n'a été mentionnée au cours des visites d'entretien ;

- l'envahissement des capacités par défaut d'étanchéité des dégagements d'air sur pont principal. Cet envahissement peut se produire par rupture du tuyautage fixé au pont, ou par manque d'étanchéité de la tête du dégagement d'air, qui comporte les clapets à boule faisant office d'obturateurs en cas de projection d'eau de mer au niveau du pont. Un paragraphe spécial est consacré à l'architecture de ces équipements et aux défaillances qui peuvent affecter leur système d'étanchéité (v. annexe D).

La Commission a conclu que cette dernière hypothèse constituait la cause la plus probable de l'entrée d'eau dans les capacités de ballastage ; elle a en conséquence commandé une étude dont l'objectif était d'évaluer si, compte tenu des conditions de chargement du navire au départ de Fawley et des conditions de mer auxquelles il a été soumis, il était possible d'atteindre un degré d'envahissement susceptible de faire sombrer le navire.

Cette étude, faisant l'objet du rapport donné en annexe F comporte trois phases :

- Estimation des caractéristiques hydrostatiques du navire supposé en eau calme, pour les cas de chargement correspondant aux stades successifs d'envahissement. On obtient ainsi, pour les situations de plus en plus dégradées de la carène, les paramètres de stabilité transversale statique et dynamique. Les lignes de flottaison correspondantes permettent d'évaluer les distances de la partie haute des dégagements d'air à la surface libre.
- Calcul du comportement dynamique du navire sous l'effet de l'état de mer rencontré, ces calculs étant effectués pour les cas de plus en plus sévères d'envahissement. On obtient ainsi les valeurs statistiques du pilonnement, roulis et tangage au centre de gravité du navire.
- Probabilité d'immersion des dégagements d'air : pour chaque équipement des ballasts 2 à 5 et du peak avant (bâbord et tribord), on calcule les variations de hauteur par rapport à la surface libre de la houle, cette houle étant définie statistiquement par l'état de mer rencontré. On en déduit la probabilité d'immersion de chaque dégagement d'air, en termes de hauteur et de temps d'immersion. Cette valeur de la hauteur fonction du temps permet de calculer le débit moyen probable rentrant dans la capacité, et cela pour les différents cas de chargement sélectionnés. Pour ce calcul du débit, le dégagement d'air est supposé totalement détruit, ou, ce qui revient au même, le dispositif de « *fermeture automatique* » (à boules) est supposé inopérant, la section de passage étant, dans les deux cas, celle de la tuyauterie fixée au pont.

7.3.1* CALCULS HYDROSTATIQUES DU NAVIRE EN EAU CALME

Le détail des calculs est donné en annexe F. Les tableaux suivants font la synthèse des résultats.

Cas de chargement étudiés :

- Cas A : navire au départ de Fawley.
- Cas B : Cas A + envahissement magasin avant + puits aux chaînes + local du propulseur transversal + descente à ce local.

N.B. : Le choix de ces capacités résulte du constat fait par le bord.

- Cas C : Cas B + 1m d'eau sur le pont du gaillard (66m³).
- Cas D : Cas C + 0,8m d'eau sur 13m à l'avant du pont principal en arrière du gaillard (90m³), les résultats de l'étude du comportement dynamique justifiant la prise en compte d'une rétention d'eau de mer sur le pont gaillard et sur l'avant du pont principal.
- Cas E : Cas D + envahissement du peak avant.
- Cas F : Cas D + envahissement du ballast n°2.

Ces 2 cas d'envahissement ont été étudiés, mais, s'agissant d'évaluer les conséquences d'une entrée d'eau par les orifices de dégagement d'air, il est logique de retenir le cas F, les dégagements d'air du ballast n°2 se trouvant plus près de la ligne de flottaison que celui du peak situé sur le pont gaillard.

- Cas G : Cas D + envahissement du ballast n°2 et du peak avant.
- Cas H : Cas G + envahissement du ballast n°3.
- Cas I : Cas H + envahissement du ballast n°4.
- Cas J : Cas I + envahissement du ballast n°5.

En ce qui concerne les risques d'immersion des dégagements d'air, les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

| Désignation du dégagement d'air | Départ (m) | Cas D (m) | Cas F (m) | Cas H (m) | Cas I (m) | Cas J (m) |
|---------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Peak avant | 6.14 | 5.27 | 4.39 | 3.30 | 2.41 | 1.50 |
| Ballast 2 tribord | 3.60 | 2.89 | 2.16 | 1.25 | 0.51 | - 0.27 |
| Ballast 2 bâbord | 3.60 | 2.89 | 2.16 | 1.25 | 0.51 | - 0.27 |
| Ballast 3 tribord | 3.53 | 2.90 | 2.25 | 1.44 | 0.77 | 0.06 |
| Ballast 3 bâbord | 3.53 | 2.90 | 2.25 | 1.44 | 0.77 | 0.06 |
| Ballast 4 tribord | 3.44 | 2.91 | 2.35 | 1.67 | 1.08 | 0.45 |

| | | | | | | |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Ballast 4 bâbord | 3.44 | 2.91 | 2.35 | 1.67 | 1.08 | 0.45 |
| Ballast 5 tribord | 3.33 | 2.93 | 2.49 | 1.96 | 1.49 | 0.98 |
| Ballast 5 bâbord | 3.33 | 2.93 | 2.49 | 1.96 | 1.49 | 0.98 |

On constate qu'en statique il faut attendre le dernier cas d'envahissement J (ballast n°5 envahi) pour que les dégagements d'air les plus bas (ballast n°2) soient sous la flottaison. L'étude du comportement dynamique est donc indispensable à l'explication des entrées d'eau. Les paramètres de stabilité statique et dynamique des cas d'envahissement font l'objet du tableau ci-après.

On constate qu'à partir du cas G (ballast n°2 et peak avant envahis), la réserve de stabilité chute fortement. Dans les cas I et J, cette réserve devient trop faible pour assurer le redressement du navire. Enfin, dans le cas J, le navire devient instable statiquement et dynamiquement.

| Cas de chargement | Immersion avant (m) | Immersion arrière (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 |

7.3.2* LE COMPORTEMENT DYNAMIQUE DU NAVIRE SUR HOULE

Les calculs ont été effectués avec l'état de mer rencontré dans la phase initiale du processus d'envahissement :

- route au 232 et vitesse moyenne de 5,7 nœuds ;
- houle du 250, Hs = 7m et Tp = 9s. Vent établi de 35 nœuds. L'incidence de la houle est donc de 18° sur l'avant tribord.

6 cas de changement ont été examinés, représentatifs de la progression de l'envahissement :

Cas A, D, F, H, I, J.

Pour chacun de ces cas, on a évalué au centre de gravité du navire les valeurs du pilonnement, du roulis et du tangage, en valeurs moyennes et extrêmes.

Le pilonnement et le tangage augmentent jusqu'à l'envahissement du ballast n°3, et ils diminuent ensuite car l'immersion du pont à l'avant freine ces mêmes mouvements.

La période de rencontre augmente avec l'envahissement des capacités.

Les résultats confirment la forte probabilité de rétention d'eau sur le pont gaillard et sur l'avant du pont principal.

| 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 |

7.3.3* LA PROBABILITE D'IMMERSION DES DEGAGEMENTS D'AIR

Comme vu précédemment avec les calculs hydrostatiques, les orifices des dégagements d'air restent au dessus de la flottaison jusqu'à l'entrée d'eau dans le ballast n°5.

Si l'on prend en considération le comportement du navire sur houle, on voit que chaque dégagement d'air est animé d'un mouvement vertical par rapport à la ligne de flottaison en eau calme.

D'autre part, la surface libre de la houle, au droit de chaque dégagement d'air, varie également en fonction de l'état de mer considéré, de la vitesse du navire et de l'incidence par rapport à la houle. La combinaison de ces deux mouvements permet d'apprécier la hauteur du dégagement d'air par rapport à la surface de la houle, et donc d'obtenir la probabilité d'immersion, en fonction du temps.

La méthode de calcul exposée en annexe se résume ainsi :

- après avoir évalué (*cf.* § ci-dessus) les fonctions de transfert des mouvements du navire, on calcule les fonctions de transfert du mouvement vertical de chaque dégagement, à bâbord et tribord, du peak avant jusqu'au ballast n°5, et ce pour 6 cas de chargement représentatifs du processus d'envahissement ;
- on calcule ensuite la fonction de transfert de la variation de hauteur relative entre dégagement d'air et surface libre de la houle ;
- on applique à ces fonctions les valeurs statistiques de la houle considérée ($H_s = 7\text{m}$, $T_p = 9\text{s}$), et on obtient ainsi la probabilité d'immersion, qui se produit lorsque la variation de hauteur relative atteint ou dépasse la hauteur statique du dégagement d'air au-dessus de la flottaison statique.

Les tableaux joints en annexe donnent les valeurs statistiques des variations de hauteur et les temps d'immersion des dégagements d'air de toutes les capacités depuis le peak avant jusqu'au ballast n°5.

C'est ainsi que si l'on prend le cas du ballast 2, dont l'envahissement a été déterminant dans le processus du naufrage :

- Le pourcentage de temps d'immersion des dégagements d'air a été de :
 - ~ 11% avant tout envahissement ;
 - ~ 18,5% avec l'envahissement des locaux de l'avant ;
 - ~ 26% avec l'envahissement du ballast n°2 ;
 - ~ 36% avec l'envahissement du ballast n°3 (lorsque l'équipage en prend connaissance) ;
 - ~ 55% avec l'envahissement du ballast n°5.

Les hauteurs moyennes d'immersion des dégagements d'air varient de 1,88m à 2,38m pour les conditions d'envahissement étudiées.

Par ailleurs, prenant comme hypothèse que la section de passage de l'eau de mer est celle du tuyau de sortie sur le pont, soit DN 250 pour le peak avant et DN 200 pour les ballasts, on peut calculer le débit probable instantané dans chaque configuration étudiée :

$$q(t) = S \sqrt{2gh(t)}$$

Où $h(t)$ est la hauteur d'immersion,

S la section du dégagement d'air considéré

Le débit probable est alors :

$$t + \Delta t$$

$$q(t)dt$$

$$Q = \int_t^{t + \Delta t}$$

$$q(t)dt$$

Où Δt est la durée totale de simulation pour chacune des configurations étudiées, correspondant à un échantillon représentatif de l'état de mer et des mouvements du navire.

Le tableau ci-après donne ces valeurs moyennes en m^3/h :

| Désignation du dégagement d'air | | Départ (m^3/h) | Cas D (m^3/h) | Cas F (m^3/h) | Cas H (m^3/h) | Cas I (m^3/h) | Cas J (m^3/h) |
|---------------------------------|---------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Peak avant | | 59.9 | 103.6 | 148.5 | 149.6 | 204.8 | 242.3 |
| Ballast 2 | Tribord | 69.3 | 115.0 | 169.9 | 255.8 | 255.0 | 344.9 |
| Ballast 2 | Bâbord | 62.5 | 112.4 | 166.9 | 252.1 | 255.0 | 346.2 |
| Ballast 3 | Tribord | 43.4 | 83.5 | 132.5 | 205.7 | 203.3 | 280.8 |
| Ballast 3 | Bâbord | 32.8 | 77.3 | 123.6 | 197.7 | 198.8 | 281.5 |
| Ballast 4 | Tribord | 21.4 | 48.1 | 84.5 | 163.4 | 140.8 | 216.4 |
| Ballast 4 | Bâbord | 13.7 | 41.0 | 72.5 | 132.0 | 128.6 | 217.8 |
| Ballast 5 | Tribord | 3.0 | 18.2 | 35.4 | 67.7 | 62.5 | 154.6 |
| Ballast 5 | Bâbord | 0.5 | 13.0 | 27.9 | 56.9 | 54.5 | 155.3 |

C'est ainsi que l'on voit, toujours pour le ballast n°2, qu'en début d'invasion, avec une rétention d'eau de mer sur le pont gaillard et sur l'avant du pont principal, le débit moyen probable pouvant entrer dans le ballast par un seul dégagement d'air est de 115 m^3/h , amenant le remplissage complet de la capacité en 3 heures.

En conclusion, l'étude montre que :

- la diminution d'assiette due à l'envahissement des locaux de l'avant du navire ;
- l'embarquement de masses d'eau importantes sur le pont du gaillard et sur l'avant du pont principal ;
- et la mise en assiette négative qui en a résulté ;

ont pu conduire à l'immersion des dégagements d'air des capacités des ballasts dans l'ordre qui a été observé au cours du processus du naufrage, en entraînant, du fait de leur défaut d'étanchéité, l'envahissement progressif de ces capacités.

7.4* Synthèse – Le processus du naufrage

Le *IEVOLI SUN* a, à priori, appareillé dans de bonnes conditions de Fawley, avec toutefois une réserve quant à la bonne fermeture du panneau du magasin avant.

Dès qu'il est venu cap au SW, il a commencé à trouver du mauvais temps sur l'avant, mauvais temps annoncé et fraîchissant.

Le 29/10 à 12H30 suite au déclenchement de l'alarme de niveau du local du propulseur d'étrave, l'équipage a constaté l'envahissement des locaux de l'avant, à savoir le magasin et de facto le local du propulseur d'étrave.

Le navire a ainsi embarqué 130t d'eau tout à fait sur l'avant, ce qui a réduit notablement son assiette, enfoncé son avant, diminué son franc-bord et sa protection contre la mer.

Le capitaine a néanmoins décidé de continuer sa route, debout à la mer qui devenait de plus en plus forte.

A partir de ce moment là, le pilonnement a augmenté, les paquets de mer ont stagné de plus en plus sur les ponts de l'avant, alourdissant encore le navire dont l'assiette était devenue négative.

Les têtes de dégagement d'air dont l'étanchéité a pratiquement disparu, au vu des débits de remplissage des ballasts 3 et 4, se trouvaient de plus en plus souvent sous l'eau, qui envahit d'abord le ballast 2 « *le plus bas* », puis le peak avant.

A 01H30 le 30/10, l'équipage constatant la diminution du tangage et l'enfoncement de l'avant, observe, par téléjaugeage :

- que le peak avant et les ballasts 2 et 3 sont envahis ;
- puis l'envahissement successif avec un débit maximum des ballast 4 puis 5.

Enfin, faute d'avoir isolé le circuit électrique noyé dans le magasin avant, il s'est révélé impossible de démarrer les pompes de ballastage, tout en considérant qu'au stade de l'envahissement constaté à 01H30 le 30, on ne pouvait espérer vider les ballasts. Tout au plus pouvait on espérer, à condition de commencer par déballaster le 2, améliorer l'assiette ?

Ce sont donc bien l'envahissement des locaux de l'avant et le fait d'avoir continué à faire route debout à une mer de plus en plus forte qui constituent le **facteur déclenchant du sinistre**.

Le mauvais état des dégagements d'air, quant à lui, constitue un **facteur déterminant**.

L'impossibilité enfin de démarrer les pompes de déballastage et l'observation tardive de l'envahissement des ballasts 1 et 2 constituent le **facteur aggravant**.

= * * =

8* AUTRES FACTEURS

8.1* L'équipage

a) *Le commandant*

Constatant l'envahissement des locaux de l'avant il a néanmoins décidé de reprendre sa route.

Même s'il avait eu connaissance du fait que le navire avait déjà rencontré pareille avarie en 1995 (v. annexe F), ce qui ne semble pas être le cas, les mauvaises conditions météorologiques qui s'aggravaient auraient du conduire le commandant à envisager de faire demi-tour pour aller chercher un abri à Cherbourg, à 60MN de sa position à 12H30, voire sous la côte est du Cotentin avec une route qui devenait une route de fuite.

Par ailleurs, si le commandant dit avoir fait surveiller un éventuel envahissement des ballasts, on n'en trouve aucune mention au journal de bord et alors que certains témoignages font état d'un enfoncement de l'avant dès la soirée du 29, ce n'est qu'à 01H30 que l'on vérifie les niveaux, pour trouver les ballasts 1, 2 et 3 pleins et le 4 commençant à se remplir.

Il y a donc eu en fait une carence de surveillance régulière et attentive des ballasts.

Le constat de début d'envahissement du ballast 2 aurait conduit à une détection plus précoce de la panne du circuit de démarrage des pompes de ballastage qui, à ce stade, auraient pu permettre d'étaler, voire d'affranchir l'entrée d'eau.

b) Le chef mécanicien

après avoir constaté l'envahissement du magasin a fait un essai des pompes de gavage de l'installation hydraulique et fait une ronde à la salle de contrôle cargaison à 22H00. Ce n'est que le 30 à 01H30 qu'il a constaté cette avarie qu'il n'a pu réparer.

Néanmoins, n'ignorant pas les équipements et circuits électriques installés dans le magasin avant et le local propulseur il ne semble pas avoir analysé l'incidence des dommages pouvant être occasionnés à ces matériels et pris les dispositions préventives pour en limiter les conséquences. Il n'a pas pris en compte la présence dans le magasin avant d'un boîtier 24 V AC et d'autres composants électriques du propulseur qui, noyés, mettaient en avarie le circuit de démarrage des centrales hydrauliques FRAMO, qui auraient pu permettre la vidange des ballasts.

8.2* L'action de l'armateur – ISM

Dès le 29 octobre après-midi l'ingénieur d'armement de service a été prévenu par le commandant de l'envahissement des locaux de l'avant, et il en a informé la personne désignée ISM, mais celle-ci ne pouvant apprécier comme le commandant la situation météorologique, s'en est remise à lui de la décision à prendre du point de vue de la navigation. Il a eu un échange avec le chef mécanicien quant aux équipements électriques pouvant être endommagés.

Lorsque l'ingénieur d'armement a été rappelé après le constat le 30 au matin de l'envahissement des ballasts et de l'avarie de l'installation hydraulique, il a aussitôt prévenu la personne désignée ISM.

Il a tenté d'apporter une assistance technique au chef mécanicien dans la recherche et la mise en œuvre de solutions de secours pour redémarrer les centrales hydrauliques.

De son côté la personne désignée ISM a réuni la cellule de crise de l'armateur.

Elle a pris en charge la gestion de la crise, prévenant le CROSS Corsen et se préoccupant de trouver un remorqueur.

Pendant toute la durée de l'événement elle a été en contact permanent avec le bord.

8.3* L'action de l'État côtier

a) Les Centres Régionaux Opérationnels de Surveillance et de Sauvetage (CROSS) de Jobourg et de Corsen.

Les CROSS de Jobourg et de Corsen ont reçu l'appel de détresse par VHF/ASN du *IEVOLI SUN*, le 30/10 à 04H15. Le *IEVOLI SUN* étant dans la zone de responsabilité de CROSS de Corsen, c'est celui ci qui a pris en charge l'opération de sauvetage.

A 04H18 il reçoit un message INMARSAT C du *IEVOLI SUN* demandant un remorquage par l'arrière, l'avant du navire étant sous l'eau.

A 07H17, un hélicoptère *SUPER FRELON* décolle.

Tout l'équipage est hélitreuillé entre 08H22 et 09H02 avec l'accord du commandant du navire.

Le vent d'ouest souffle d'ailleurs à plus de 40 nœuds et l'on aurait augmenté les risques en envisageant une deuxième évacuation sur un navire déjà en perdition (voir calculs de stabilité § 7.3*). L'équipe d'évaluation, pour sa part, n'est pas mise à bord du *IEVOLI SUN*, considérant que le navire était susceptible de couler à tout moment.

b) Les Centres Opérationnels de la Marine (COM) de Brest et de Cherbourg.

Le COM de Brest a été prévenu dès 04H20 par le CROSS de Corsen de l'appel de détresse du *IEVOLI SUN*.

Il met en alerte un hélicoptère *SUPER FRELON*, mobilise l'équipe d'évaluation et demande au remorqueur *ABEILLE FLANDRES* d'appareiller, ce qui est fait à 05H00.

À 08H00, le *IEVOLI SUN* confirme sa demande de remorquage.

A 09H10, l'*ABEILLE FLANDRE* arrive sur zone. A cause de l'état de la mer, elle ne peut envoyer à bord du navire évacué, les hommes nécessaires au passage de la remorque.

À 12H10 le *IEVOLI SUN* dérive au 100 à 2,5 nœuds par vent d'W de 40 nœuds avec une houle de 6 à 7m, ce qui le porte vers les îles anglo-normandes qu'il atteindrait vers 17H00.

C'est seulement à 14H20 que l'équipe d'intervention peut être hélitreuillée à bord pour le passage de la remorque qui n'est établie qu'à 17H00.

À partir de ce moment le convoi remonte vers le Cotentin, à 5 nœuds d'abord, puis à 2,5 nœuds jusqu'au chavirement puis au naufrage du *IEVOLI SUN* le 31/10 à 08H50.

c) D'une manière générale, toutes les opérations ont été dirigées, pour le Préfet Maritime :

- par le COM ;
- par le CROSS, pour le sauvetage.

9* CONCLUSIONS

En conclusion, le naufrage du *IEVOLI SUN* est du :

- à l'envahissement des locaux situés à l'avant du navire, ce qui l'a alourdi d'environ 130 tonnes, enfoncé son avant et provoqué l'avarie sur le circuit électrique de l'installation hydraulique ;
- au fait que l'on ait continué la route dans le mauvais temps qui s'aggravait, la surcharge amplifiant le pilonnement et l'embarquement de paquets de mer sur l'avant ;
- au mauvais état des systèmes d'obturation des dégagements d'air des ballasts ;
- à la surveillance insuffisante des niveaux dans les ballasts ;
- à l'avarie, détectée trop tard, du système hydraulique, avarie qui n'a pu être réparée.

= * * =

10* RECOMMANDATIONS

La Commission recommande :

- que les industriels, les constructeurs, les sociétés de classification et les services d'inspection des navires portent une **attention particulière aux dégagements d'air** : conception intégrant la maintenance, positionnement/protection, visites périodiques,...
- que les **contrôles et alarmes de niveau des capacités** qui se trouvent au PC cargaison soient également exploitables à partir de la passerelle de navigation ;
- que les **circuits hydrauliques desservant les équipements** puissent être séparés par fonction : cargaison, ballastage, manœuvre ;
- que le **système de ballastage** soit traité comme un système d'assèchement, bénéficiant en cela des dispositions réglementaires de sécurité ;
- que les **alarmes de l'installation hydraulique** soient reportées sur le réseau d'alarmes du navire ;
- qu'une meilleure **ségrégation dans la distribution électrique** soit assurée (notamment pour les installations déportées à l'avant du navire) et séparer les fonctions de sécurité et de contrôle.

La Commission a pu constater que certaines de ces recommandations avaient déjà été prises en compte par les parties concernées, avec qui elle avait eu l'occasion de s'en entretenir tout au long de l'enquête et que des modifications ont déjà été proposées.

= * * =

Paris , le 20/12/01



Georges FOURRET

Jean-Louis GUIBERT

*DEPOSITIONS,
AVIS
&
COMMENTAIRES*

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 TOURRET**, *directeur du BEAmer*.

- l'administrateur général⁽²⁵⁾ des affaires maritimes **Jean-Louis GUIBERT**, *secrétaire général de l'Institut français de navigation*.

- **experts**

- l'ingénieur-mécanicien **Daniel DREVET**, *expert machines du BEAmer*.

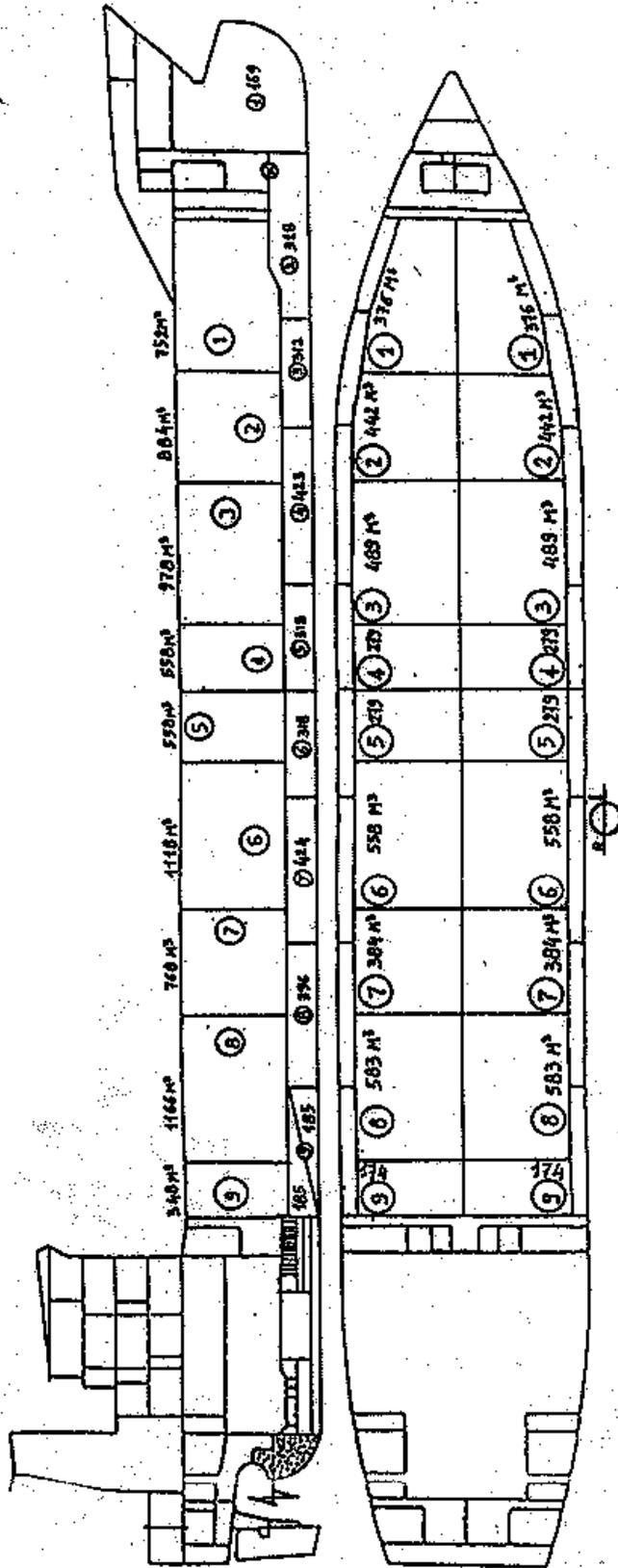
- l'ingénieur civil du génie maritime **Bernard PARIZOT**, *expert coques du BEAmer*

D'autres experts (commandants de navires chimiques, 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**, *secrétaire général du BEAmer*

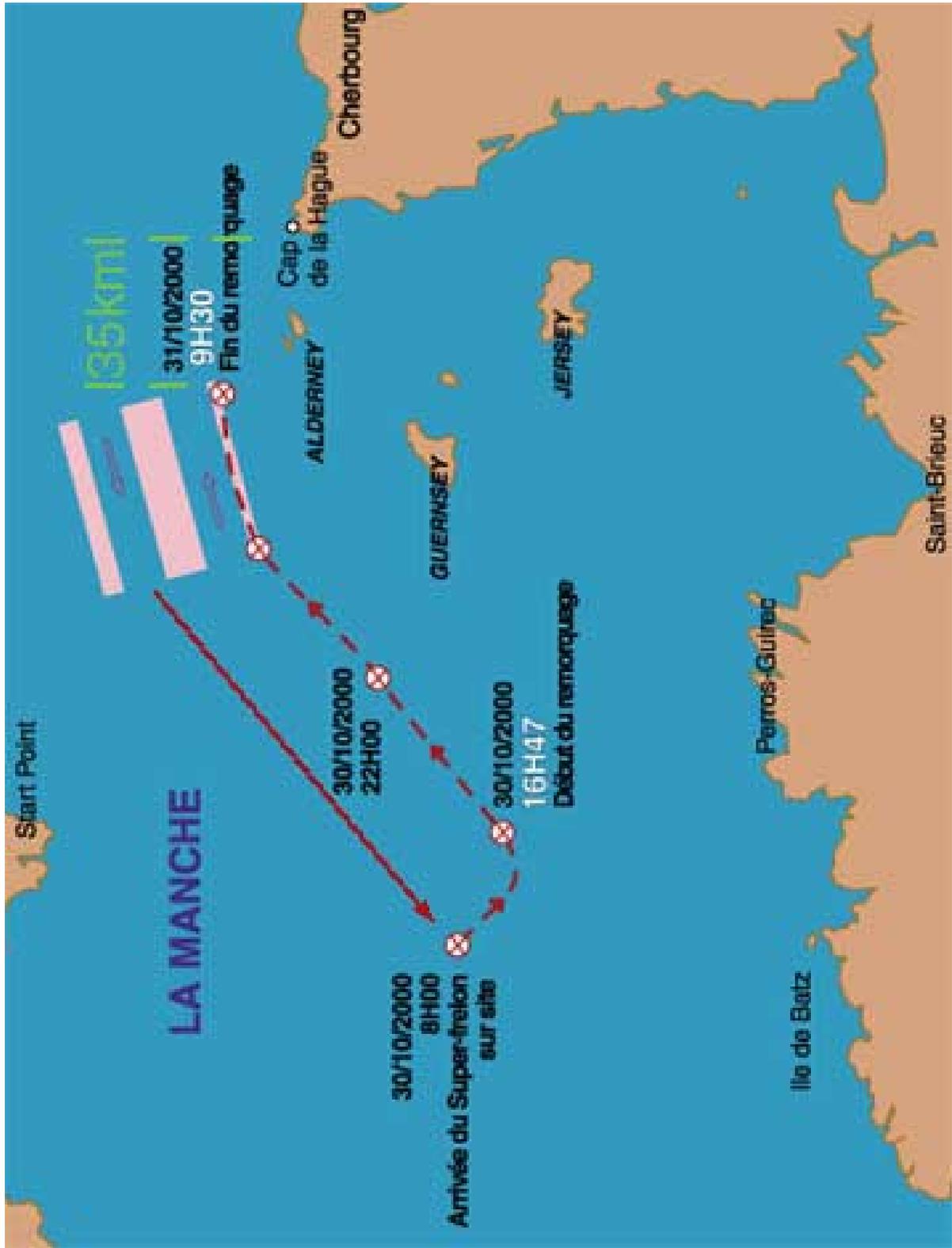
DOSSIER NAVIRE

- plans
- schémas
- photographies



CARTOGRAPHIE

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



annexe D

DEGAGEMENTS D'AIR A FERMETURE AUTOMATIQUE

CALCULS

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 23/01, vers 16H30, les conditions météorologiques s'étant améliorées – mer de sud ouest 6 – une nouvelle inspection permet de constater l'envahissement des compartiments de l'avant. L'assèchement par la pompe welder est mis en route (il ne pourra fonctionner que de jour).
- * Le commandant en accord avec l'armateur, décide de continuer sa route, cap au 170°.

- * 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.

**DÉPOSITIONS,
AVIS
&
COMMENTAIRES**

Société Civile Professionnelle
VILLENEAU ROHART SIMON & ASSOCIES
Avocats associés au Barreau de Paris

15, PLACE DU GENERAL CATROUX
75017 PARIS

TELEPHONE : 01.46.23.51.73
TELEFAX : 01.47.54.90.78
01.47.86.06.37
EMAIL : villeneau@avocaweb.tm.fr

Toque Palais : P100

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

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".

L'armement MARNAVI n'entend pas formuler de remarques particulières sur ce projet. Il estime cependant important de donner 2 précisions sur les conclusions auxquelles vous avez abouti tant sur l'installation hydraulique (*pompes Framo*) que sur les dégagements d'air (*tête de Vines*).

TELECOPIE - TELECOPY MESSAGE

Co message est couvert par le secret professionnel. Si vous n'en êtes pas le destinataire, merci de nous en prévenir aussitôt et de le détruire.
This message is confidential and legally privileged. If you are not the intended recipient, please inform us immediately and destroy this document.

Bureau Secondaire : 88, rue Grignan 13001 Marseille - Tél. : 04.91.33.22.88 - Téléfax : 04.91.33.36.85
EMAIL : villeneau.marseille@avocaweb.tm.fr

Société Civile Professionnelle membre d'une Association agréée. Le règlement des honoraires par chèque est accepté
(n° TVA FR 514.101.726.00037)

- ✎ 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 MARNAVI 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.

Recevez, Messieurs, l'expression de mes sentiments distingués.

on 09/07/2001 at 17.16

IACS

To: O.GPG@iacc.org.uk
Cc:
Subject: 0233_RIF, IEVOLI SUN - FRAMO system

To: IACS GPG Chairman
Copy to: All IACS GPG Members
IACS Permanent Secretariat

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

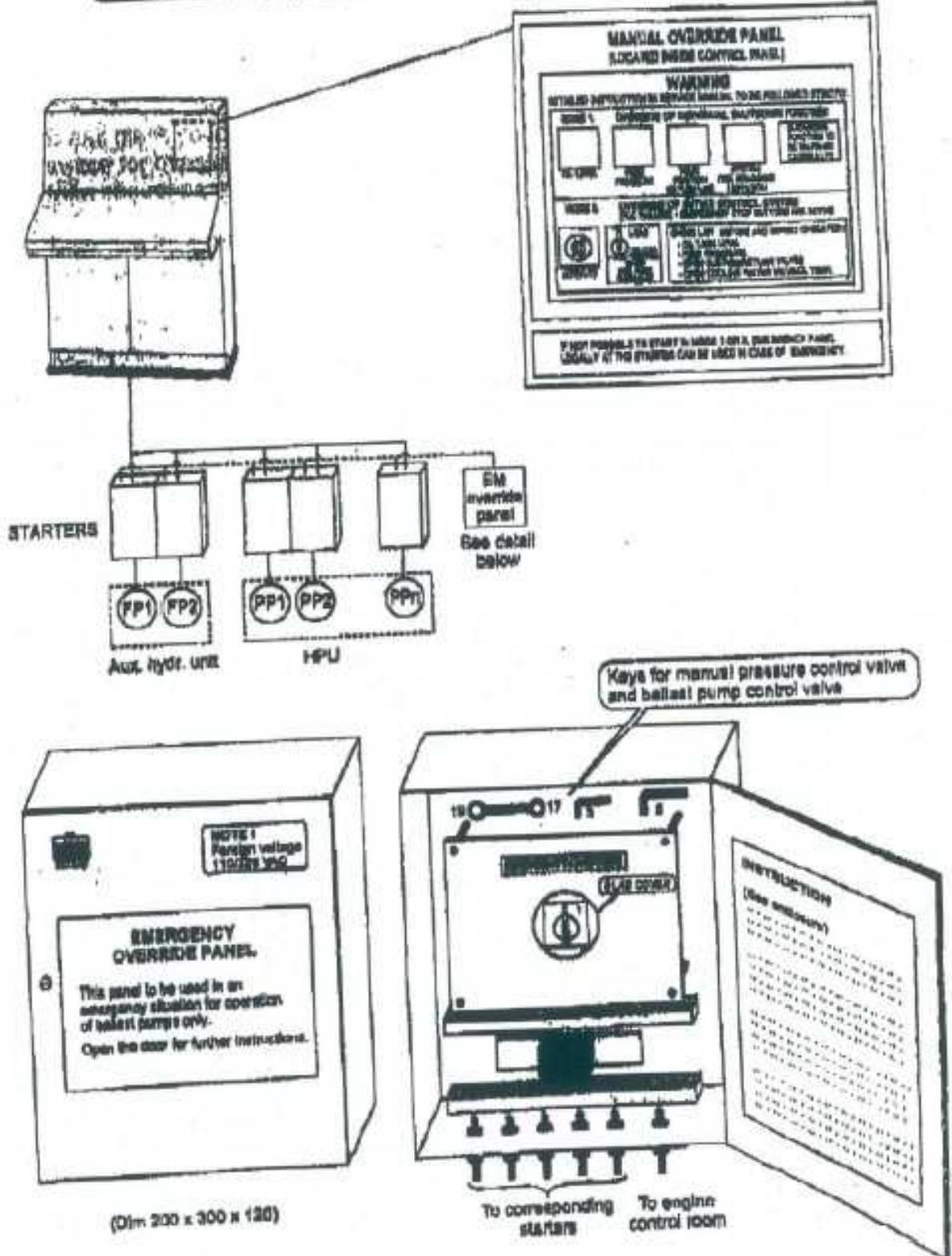
With reference to the RINA/FRAMO working group mentioned in para. 6 of my previous message in reference, I would like to inform you on the outcome of the collaborative effort to find out corrective measures for integrated FRAMO systems:

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/PDP for their consideration and further discussion on safety aspects related to fore peak flooding.

RINA IACS GPG Member

VERRIDE ARRANGEMENT - FRAMO CONTROL SYSTEM



annexe A

DÉCISION
d'ouverture d'enquête



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 ;

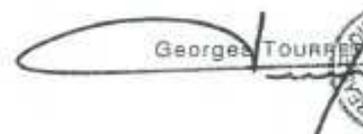
Vu la décision ministérielle du 17 décembre 1997 portant nomination du directeur du Bureau des enquêtes techniques et administratives après accidents et autres événements de mer ;

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

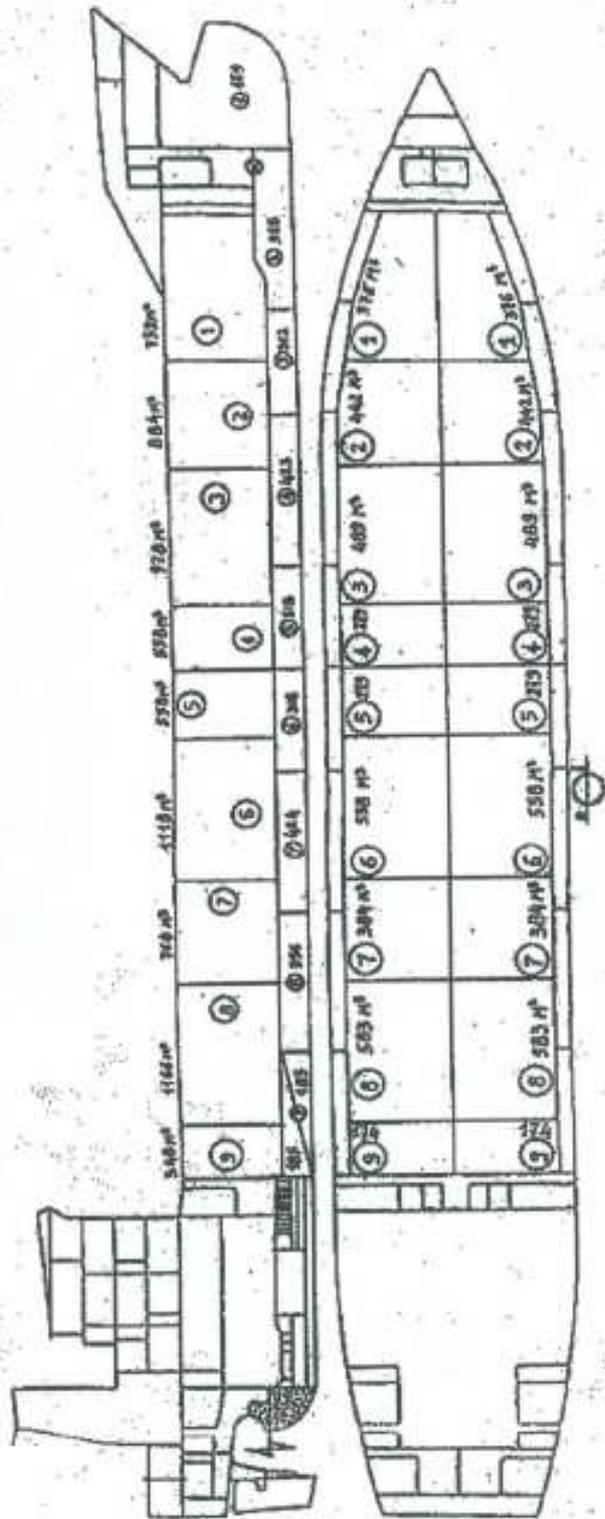
Article 1^{er} - En vue d'en rechercher les causes et d'en tirer les enseignements qu'il comporte pour la sécurité maritime, la voie d'eau (avec pollution) survenue le 30 octobre 2000, suivi du naufrage le 31 octobre 2000, au navire chimiquier italien *EVOLI SUN* à une quarantaine de MN dans le Nord 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.

Georges TOUREY 
administrateur général des affaires maritimes

annexe B

DOSSIER NAVIRE

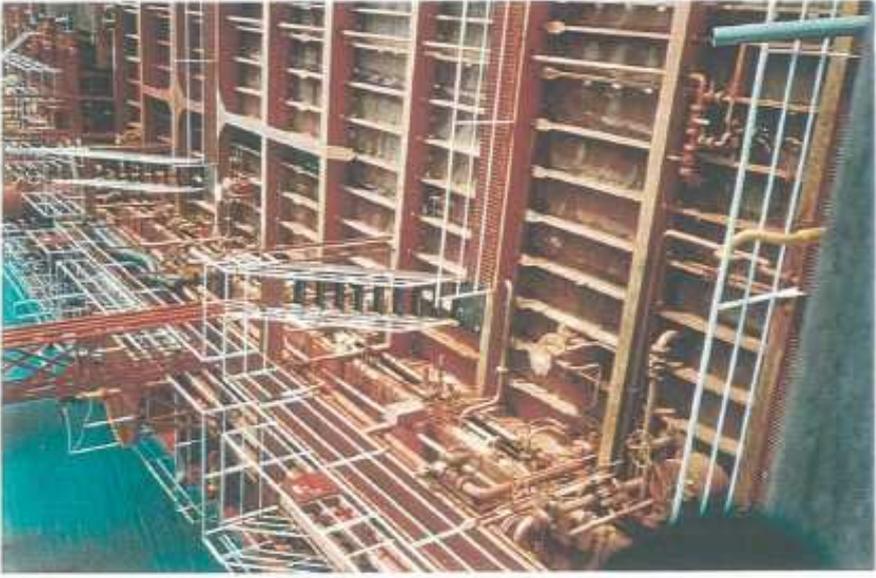
- **plans**
- **schémas**
- **photographies**





M/C IEVOLI SUN

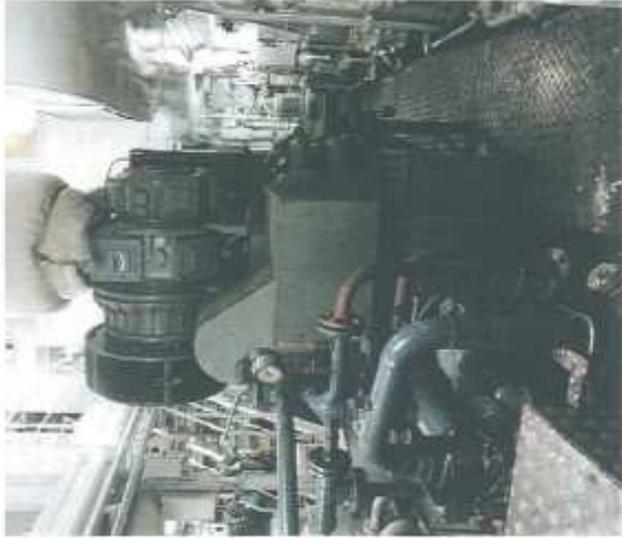
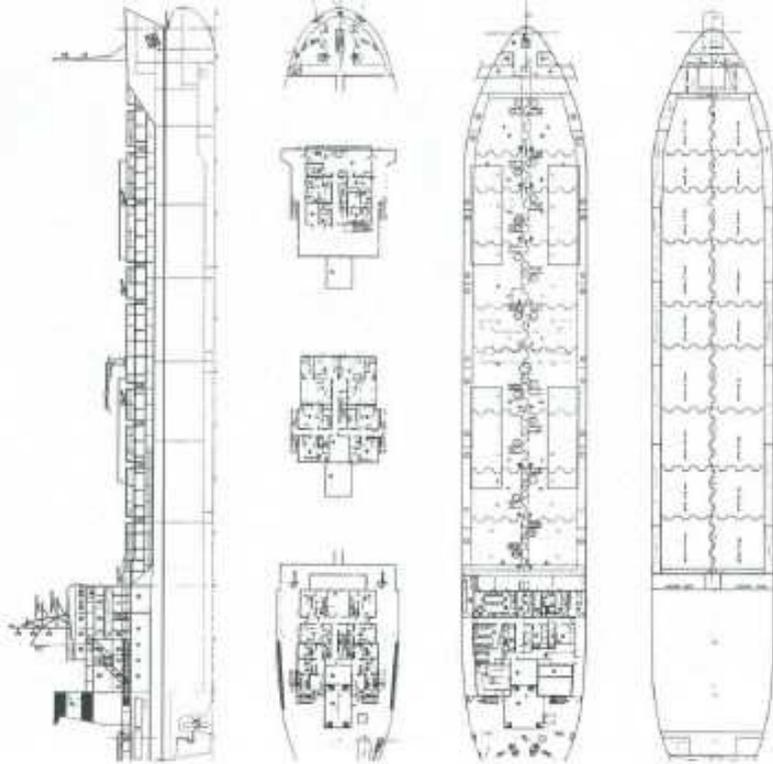




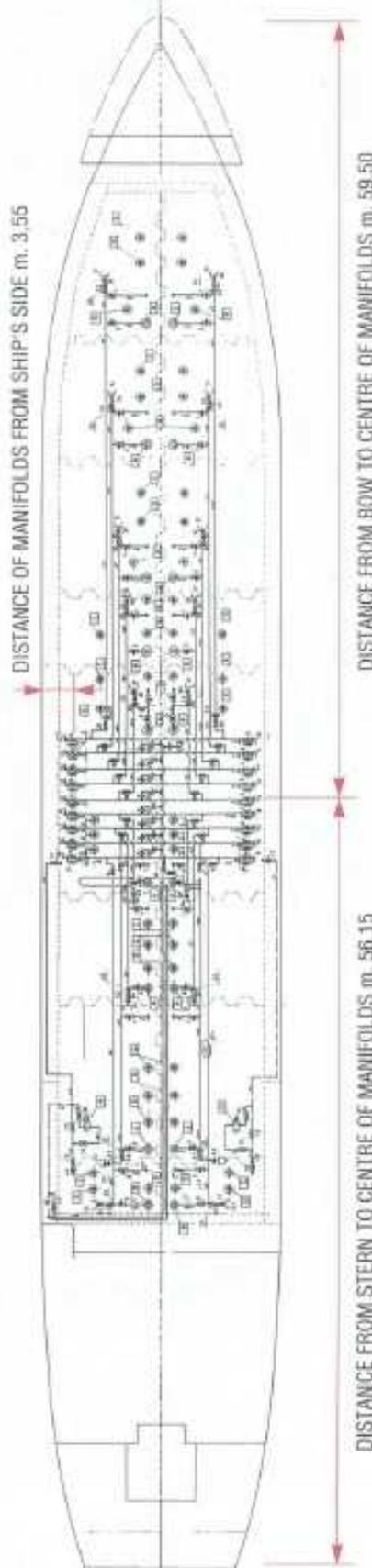
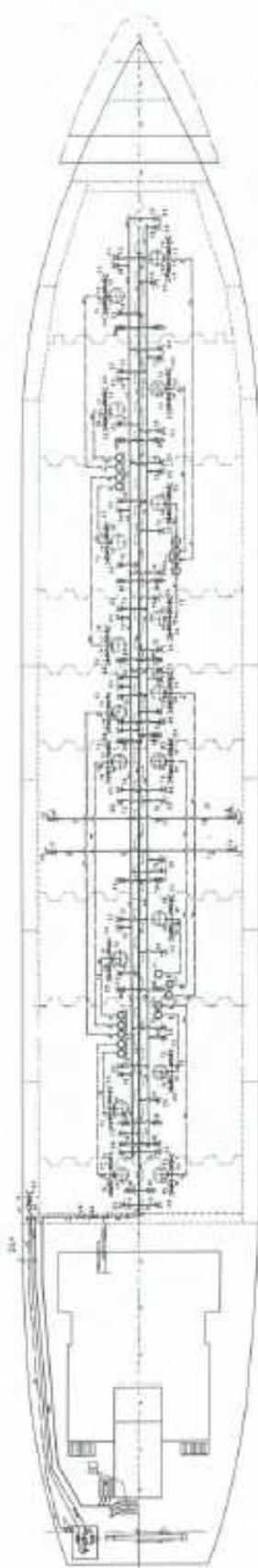
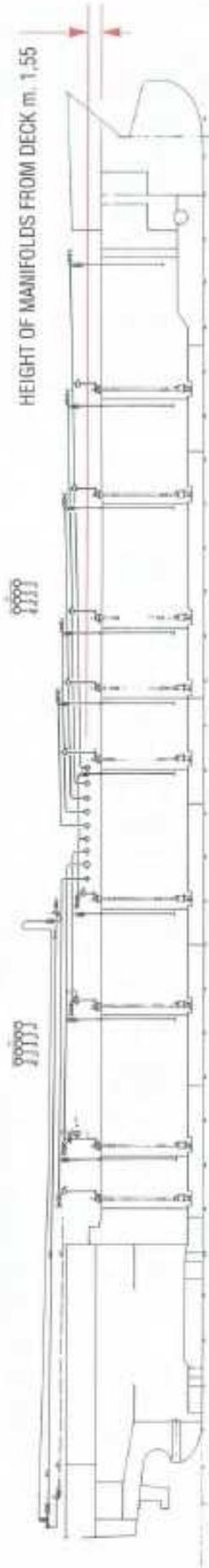
MAIN CHARACTE CS

| | | | |
|-----------------------|-----------|--------------------------------------|------------|
| LENGTH O.A. | 115.65 m | Nr. OF DEEPWELL CARGO AND SLOP PUMPS | 18 |
| LENGTH B.P. | 106.50 m | CAPACITY OF CARGO AND SLOP PUMPS | 150 cu.m/h |
| BREADTH | 17.50 m | CARGO TANKS MATERIAL | 2205 |
| DEPTH | 8.00 m | STAINLESS STEEL AVESTA | |
| DRAUGHT (FULLY LADEN) | 6.30 m | Nr. OF CARGO COMPLETE | 18 |
| DEAD WEIGHT | 7293 Tons | SEGREGATIONS | 4080 HP |
| CARGO TANKS CAPACITY | 7877 cu.m | M.E. POWER | 14 KNOTS |
| CARGO PUMPS MAKER | FRANCO | FULL LOAD SPEED | |
| Nr. OF CARGO TANKS | 16 | | |
| Nr. OF SLOP TANKS | 2 | | |

7300 DWT CHEMICAL CARRIER



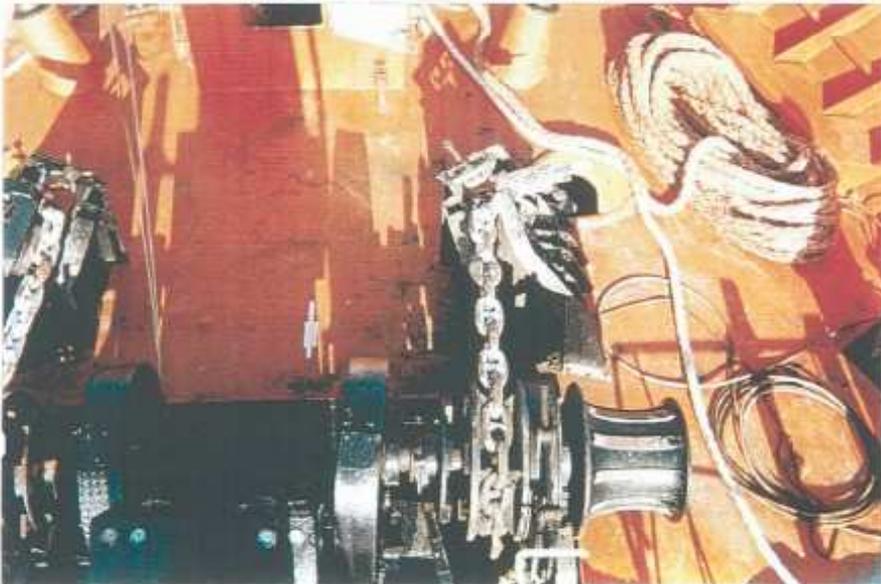
IMPIANTO DEL CARICO



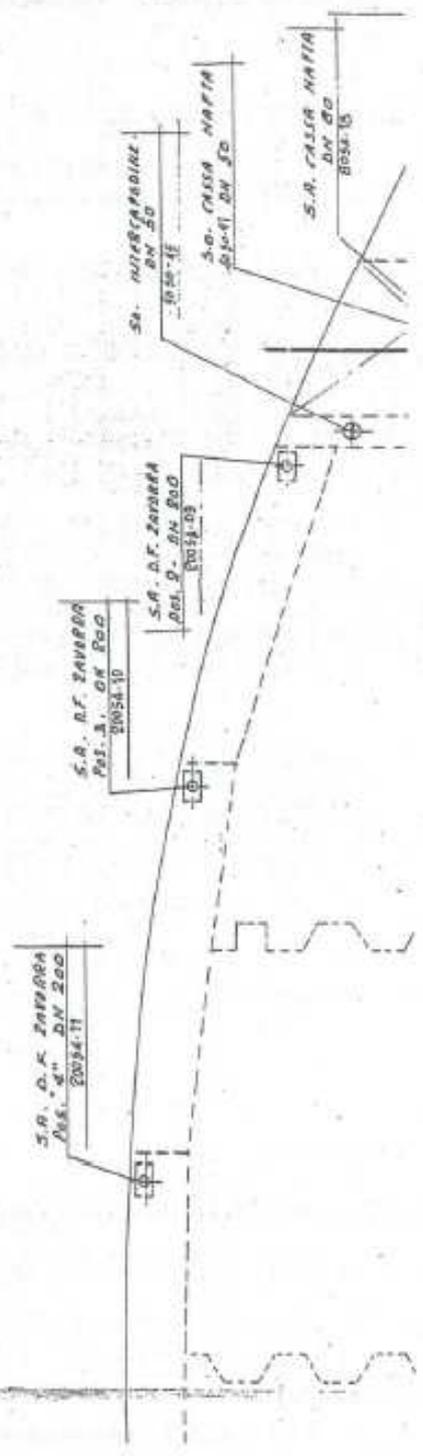
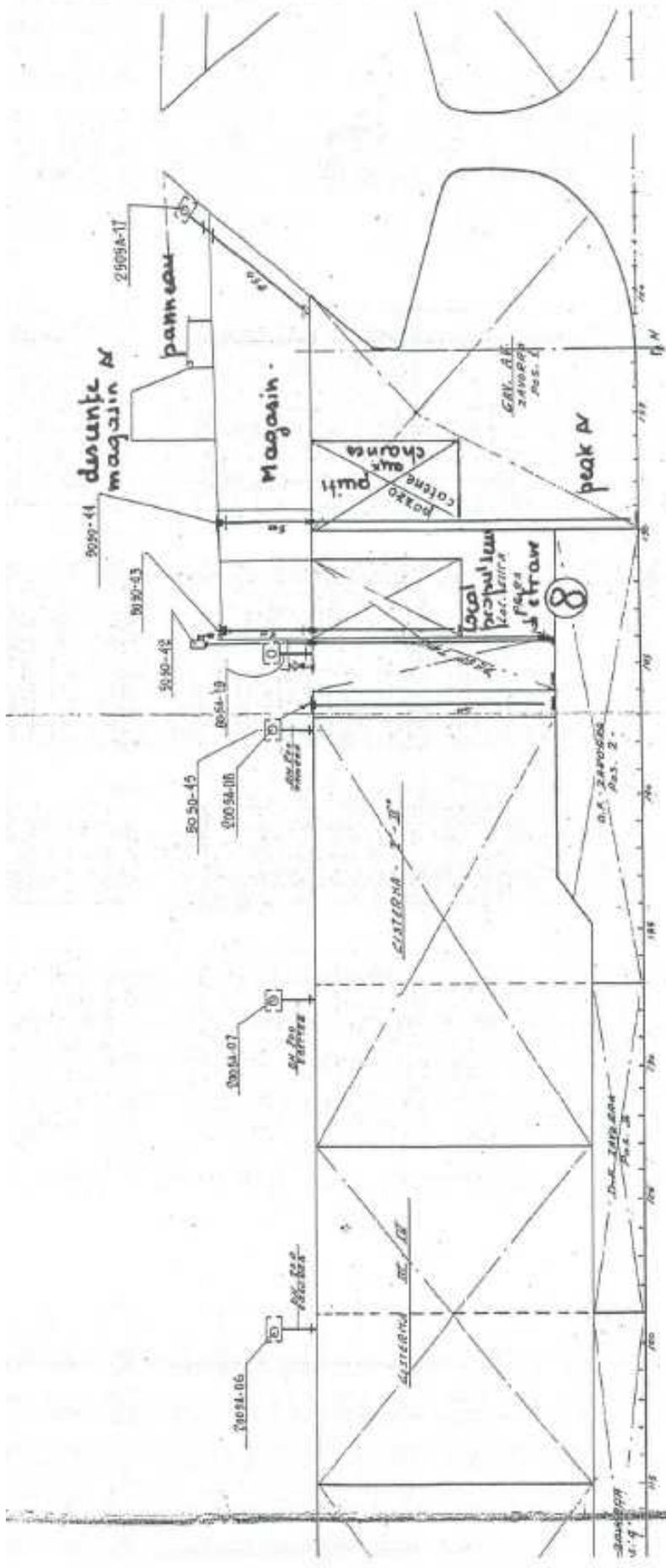




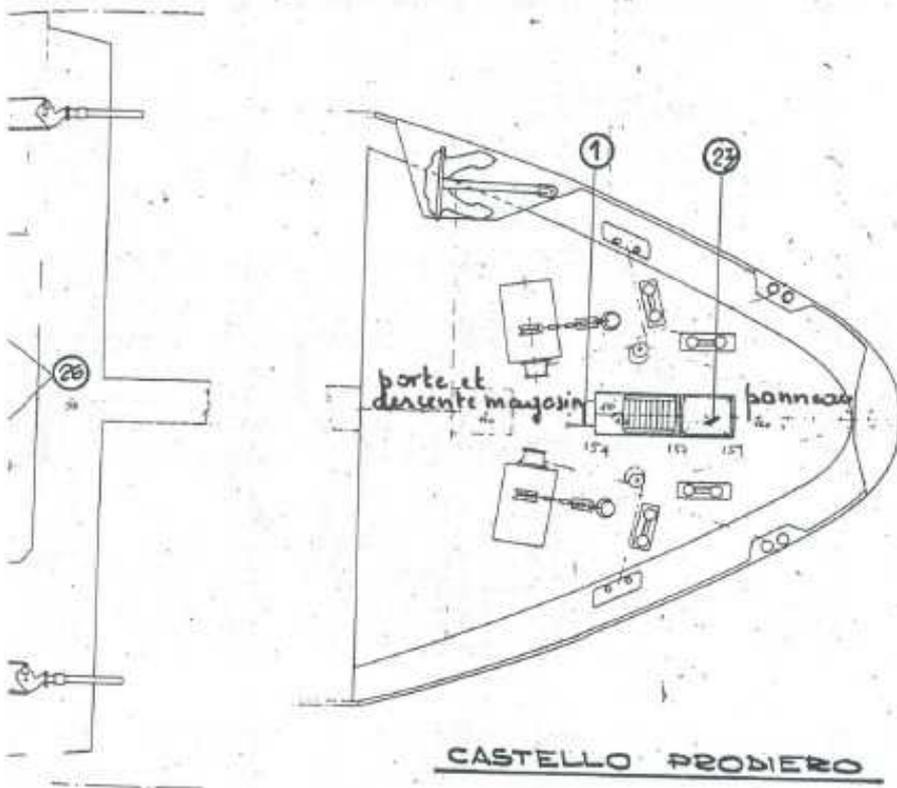
M/C
KIRA

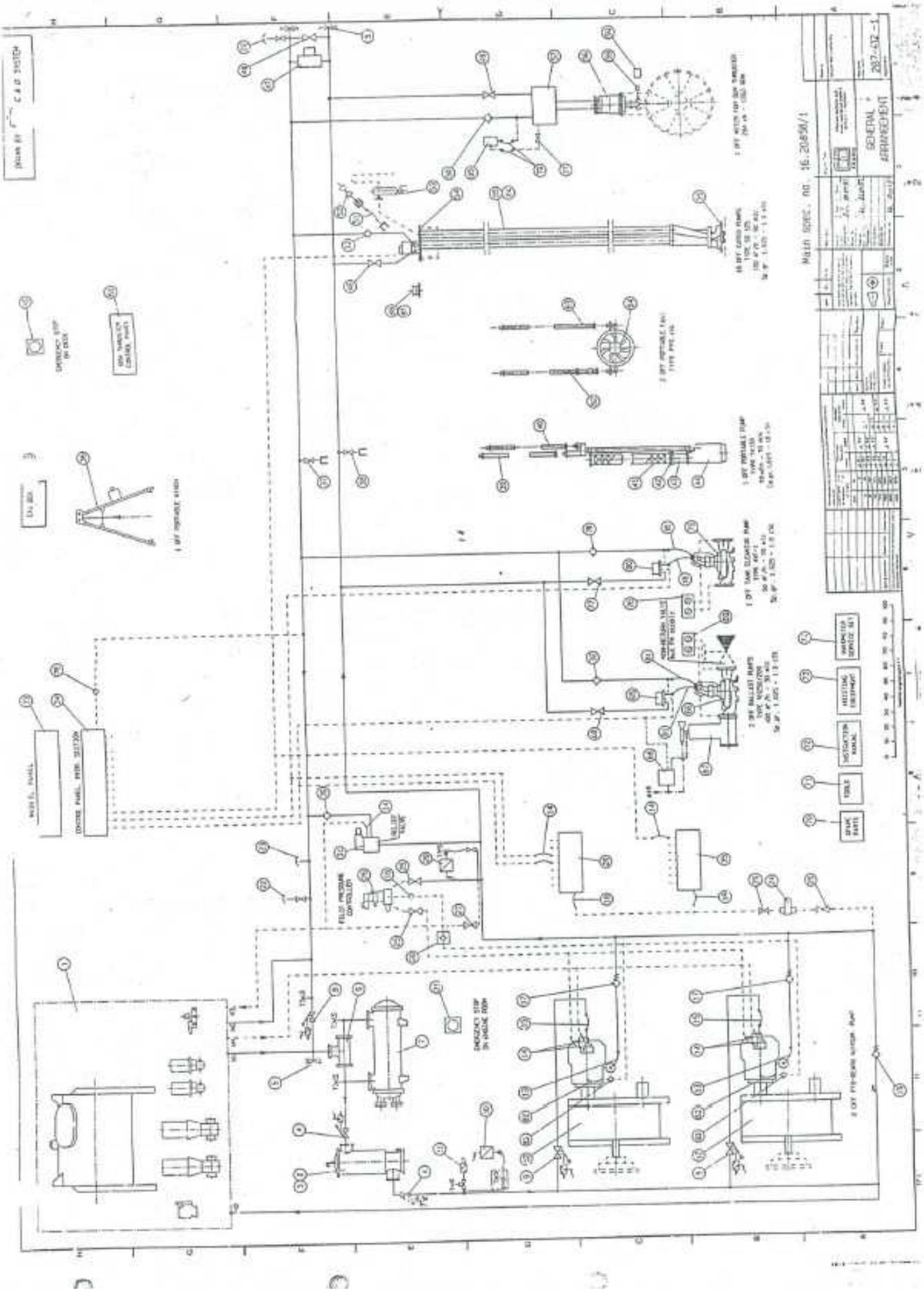


plans chantier
partie west



18: PER LICI
PIANO DE





MAIN SPEC. NO. 16. 20850/1

| | |
|---------------------|-----------|
| GENERAL ARRANGEMENT | 287-512-1 |
| DESIGNED BY | |
| CHECKED BY | |
| APPROVED BY | |
| DATE | |

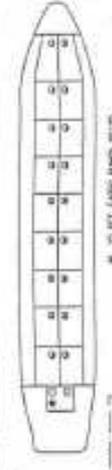
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

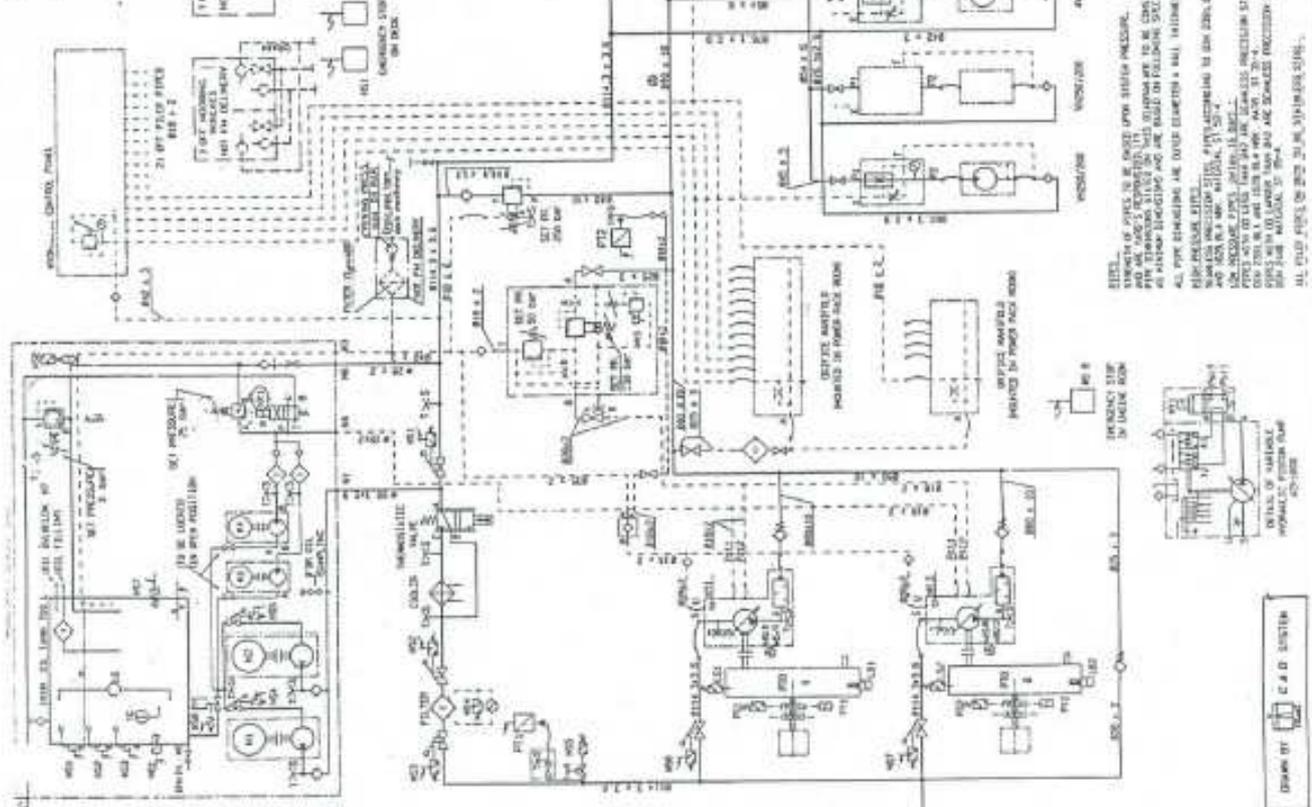
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|



- 1. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 2. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 3. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 4. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 5. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 6. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 7. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 8. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 9. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 10. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 11. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 12. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 13. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 14. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 15. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 16. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 17. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 18. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 19. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 20. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 21. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 22. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 23. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 24. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 25. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 26. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 27. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 28. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 29. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 30. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 31. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 32. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 33. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 34. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 35. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 36. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 37. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 38. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 39. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 40. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 41. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 42. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 43. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 44. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 45. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 46. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 47. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 48. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 49. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 50. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 51. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 52. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 53. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 54. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 55. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 56. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 57. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 58. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 59. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 60. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 61. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 62. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 63. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 64. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 65. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 66. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 67. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 68. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 69. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 70. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 71. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 72. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 73. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 74. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 75. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 76. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 77. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 78. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 79. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 80. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 81. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 82. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 83. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 84. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 85. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 86. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 87. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 88. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 89. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 90. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 91. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 92. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 93. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 94. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 95. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 96. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 97. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 98. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 99. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR
- 100. 20 HP. 2000 RPM. ELECTRIC MOTOR



| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 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 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|

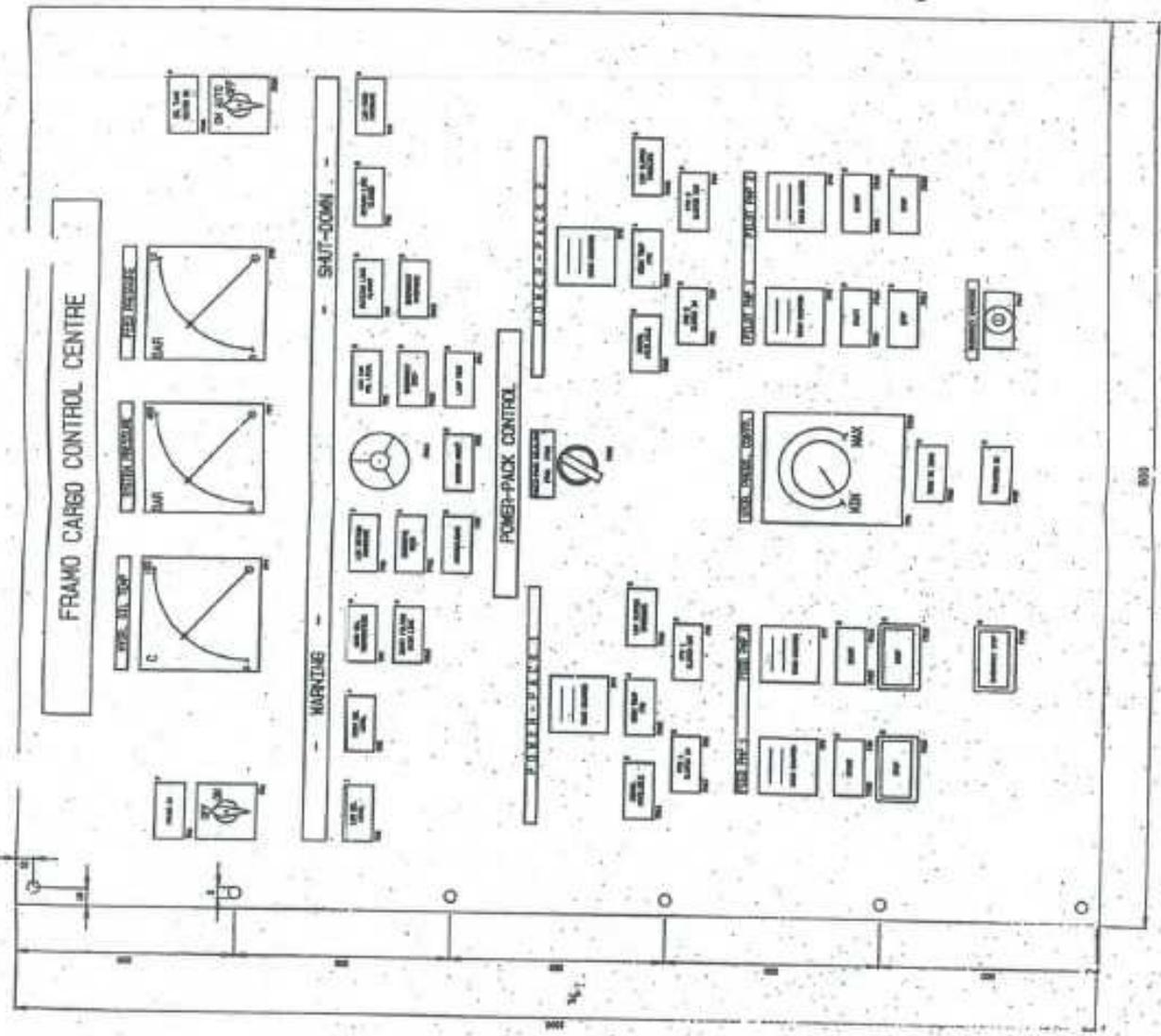
CLASSIFICATION SOCIETY, RINA

MAX. HYDRAULIC SYSTEM PRESSURE: 200 BAR
 MAX. HYDRAULIC SYSTEM FLOW: 100 LPM
 MAX. HYDRAULIC OIL TEMPERATURE: 60 °C



DRAWN BY: C.A.D. SYSTEM

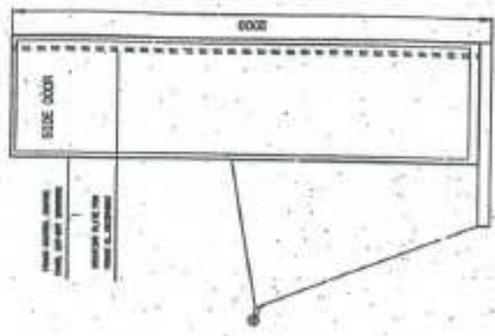
HYDRAULIC DIAGRAM 200-505-1



FRONT VIEW
 WEIBIT APP. 26 A2

ABBREVIATION CODE
 FB - SWITCH
 FL - LAMP
 PP - INSTRUMENT
 PB - POTENTIOMETER

COLOR CODE
 A - AMBER
 B - BLUE
 G - GREEN
 R - RED
 W - WHITE



NOTE
 NEED ACCESS FROM SIDE TO PANEL AND MOUNTING PLATE

SIDE VIEW

ITEM LIST : 251-000-3
 MOUNTING PLATE : 251-001-4

| ITEM NO. | DESCRIPTION | QUANTITY | UNIT | REVISION |
|----------|----------------------------|----------|------|----------|
| 1 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 2 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 3 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 4 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 5 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 6 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 7 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 8 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 9 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 10 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 11 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 12 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 13 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 14 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 15 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 16 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 17 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 18 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 19 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 20 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 21 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 22 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 23 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 24 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 25 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 26 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 27 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 28 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 29 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 30 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 31 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 32 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 33 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 34 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 35 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 36 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 37 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 38 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 39 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 40 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 41 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 42 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 43 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 44 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 45 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 46 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 47 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 48 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 49 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |
| 50 | FRAMO CARGO CONTROL CENTRE | 1 | PCB | 1 |

DRAWN BY: G.A.P. SYSTEM



Inspection sous marine de l'épave

Panneau de descente des oussières du magasin avant









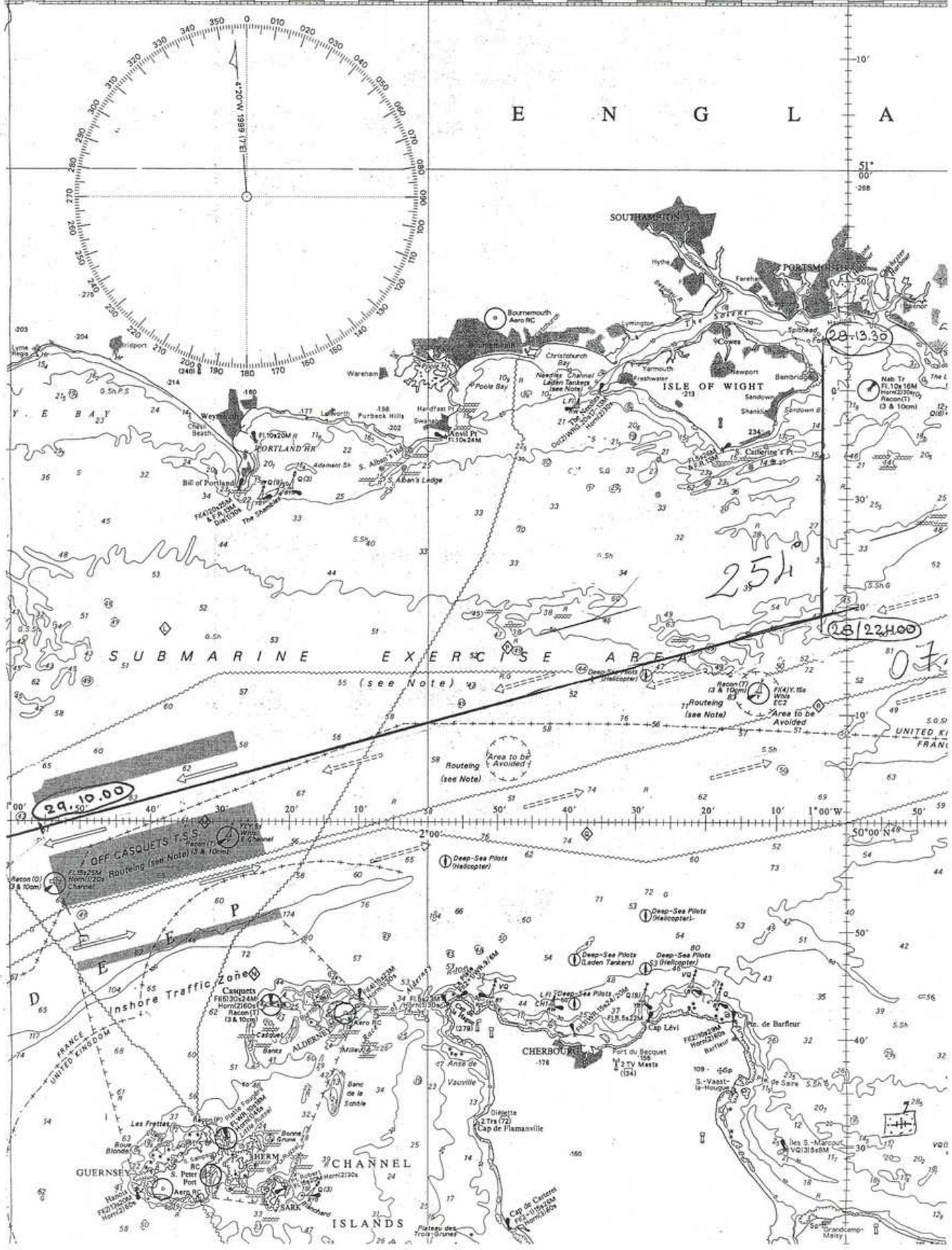
annexe C

CARTOGRAPHIE

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

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

E N G L A



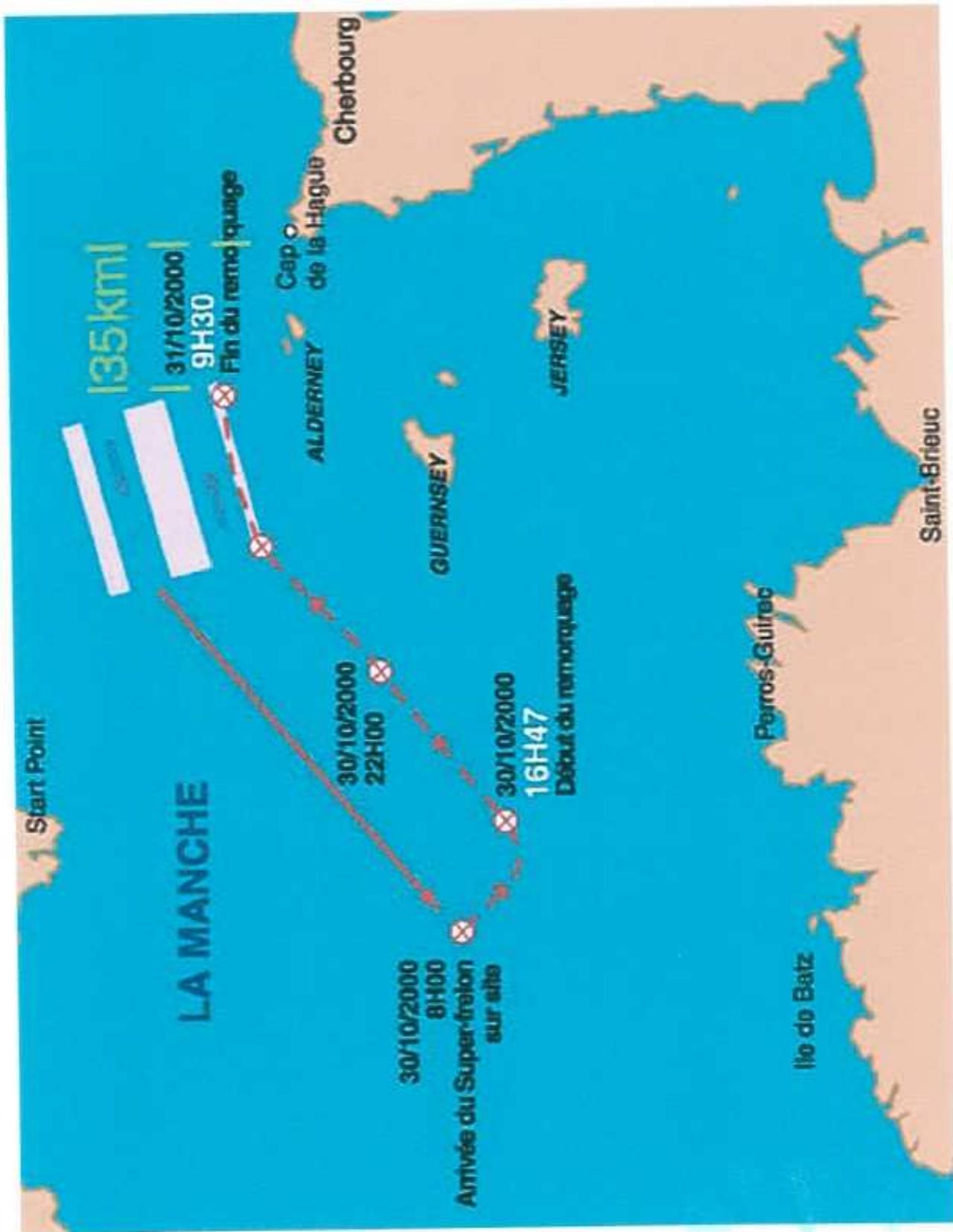
29.10.00

25H

28/13.30

28/22H00

07.



annexe D

DÉGAGEMENTS D'AIR À FERMETURE AUTOMATIQUE

NOTE TECHNIQUE

RELATIVE AUX DEGAGEMENTS D'AIR

DES CITERNES DE BALLASTAGE ET AUTRES CAPACITES DES NAVIRES

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 léger 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 latérales.

Le plus souvent remplis avec de l'eau de mer par le circuit de ballastage, ces ballasts doivent être dotés de dégagements d'air adaptés aux débits de ces circuits.

Les dégagements d'air sont constitués :

- soit par des "co/s 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 l'exploitation du navire, une hauteur moindre peut être acceptée dans la mesure où l'Administration considère que les moyens d'obturation et autres considérations le justifient. Des moyens satisfaisants et attachés en permanence devront être prévus pour assurer la fermeture des dégagements d'air".

Une interprétation de cette règle par l'IACS a précisé que les dégagements d'air des ballasts des navires transportant du bois en pontée devraient être automatiques, faute de pouvoir aller les fermer à la mer.

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

Ces dégagements d'air sont utilisés principalement sur les navires transportant des vracs liquides et à manutention rapide. Globalement, le débit du ballastage / déballastage doit être adapté à celui du déchargement / chargement.

Leur performance est d'ailleurs caractérisée par la valeur débit d'air/perte de charge.

Dans ces conditions il est techniquement compréhensible qu'il n'y ait pas d'obturation mécanique des dégagements d'air. La disposition d'une telle

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 complètement détruite par la corrosion et arrachée, son épaisseur résiduelle était inférieure à 1 mm.

Il a aussi été constaté des ruptures de boules au bout de deux ans et demi (mais sans doute dans les 6 derniers mois) par suite du décollement du joint du siège.

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.

4. RECOMMANDATIONS

- Diffusion d'une note d'information par l'IACS et les sociétés de classification sur les problèmes rencontrés avec les dégagements d'air automatiques, les précautions d'installation, les visites de contrôle, la maintenance et le remplacement des éléments susceptibles de se dégrader .

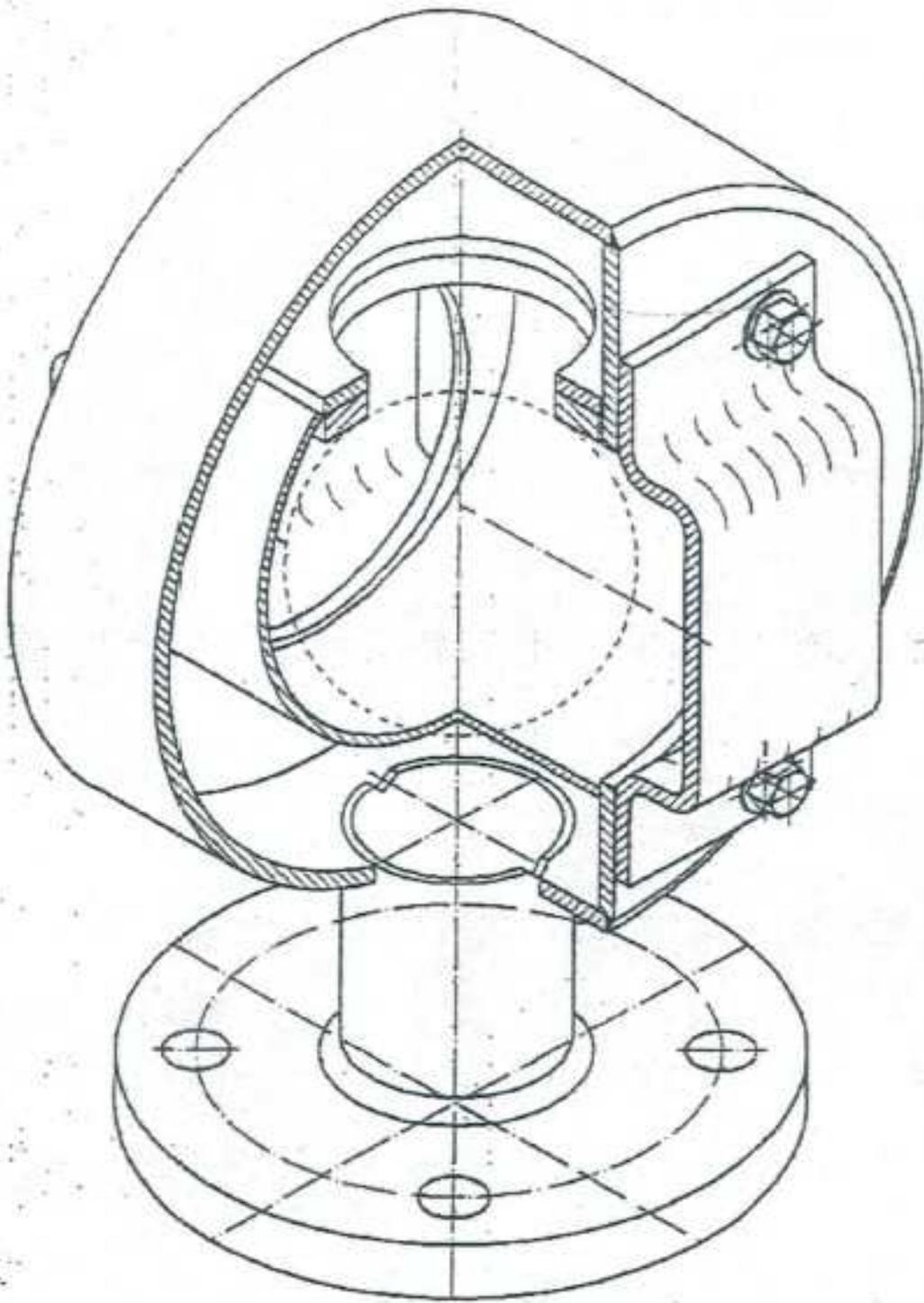
- Mention de la visite des dégagements d'air dans la spécification des travaux d'arrêt technique de l'armateur.
- Fréquence des visites .
Respecter celle préconisée par le constructeur (il est recommandé de faire une inspection tous les deux ans et de procéder au remplacement complet de l'ensemble au 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

ANNEXE

CROQUIS ET PHOTOS



Dégagement d'air automatique
Croquis de principe

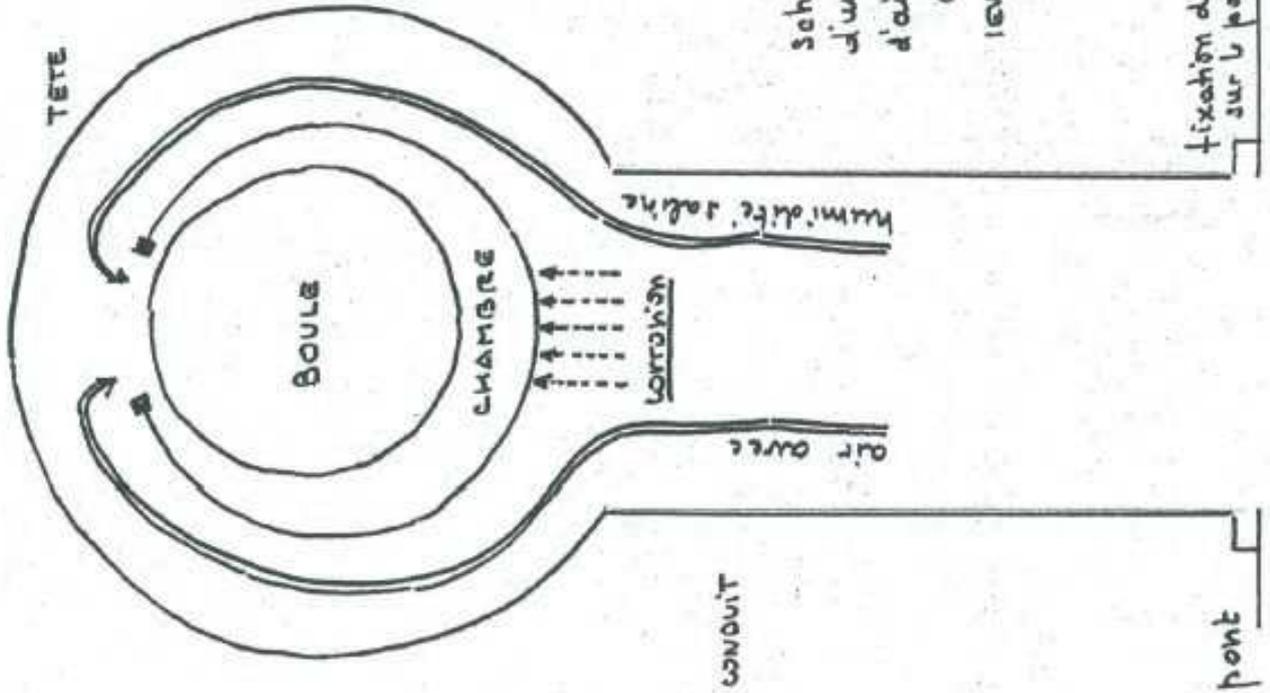
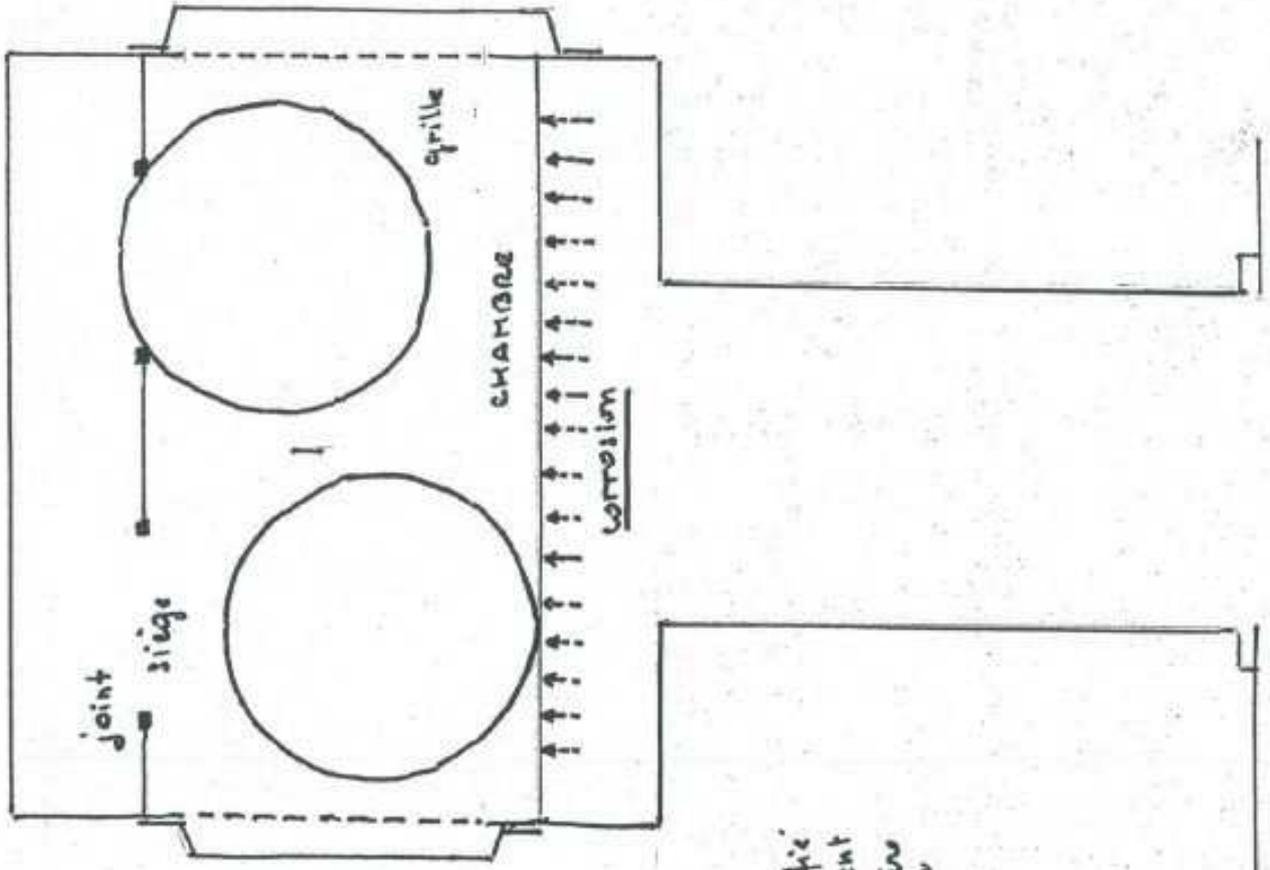
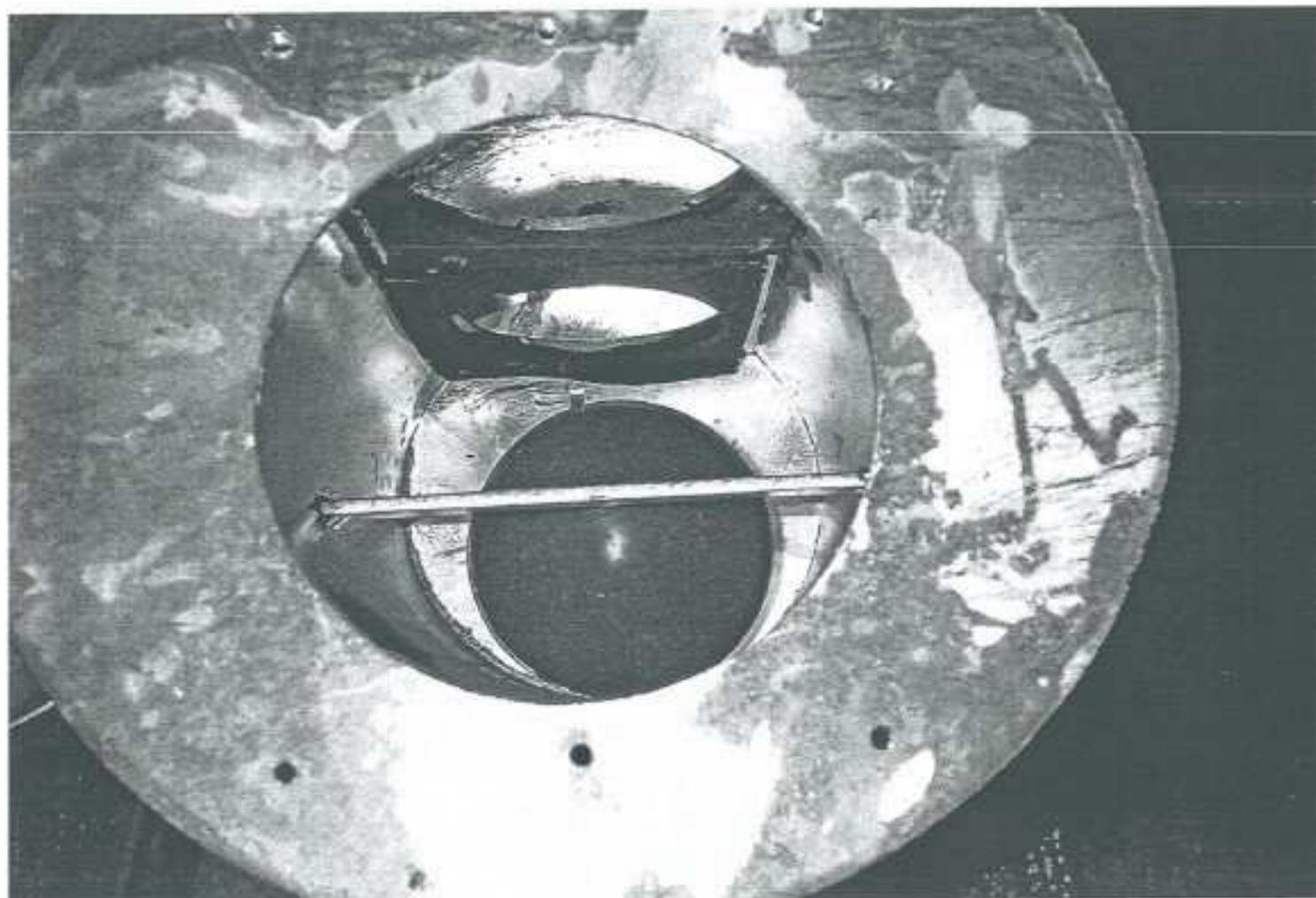
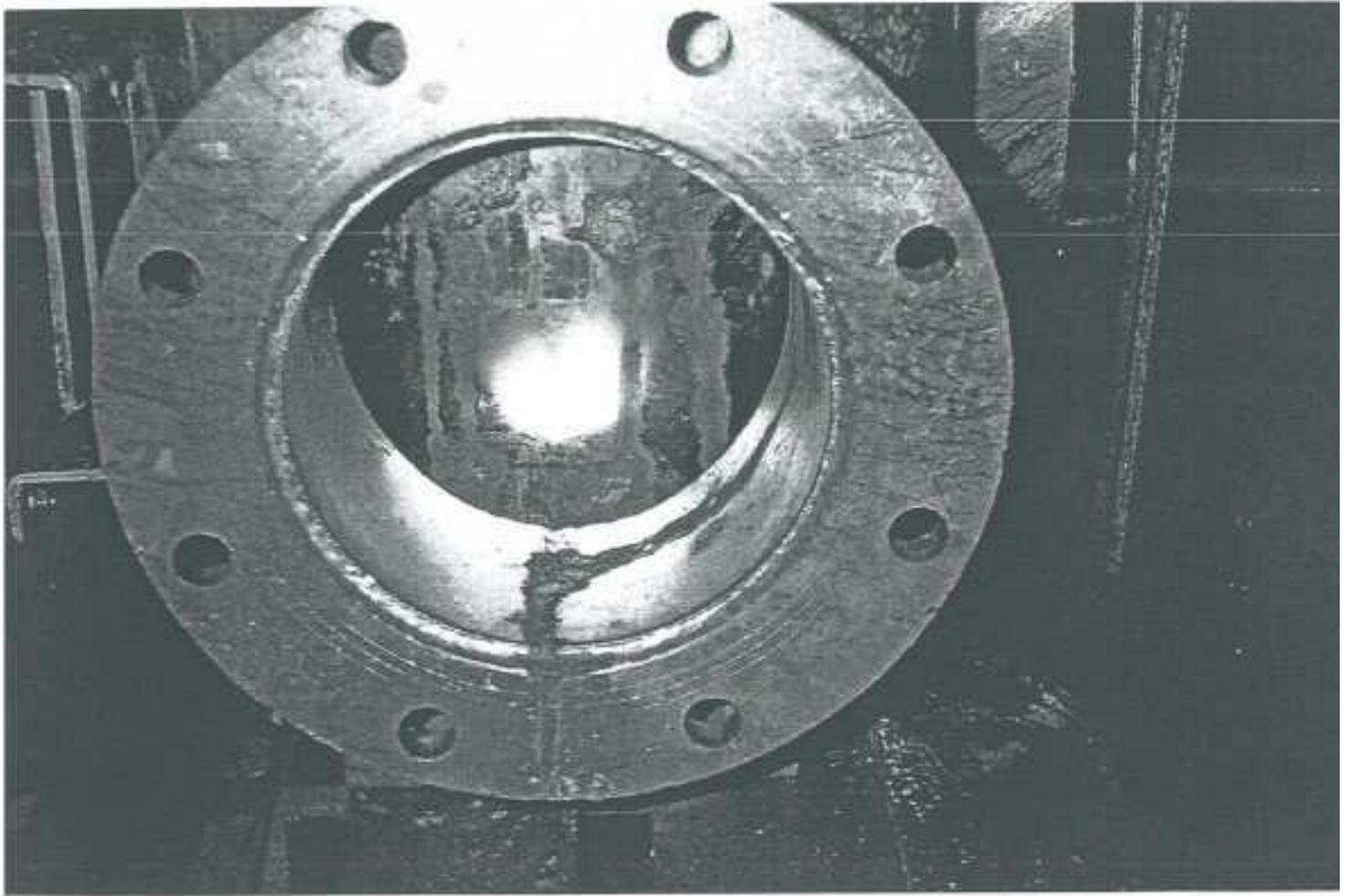


schéma simplifié
d'un dégagement
d'air à "perméable"
automatique"
REVU SUN

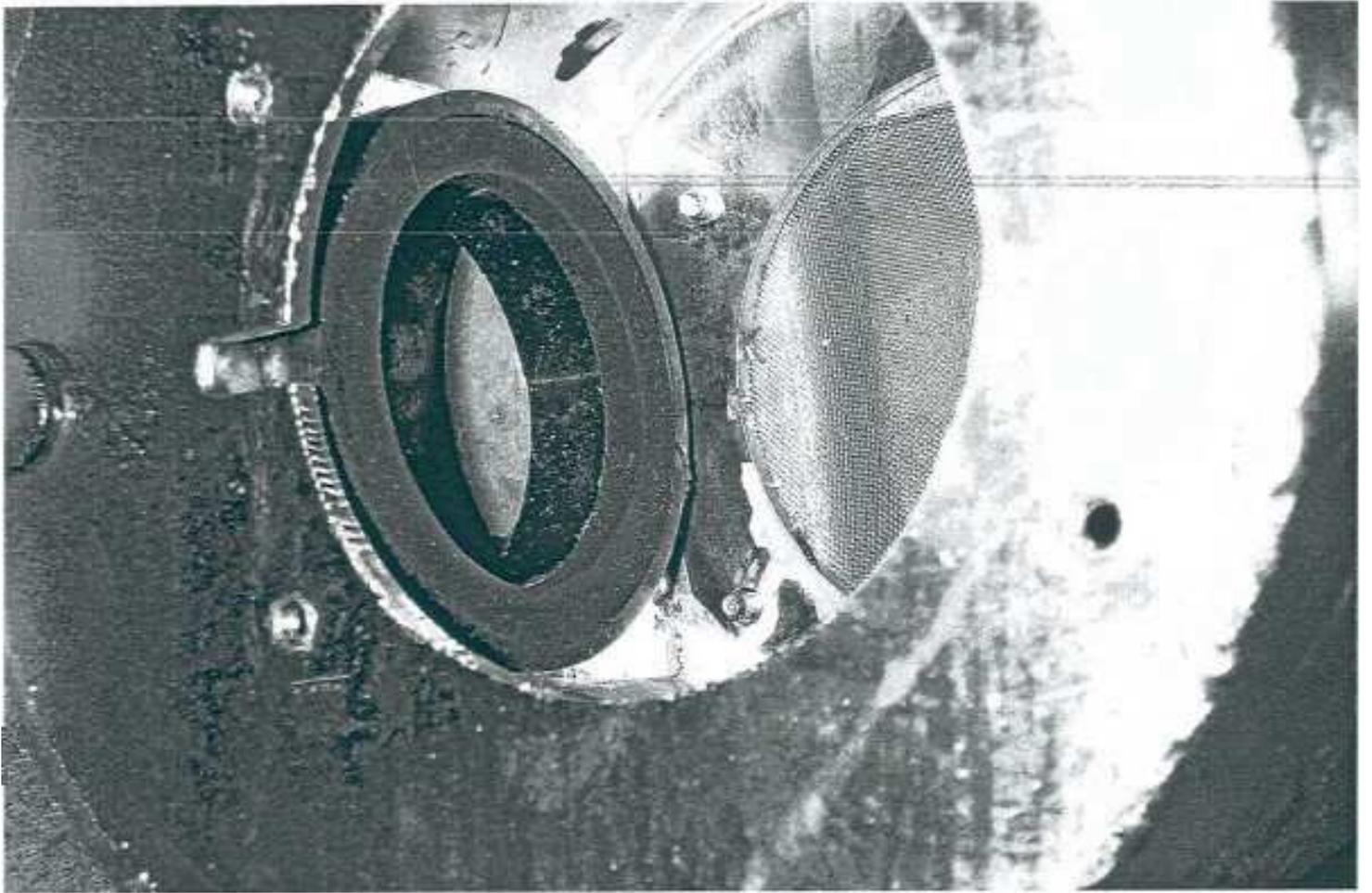
fixation de l'ensemble
sur le pont.



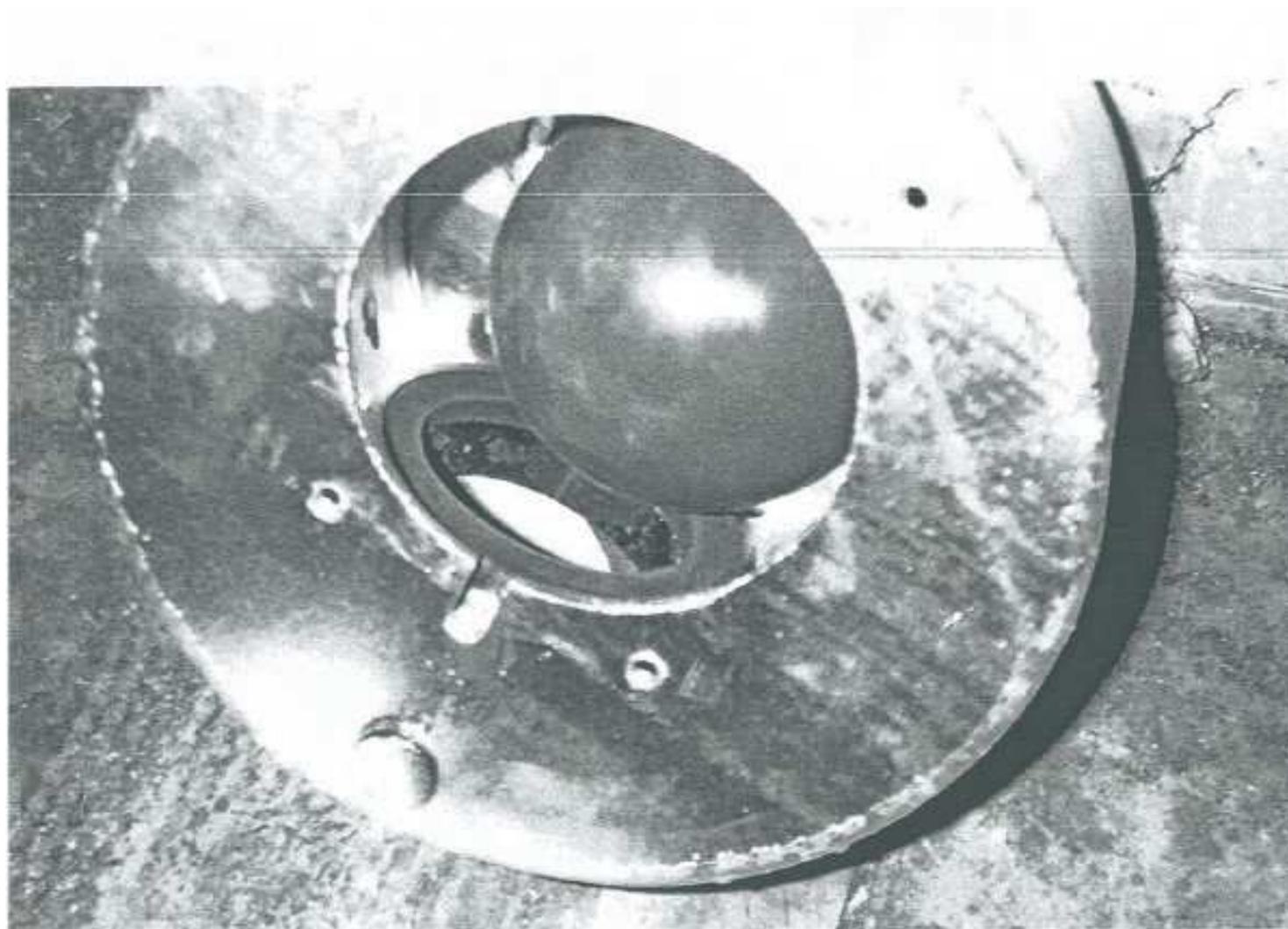
Modèle 2 boules
sièges avec joints collés



Chambre intérieure
(vue côté ballast)



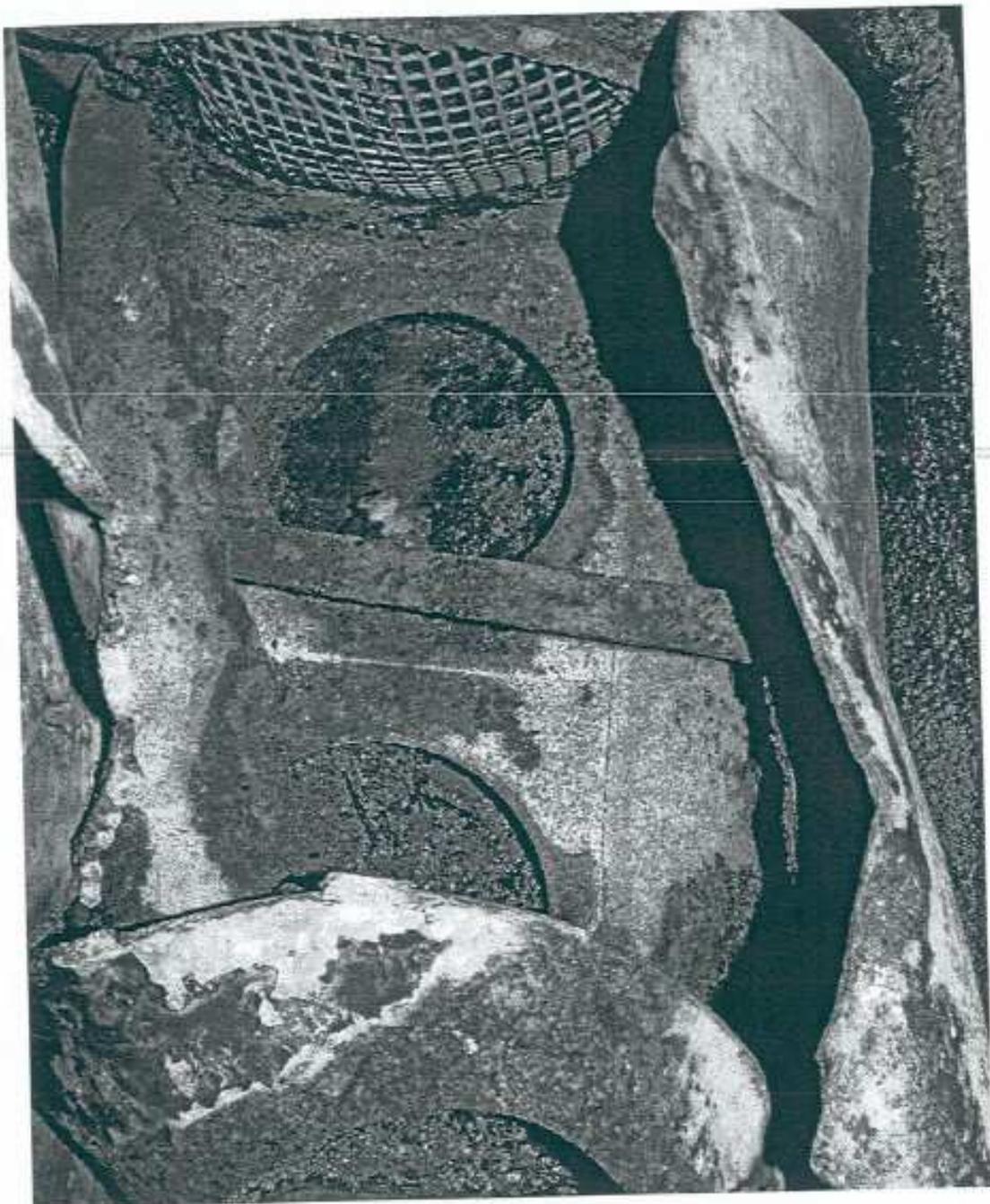
Modèle 1 boule
siège avec joint collé et encastré



Modèle avec joint collé et encastré sur le siège
(portage de la boule)



Boule cassée



Modèle à 2 bowles
Chambre intérieure détruite par corrosion

TÊTE DE DÉGAGEMENT D'AIR DU PEAK AVANT (vue à l'envers) 1.

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 23/01, vers 16H30, les conditions météorologiques s'étant améliorées – mer de sud ouest 6 – une nouvelle inspection permet de constater l'envahissement des compartiments de l'avant. L'assèchement par la pompe welder est mis en route (il ne pourra fonctionner que de jour).
- * Le commandant en accord avec l'armateur, décide de continuer sa route, cap au 170°.

- * 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



1 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

—
JUILLET 2001

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 + Puits AUX CHAINES + LOCAL PROFULSEUR + DESCENTE..... | 15 |
| | VII.2.2 CAS C = CAS B + 1.0 M D'EAU SUR LE GAILLARD D'AVANT, SOIT ENVIRON 66 M ³ | 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 ³ | 17 |
| | VII.2.4 CAS E : CAS D + ENVAHISSEMENT DU PEAK AVANT..... | 18 |
| | VII.2.5 CAS F : CAS D+ ENVAHISSEMENT DU BALLAST N°2..... | 19 |
| | VII.2.6 CAS G : CAS D + ENVAHISSEMENT DU PEAK AVANT ET DU BALLAST N° 2 20 | 20 |
| | VII.2.7 CAS H : CAS G + ENVAHISSEMENT DU BALLAST N°3 | 21 |
| | VII.2.8 CAS I : CAS H + ENVAHISSEMENT DU BALLAST N°4 | 22 |
| | VII.2.9 CAS J : CAS I + ENVAHISSEMENT DU BALLAST N°5 | 23 |
| VIII- | CALCULS DE TENUE A LA MER..... | 24 |
| IX- | IMMERSION DES DEGAGEMENTS D'AIR..... | 27 |
| | IX.1 METHODE..... | 27 |

| | | |
|--------|--|----|
| 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 HORAIRE DES DÉGAGEMENTS D'AIR (EN M ³ /H) | 31 |
| X - | CONCLUSION..... | 33 |

FIGURES

«JEVOLI 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 «JEVOLI 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 HUBLOT 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 «JEVOLI 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 léger : | 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 suivant :

- l'origine O du repère est situé au couple \emptyset , au niveau de la ligne de base,
- l'axe x est horizontal et dirigé vers l'avant,
- l'axe y est horizontal, orienté babord,
- l'axe z est vertical ascendant.

Dans ce système d'axes, l'enfoncement est compté négativement vers le bas, l'angle de gîte est positif pour une inclinaison tribord et l'angle d'assiette est positif lorsque le navire pique du nez (rotations directes dans un repère orthonormé).

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 |
| Immersion AR | 6.46 m | 6.58 m | + 1.8 |
| GMT corrigé | 1.95 m | 2.00 m | + 2.5 |
| GML corrigé | 147.25 m | 146.03 m | - 0.8 |

Les écarts observés sur ce chargement sont inférieurs à 3 %.

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 t |
| KG = 4.18 m |
| LCG = 54.01 m |
| FSM = 200 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.

Sur ce chargement, on compare également les éléments de stabilité. Les résultats Hublot sont présentés sur la figure B3.

| | 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 _{max} | 2.28 m | 2.31 m | + 1.3 |
| θ [GZ _{max}] | 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 HUBLOT. 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 |
| Total | 8773.0 | 54.97 | 5.08 | 4534.6 |

Nota : Conformément à la spécification du BEA/Mer [1], les moments de surface libre (FSM) du chargement ont été calculés pour des remplissages partiels des différents compartiments (pleine surface libre), avec les éléments suivants :

| Cave n° | Inertie de surface libre (m ⁴) | Poids volumique (t/m ³) | 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 |
| | | | Total FSM = 4334.6 t.m |

Les inerties de surface libre sont issues des plans [2] et les poids volumiques des différents produits du document [4].

La correction Δ (GMT) due aux effets des carènes liquides est donc égale à :

$$\Delta \text{ (GMT)} = \text{FSM} / P = 4534.6 / 8773.0 = 0.517 \text{ m}$$

Et la hauteur métacentrique corrigée prend pour valeur : $\text{GMT}_{\text{corrigé}} = 1.83 \text{ m}$

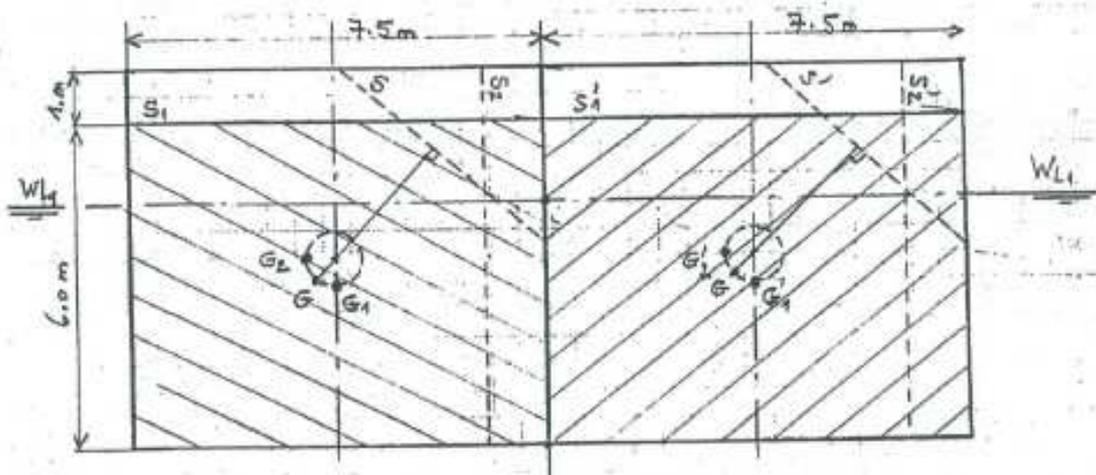
VII - STABILITE HYDROSTATIQUE

VII.1 AVANT ENVAHISSEMENT (CAS A)

On calcule dans un premier temps la courbe des bras de levier de redressement du navire hors effets de carènes liquides (masses fluides figées), puis la courbe est corrigée en introduisant aux différentes inclinaisons le moment supplémentaire dû au déplacement réel des masses fluides dans les réservoirs partiellement remplis.

Par souci de simplification, on fait l'hypothèse que ce sont les citernes de cargaison qui sont à l'origine de la totalité de l'effet des carènes liquides, que toutes ces citernes possèdent la même largeur de 7.5 m, une hauteur de l'ordre de 7.0 m et une longueur variable.

Dans ces conditions, et en s'appuyant sur le rapport [5] qui fait état d'un ullage de l'ordre de 1 m pour chacune des citernes, la configuration type de remplissage est la suivante :



Au cours de l'inclinaison θ 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 θ 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 Δ (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_0 (m) | 1.859 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.65 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 25.3 | ≥ 25 |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.174 | |
| A (0-30) | 0.227 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.098 | ≥ 0.030 |
| A (0-40) | 0.325 | ≥ 0.090 |

Tous les critères de stabilité statique sont donc vérifiés.

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 Δ (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 m³
4. Cas D : Cas C + 0.5m d'eau sur 13m de pont principal en arrière du gaillard, soit environ 90 m³
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
10. Cas J : Cas I + envahissement du ballast n°5

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 |

Élévation 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_0 (m) | 1.75 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.59 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 24.0 | < 25 |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.148 | |
| A (0-30) | 0.209 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.084 | ≥ 0.030 |
| A (0-40) | 0.293 | ≥ 0.090 |

Tous les critères de stabilité statique sont donc vérifiés, excepté l'angle de redressement maximal θ (GZ_{max}) légèrement inférieur à l'angle minimal admissible (25 deg).

VII.2.2 Cas C = Cas B + 1.0 m d'eau sur le gaillard d'avant, soit environ 66 m³.

| | 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 :

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

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

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

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

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

| | Valeur calculée | Valeur réglementaire |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| GM ₀ (m) | 1.64 | ≥ 0.15 |
| GZ _{max} (m) | 0.53 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ _{max}) (deg) | 22.8 | < 25. |
| A (GZ _{max}) (m.rad) | 0.126 | |
| A (0-30) | 0.190 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.071 | ≥ 0.030 |
| A (0-40) | 0.261 | ≥ 0.090 |

Tous les critères de stabilité statique sont donc vérifiés, excepté l'angle de redressement maximal θ (GZ_{max}) inférieur à la valeur réglementaire.

VII.2.3 Cas D : Cas C + 0.5m d'eau sur 13m de pont principal en arrière du gaillard soit environ 90 m³

| | 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 :

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

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

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

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

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

| | Valeur calculée | Valeur réglementaire |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|
| GM_0 (m) | 1.32 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.40 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 20.2 | $< 25.$ |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.082 | |
| A (0-30) | 0.144 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.036 | ≥ 0.030 |
| A (0-40) | 0.179 | ≥ 0.090 |

Tous les critères de stabilité statique sont donc vérifiés, excepté l'angle de redressement maximal θ (GZ_{max}) inférieur à la valeur réglementaire.

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 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.37 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 19.3 | < 25 , |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.073 | |
| A (0-30) | 0.134 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.029 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.163 | ≥ 0.090 |

Les critères de stabilité statique sont donc vérifiés, exceptés l'angle de redressement maximal θ (GZ_{max}) inférieur à la valeur réglementaire et la réserve de stabilité entre 30 et 40 degrés.

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 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.31 | ≥ 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 17.4 | $< 25.$ |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.056 | |
| A (0-30) | 0.114 | ≥ 0.055 |
| A (30-40) | 0.014 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.128 | ≥ 0.090 |

Deux critères sur six ne sont pas vérifiés.

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 :

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

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

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

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

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

| | Valeur calculée | Valeur réglementaire |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| GM_0 (m) | 1.25 | ≥ 0.15 |
| GZ_{\max} (m) | 0.27 | > 0.20 |
| θ (GZ_{\max}) (deg) | 16.1 | < 25 |
| A (GZ_{\max}) (m.rad) | 0.046 | |
| A (0-30) | 0.100 | > 0.055 |
| A (30-40) | 0.005 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.105 | > 0.090 |

Deux critères sur six ne sont pas vérifiés.

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 :

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

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

Élévation du centre de gravité par effet de carène liquide :

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

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

| | Valeur calculée | Valeur réglementaire |
|---|-----------------|----------------------|
| GM_0 (m) | 1.05 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.15 | < 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 12.2 | < 25 |
| A (GZ_{max}) (m.rad) | 0.020 | |
| A (0-30) | 0.040 | < 0.055 |
| A (30-40) | -0.037 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.003 | < 0.090 |

Aucun critère n'est vérifié hormis le GM_0 . Les réserves de stabilité sont insuffisantes.

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 :

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

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

Élévation 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 | ≥ 0.15 |
| GZ_{max} (m) | 0.04 | < 0.20 |
| θ (GZ_{max}) (deg) | 7.2 | < 25 |
| Λ (GZ_{max}) (m.rad) | 0.003 | |
| A (0-30) | -0.034 | < 0.055 |
| A (30-40) | -0.084 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.117 | < 0.090 |

Aucun critère n'est vérifié hormis le GM_0 . Le navire est instable dynamiquement.

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 :

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

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 |
| θ (GZ_{\max}) (deg) | 0.00 | < 25. |
| A (GZ_{\max}) (m.rad) | 0.00 | |
| A (0-30) | 0.00 | < 0.055 |
| A (30-40) | 0.00 | < 0.030 |
| A (0-40) | 0.00 | < 0.090 |

Aucun critère n'est vérifié. Le navire est instable statiquement.

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° à la vitesse $V = 5.3$ nds,
- Houle de direction Ouest/Sud-Ouest (250°) 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.

Les calculs sont réalisés pour six situations correspondant aux cas d'envahissement suivants :

- Départ FAWLEY (Cas A)
- Cas D (Cas A+ envahissement de l'avant + eau sur le gaillard et le pont)
- Cas F (Cas D+ envahissement du ballast 2)
- Cas H (Cas F+ envahissement du peak avant et du ballast 3)
- Cas I (Cas H+ envahissement du ballast 4)
- Cas J (Cas I+ envahissement du ballast 5)

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 chargement | Période Pilonnement (s) | | Période Roulis (s) | | Période Tangage (s) | |
|-------------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|
| | Rencontre | Houle | Rencontre | Houle | Rencontre | Houle |
| | Cas A | 6.5 | 7.8 | 9.0 | 10.5 | 6.0 |
| Cas D | 6.6 | 7.9 | 9.9 | 11.5 | 6.2 | 7.4 |
| Cas F | 6.7 | 8.0 | 9.2 | 10.7 | 6.3 | 7.5 |
| Cas H | 6.8 | 8.2 | 9.2 | 10.7 | 6.4 | 7.6 |
| Cas I | 7.0 | 8.4 | 9.1 | 10.6 | 6.6 | 7.9 |
| Cas J | 7.2 | 8.6 | 9.1 | 10.6 | 7.2 | 8.6 |

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 D). 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 |
| Ballast 3 Td | -16.9 | 91.6 | -7.3 | 9.0 |
| Ballast 3 Bd | -16.9 | 91.6 | +7.3 | 9.0 |
| Ballast 4 Td | -25.3 | 83.2 | -8.3 | 9.0 |
| Ballast 4 Bd | -25.3 | 83.2 | +8.3 | 9.0 |
| Ballast 5 Td | -36.5 | 72.0 | -8.4 | 9.0 |
| Ballast 5 Bd | -36.5 | 72.0 | +8.4 | 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 dans l'hypothèse d'un navire au repos sur eau calme.

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,
2. Calcul de la fonction de transfert du mouvement vertical de chaque dégagement d'air, pour les différents cas de chargement,
3. Calcul de la fonction de transfert de la variation de hauteur relative par rapport à la houle incidente pour chaque dégagement en prenant en compte leur propre mouvement vertical et l'élévation correspondante de surface libre,
4. Calcul du spectre de réponse de cette variation pour l'état de mer considéré ($H_s = 7$ m ; $T_p = 9$ s)

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 |
| Peak AV | 3.83 | 15.96 | 4.05 | 16.86 | 4.14 | 17.19 | 4.29 | 17.81 | 3.11 | 12.99 | 2.63 | 11.01 |
| 2 T | 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 | 2.95 | 12.34 | 3.23 | 13.47 | 3.31 | 13.82 | 3.45 | 14.39 | 2.40 | 10.05 | 2.13 | 8.96 |
| 3 T | 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 | 2.30 | 8.66 | 2.72 | 11.39 | 2.81 | 11.75 | 2.95 | 12.32 | 2.08 | 8.76 | 1.94 | 8.15 |
| 4 T | 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 | 1.72 | 7.27 | 2.14 | 8.98 | 2.23 | 9.37 | 2.37 | 9.94 | 1.74 | 7.37 | 1.81 | 7.65 |
| 5 T | 1.36 | 5.80 | 1.65 | 6.97 | 1.77 | 7.47 | 1.89 | 7.97 | 1.47 | 6.26 | 1.77 | 7.47 |
| B | 1.24 | 5.28 | 1.53 | 6.48 | 1.61 | 6.83 | 1.74 | 7.36 | 1.40 | 5.94 | 1.79 | 7.58 |

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'invasion.

| 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) |
|---------------------------------|----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Peak AV | | 1.83 | 2.24 | 2.54 | 2.68 | 1.95 | 1.63 |
| Ballast 2 | Td | 1.85 | 1.90 | 2.13 | 2.35 | 1.83 | 1.83 |
| Ballast 2 | Bd | 1.74 | 1.88 | 2.05 | 2.38 | 1.76 | 1.83 |
| Ballast 3 | Td | 1.38 | 1.66 | 1.76 | 2.00 | 1.47 | 1.59 |
| Ballast 3 | Bd | 1.37 | 1.59 | 1.67 | 1.94 | 1.43 | 1.60 |
| Ballast 4 | Td | 0.99 | 1.32 | 1.37 | 1.61 | 1.11 | 1.44 |
| Ballast 4 | Bd | 0.77 | 1.32 | 1.30 | 1.49 | 1.07 | 1.45 |
| Ballast 5 | Td | 0.37 | 0.88 | 0.99 | 1.06 | 0.88 | 1.27 |
| Ballast 5 | Bd | 0.11 | 0.66 | 0.87 | 1.06 | 0.75 | 1.25 |

IX.4.4 Débits moyens horaires des dégagements d'air (en m³/h)

Correspondent aux débits d'eau moyens entrant par chaque dégagement supposé non-obstrué, et exprimés sur la durée totale Δt de navigation pour chaque configuration étudiée :

$$Q_{\text{moy}} = \frac{\int_0^{\Delta t} q(t).dt}{\Delta t} \quad \text{avec} \quad q(t) = S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h(t)} : \text{débit instantané}$$

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 m³/h) sont les suivants :

| Désignation du dégagement d'air | | Départ (m ³ /h) | Cas D (m ³ /h) | Cas F (m ³ /h) | Cas H (m ³ /h) | Cas I (m ³ /h) | Cas J (m ³ /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 |
| Ballast 4 | Td | 21.4 | 48.1 | 84.5 | 163.4 | 140.8 | 216.4 |
| Ballast 4 | Bd | 13.7 | 41.0 | 72.5 | 132.0 | 128.6 | 217.8 |
| Ballast 5 | Td | 3.0 | 18.2 | 35.4 | 67.7 | 62.5 | 154.6 |
| Ballast 5 | Bd | 0.5 | 13.0 | 27.9 | 56.9 | 54.5 | 155.3 |

Nota : les calculs sont effectués avec les diamètres de dégagement suivants :

- Peak AV : DN250
- Autre ballasts : DN200

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 transversale à partir du moment où le peak avant et le ballast n°2 sont remplis (cas G).

Des calculs de tenue à la mer ont également été réalisés dans les conditions relevées le 29/10/2000 lorsque le navire faisait route au 232 pour aller chercher la voie descendante du DST d'Ouessant. Ces calculs ont été réalisés pour chaque phase d'envahissement progressif. Ils montrent une augmentation des mouvements de pilonnement, roulis et tangage au fur et à mesure de l'envahissement au moins jusqu'à l'envahissement du ballast n° 4. Dans chacun des scénarios étudiés, les amplitudes des mouvements sont importantes, surtout en pilonnement-tangage, ce qui entraîne (étant données les différentes assiettes statiques du navire) des immersions répétées de l'étrave et du pont avant.

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'invasion. 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'invasion (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 m³/h.

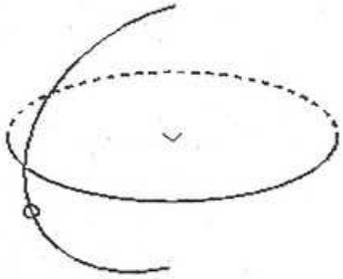
Sachant que le ballast n° 2 a un volume de l'ordre de 330 m³, il faut dans ces conditions de navigation une durée de l'ordre de 3 h pour que le ballast se remplisse complètement par l'un de ses dégagements d'air en cas de détérioration du système d'étanchéité.

FIGURES

ievoli.may

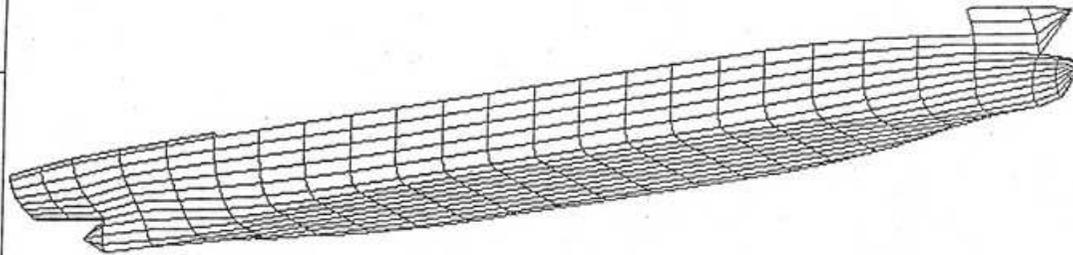
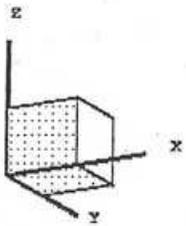
Extension X :
[-2.5000 , 113.3000]
Extension Y :
[-8.7600 , 8.7600]
Extension Z :
[-0.0740 , 10.6500]

1 body
744 points
560 panels
Symmetry defined



Elevation : -18
Rotation : -62

General orientation:



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 gîte :

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 :

aire de la surface de flottaison : SFL 1687.630 m2

Centre de flottaison :

XRCF : 51.033 XACF : 51.006 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.366 ZACF : 6.578 m

Rayons métacentriques :

CMT : 4.011 CML : 148.044 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :

GMT : 2.582 GML : 146.615 m

Bras de levier de redressement :

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 gîte :

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 :

XRCC : 54.010 XACG : 53.918 m
 YRCC : 0.000 YACG : 0.000 m
 ZRCC : 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 :

aire de la surface de flottaison : SFL 1620.260 m2
 Centre de flottaison :
 XRCC : 53.732 XACF : 53.639 m
 YRCC : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCC : 4.217 ZACF : 5.270 m

Rayons métacentriques :

CMT : 5.978 CML : 214.783 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :

GMT : 4.037 GML : 212.842 m

Bras de levier de redressement :

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 :
 XRCC : 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

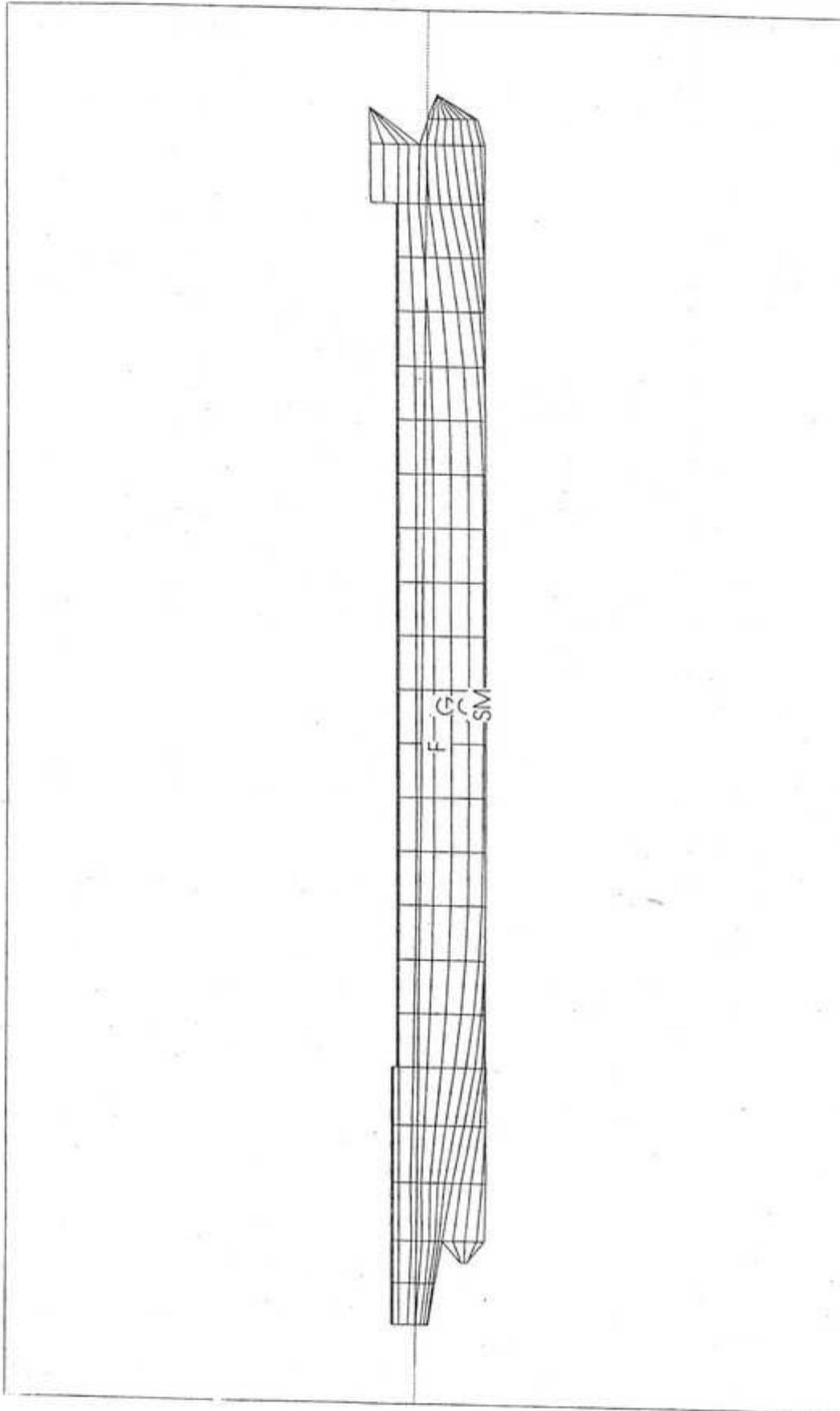
Surface de flottaison :
 aire de la surface de flottaison : SFL 1683.850 m2
 Centre de flottaison :
 XRCCF : 51.412 XACF : 51.349 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 5.879 ZACF : 6.407 m

Rayons métacentriques :
 CMT : 4.351 CML : 161.797 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.347 GML : 159.793 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : 1.902e-018 GZL : -2.741e-005 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 theta = 0.00 degré

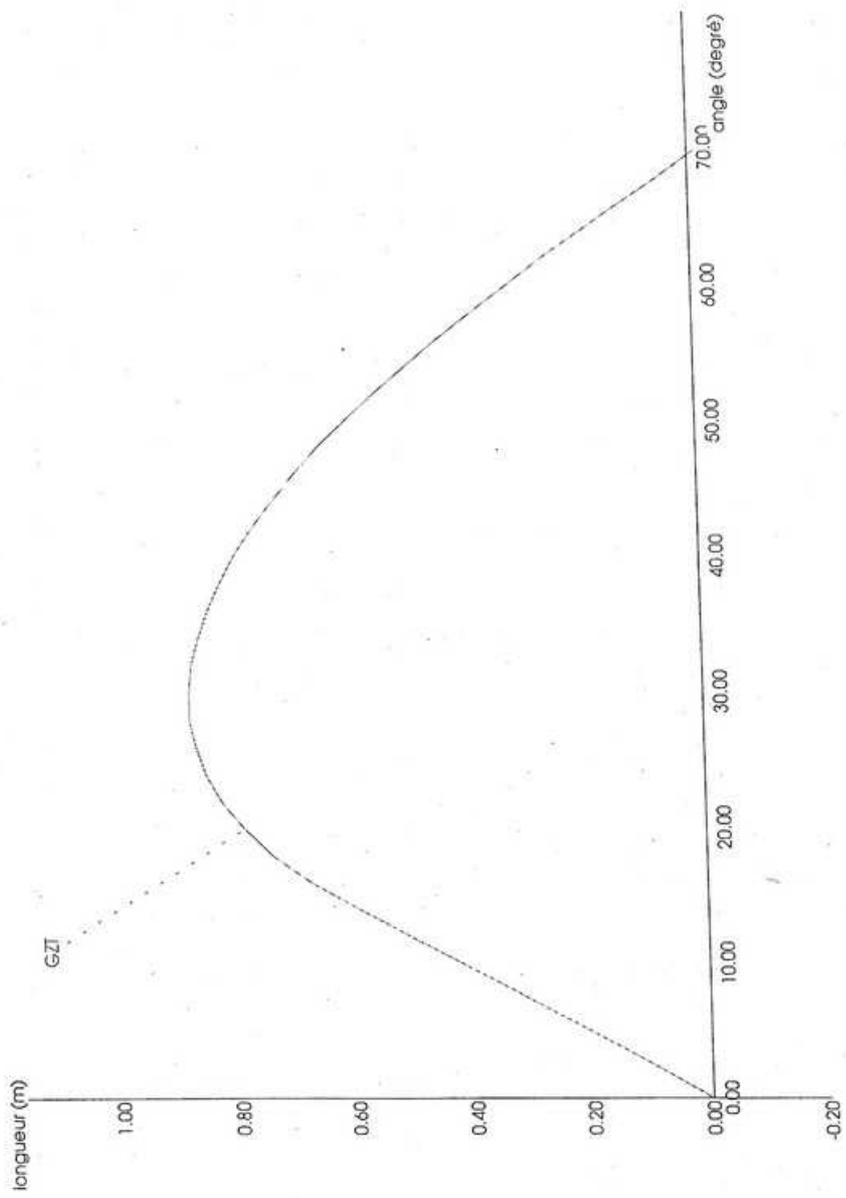
 ENF = -6.40 m
 TAR = 6.40 m
 TMI = 5.85 m
 TAV = 5.30 m
 PHID = 0.00 degré
 PSID = -0.58 degré
 ASS = 1.01e-002 adim

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "IEVOLI_SUN"

vendredi 6 avril 2001 (12:43:53)



phieq(0) = 0.00 degré
 gmeq(0) = 2.35 m
 phieq(1) = 69.45 degré
 gmeq(1) = -1.98 m

 phieq(0) = 29.27 degré
 gzeq(0) = 0.88 m

Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 6 avril 2001 (12:47:25)

Index du cas de chargement choisi : 2

Titre du cas de chargement choisi : depart_FAWLEY

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 gîte pour GZ maximum : 25.295 degré

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

m.rd

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

: 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 gîte

0.325 m.rd

GZ à 40 degrés : 0.479 m

és de gîte : 0.098 m.rd aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

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 HUBLLOT - 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 gîte :
 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

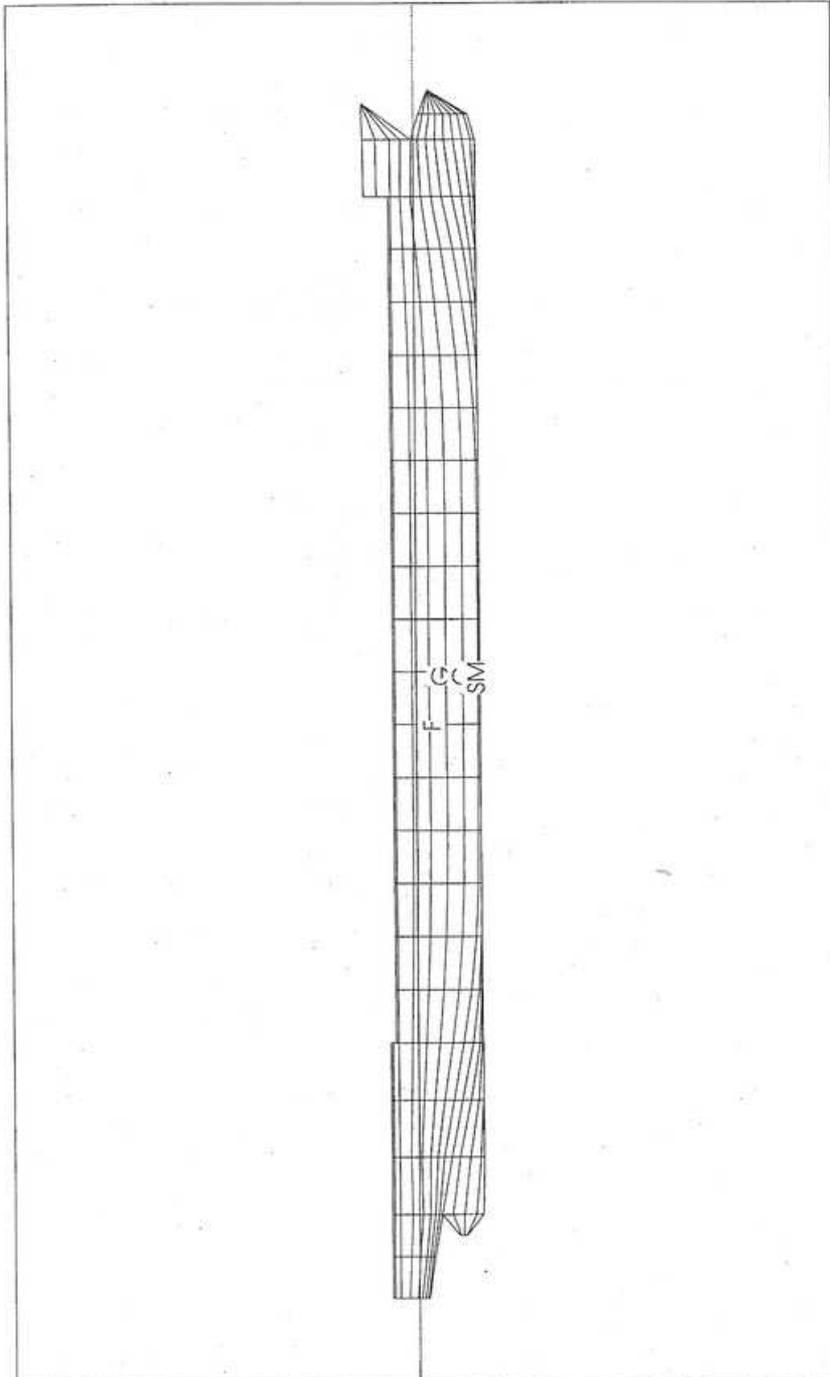
Surface de flottaison :
 aire de la surface de flottaison : SFL 1672.100 m2
 Centre de flottaison :
 XRCF : 51.521 XACF : 51.498 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 5.957 ZACF : 6.158 m

Rayons métacentriques :
 CMT : 4.251 CML : 156.081 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.283 GML : 154.113 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : 5.960e-018 GZL : -2.991e-005 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



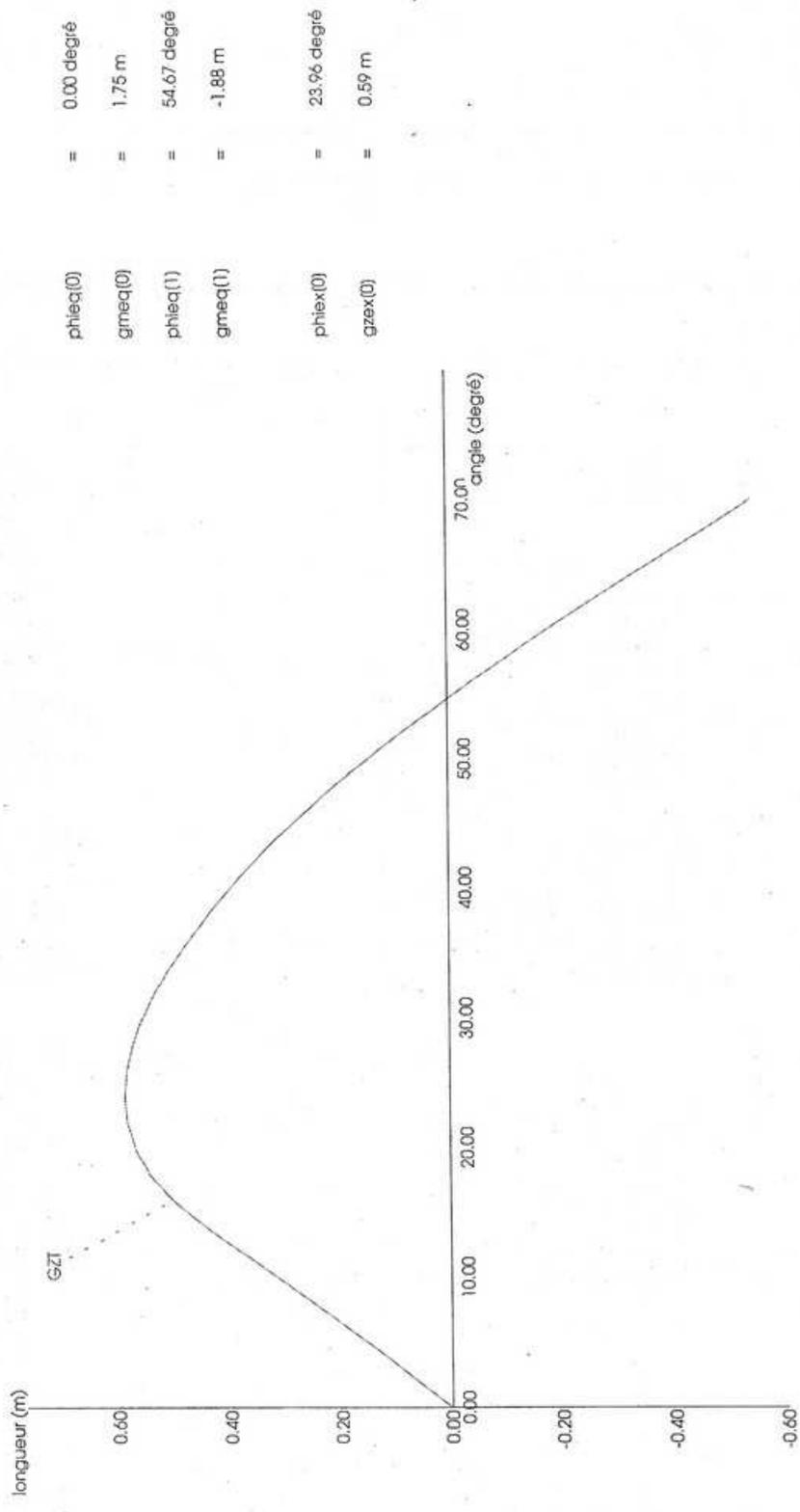
| | | |
|-------|---|----------------|
| phi | = | 0.00 degré |
| psi | = | 0.00 degré |
| théta | = | 0.00 degré |
| ENF | = | -6.16 m |
| TAR | = | 6.16 m |
| TMI | = | 5.95 m |
| TAV | = | 5.74 m |
| PHID | = | 0.00 degré |
| PSID | = | -0.22 degré |
| ASS | = | 3.89e-003 adim |

Nom du fichier de maillage : levall.edi

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

Navire : "IEVOLL_SUN" **CAS B**

vendredi 29 juin 2001 (12:2:36)



- = 0.00 degré
- = 1.75 m
- = 54.67 degré
- = -1.88 m
- = 23. % degré
- = 0.59 m

phicq(0)
gmeq(0)
phicq(1)
gmeq(1)
phicx(0)
gzex(0)

Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:22:52)

Indice du cas de chargement choisi : 1

Titre du cas de chargement choisi : CAS_B

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 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 : 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 gîte : | | |
| 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 |

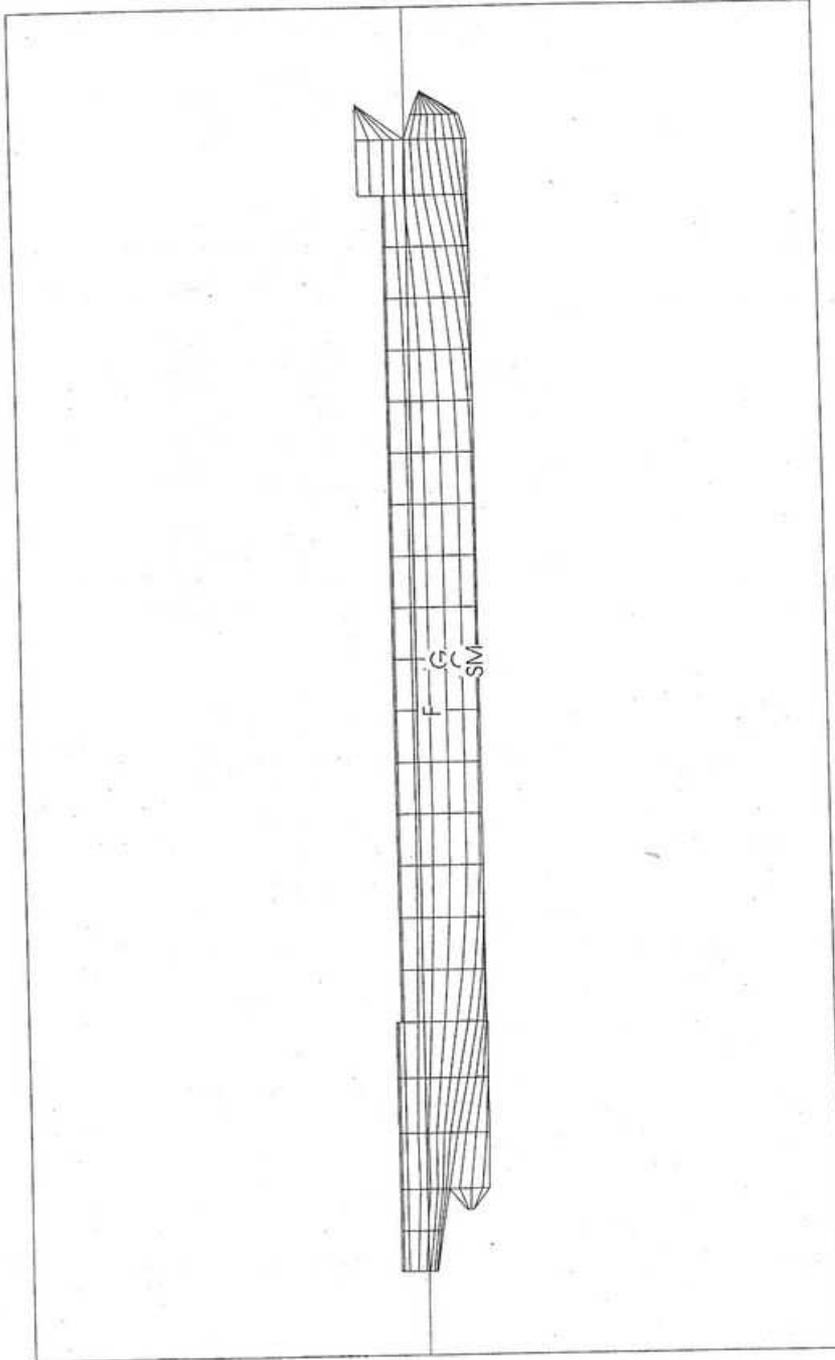
| | | |
|--|---------------|----|
| Surface de flottaison : | | |
| aire de la surface de flottaison : SFL | 1667.330 | m2 |
| Centre de flottaison : | | |
| XRCF : 51.576 | XACF : 51.568 | m |
| YRCF : 0.000 | YACF : 0.000 | m |
| ZRCF : 5.996 | ZACF : 6.063 | m |

| | | |
|-----------------------------|---------------|---|
| Rayons métacentriques : | | |
| CMT : 4.207 | CML : 153.660 | m |
| produit métacentrique : RXY | 0.000 | m |

| | | |
|------------------------|---------------|---|
| Modules de stabilité : | | |
| GMT : 2.219 | GML : 151.671 | m |

| | | |
|----------------------------------|-------------------|---|
| Bras de levier de redressement : | | |
| GZT : 2.570e-018 | GZL : -2.790e-005 | m |

| | | |
|---|--|--|
| Bras de levier pantocarène : | | |
| bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT | | |



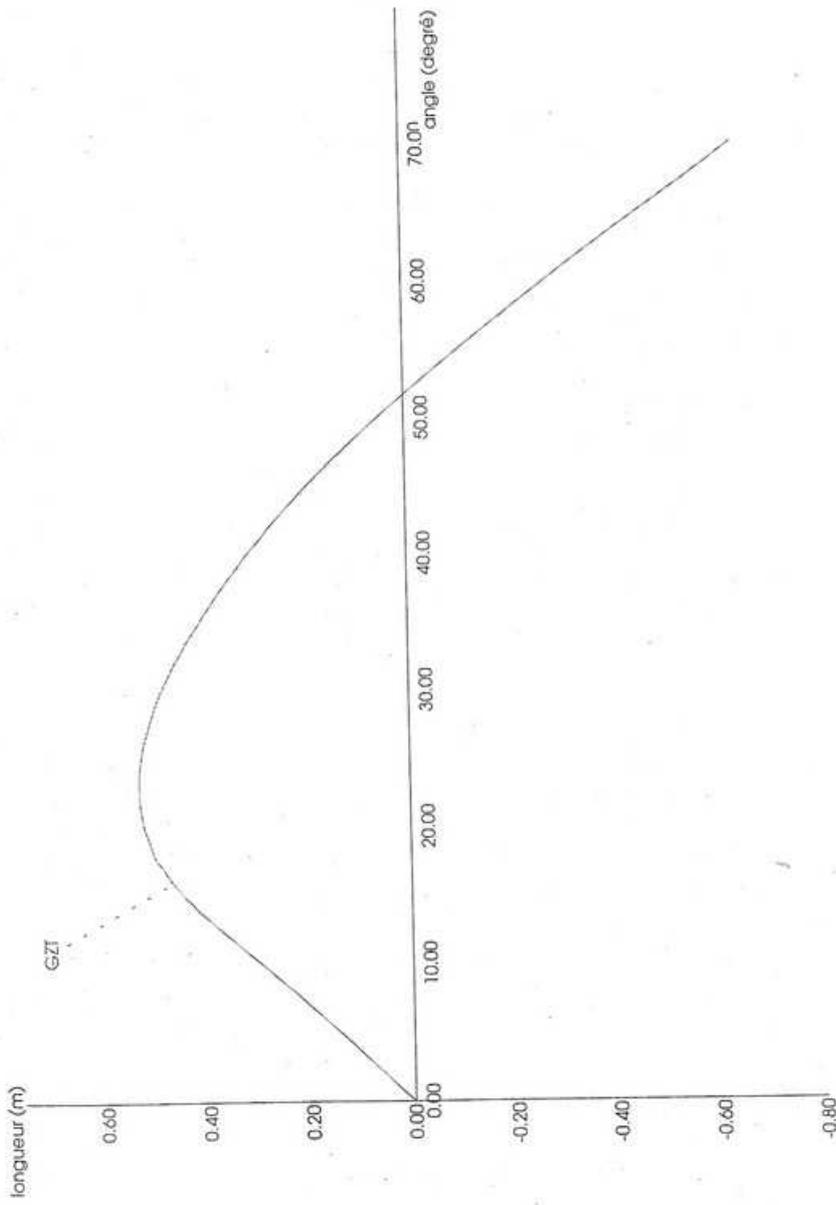
| | | |
|-------|---|------------------|
| phi | = | 0.00 degré |
| psi | = | 0.00 degré |
| théta | = | 0.00 degré |
| ENF | = | -6.06 m |
| TAR | = | 6.06 m |
| TMI | = | 5.99 m |
| TAV | = | 5.92 m |
| PHID | = | 0.00 degré |
| PSID | = | -7.51e-002 degré |
| ASS | = | 1.31e-003 adim |

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "EVOLL_SUN" CAS C

vendredi 29 juin 2001 (12:3:44)



phieq(0) = 0.00 degré
 gmeq(0) = 1.64 m
 phieq(1) = 51.74 degré
 gmeq(1) = -1.77 m

 phlex(0) = 22.82 degré
 gzex(0) = 0.53 m

Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "REVOLLSUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:29:39)

Indice du cas de chargement choisi : 2

Titre du cas de chargement choisi : CAS_C

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

0.126 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

: 0.190 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 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

és de gite : 0.071 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

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 HUBLLOT - 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 :
 XRCC : 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 :
 XRCCF : 51.671 XACF : 51.680 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.049 ZACF : 5.973 m

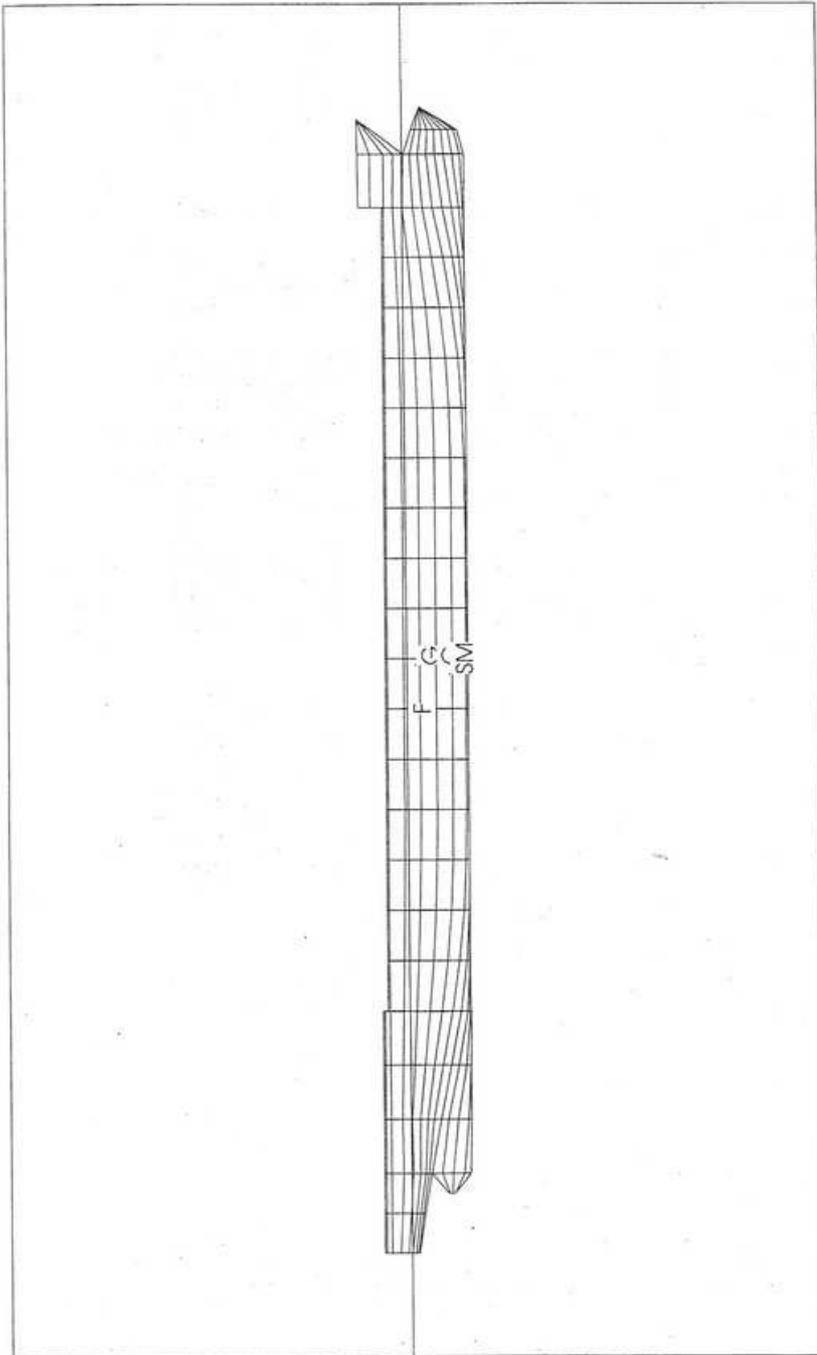
Rayons métacentriques :
 CMT : 4.154 CML : 151.265 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.164 GML : 149.275 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : 0.000 GZL : 8.229e-004 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT

phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 theta = 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

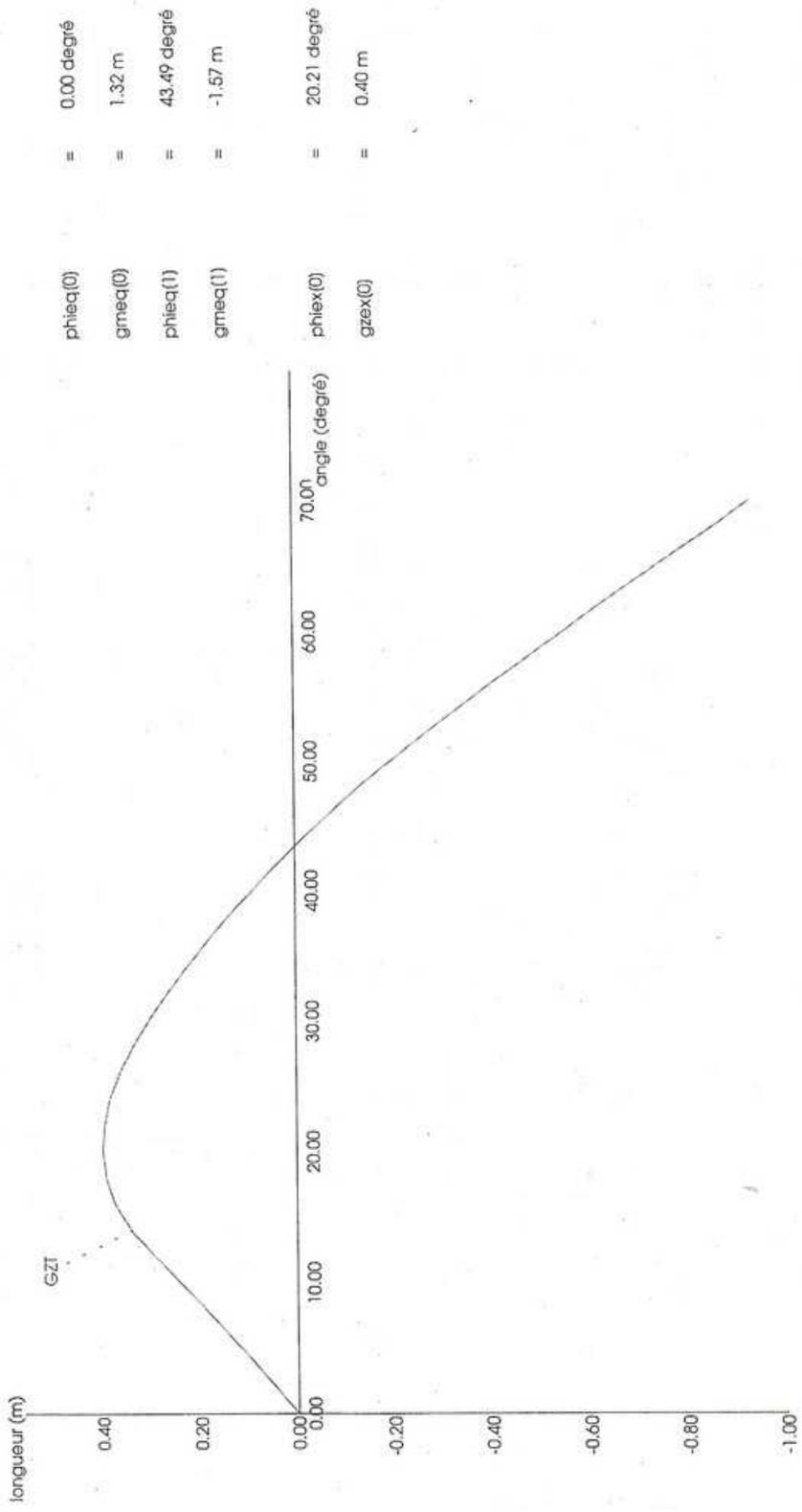


Nom du fichier de maillage : levoll.edi

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

Navire : "IEVOLL_SUN" CAS D

vendredi 29 juin 2001 (15:18:40)



Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLU_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:31:50)

indice du cas de chargement choisi : 3

Titre du cas de chargement choisi : CAS_D

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 gite pour GZ maximum : 20.214 degré

0.082 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement pour GZ maximum :

: 0.144 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 30 degrés de gite

: 0.144 m.rd
GZ à 30 degrés : 0.304 m

: 0.179 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement à 40 degrés de gite

: 0.179 m.rd
GZ à 40 degrés : 0.092 m

és de gite : 0.036 m.rd
aire sous la courbe des bras de levier de redressement entre 30 et 40 degr

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 HUBLOT - 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

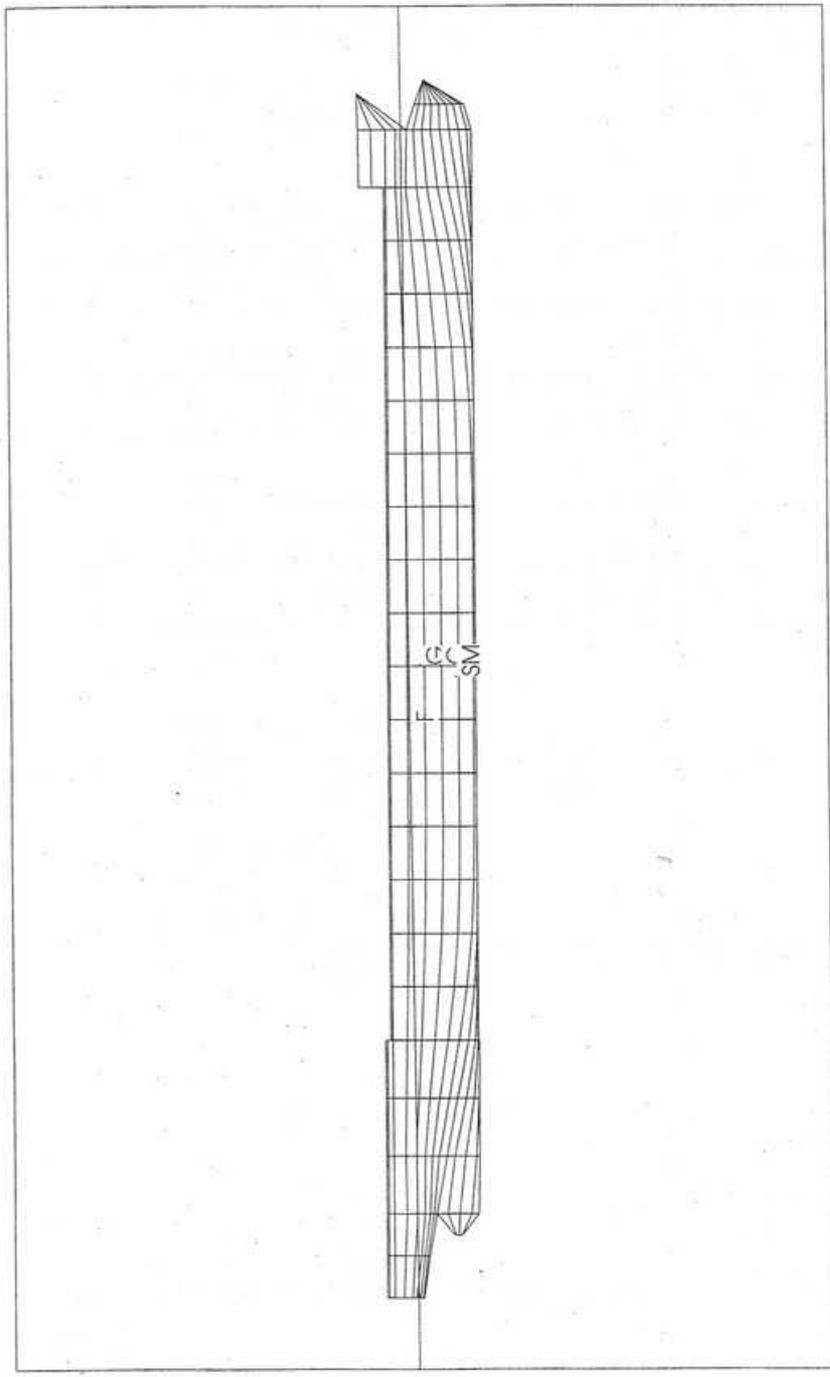
Surface de flottaison :
 aire de la surface de flottaison : SFL 1657.020 m2
 Centre de flottaison :
 XRCF : 51.972 XACF : 52.014 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.129 ZACF : 5.765 m

Rayons métacentriques :
 CMT : 4.068 CML : 147.466 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.154 GML : 145.552 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : 0.000 GZL : 2.925e-004 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



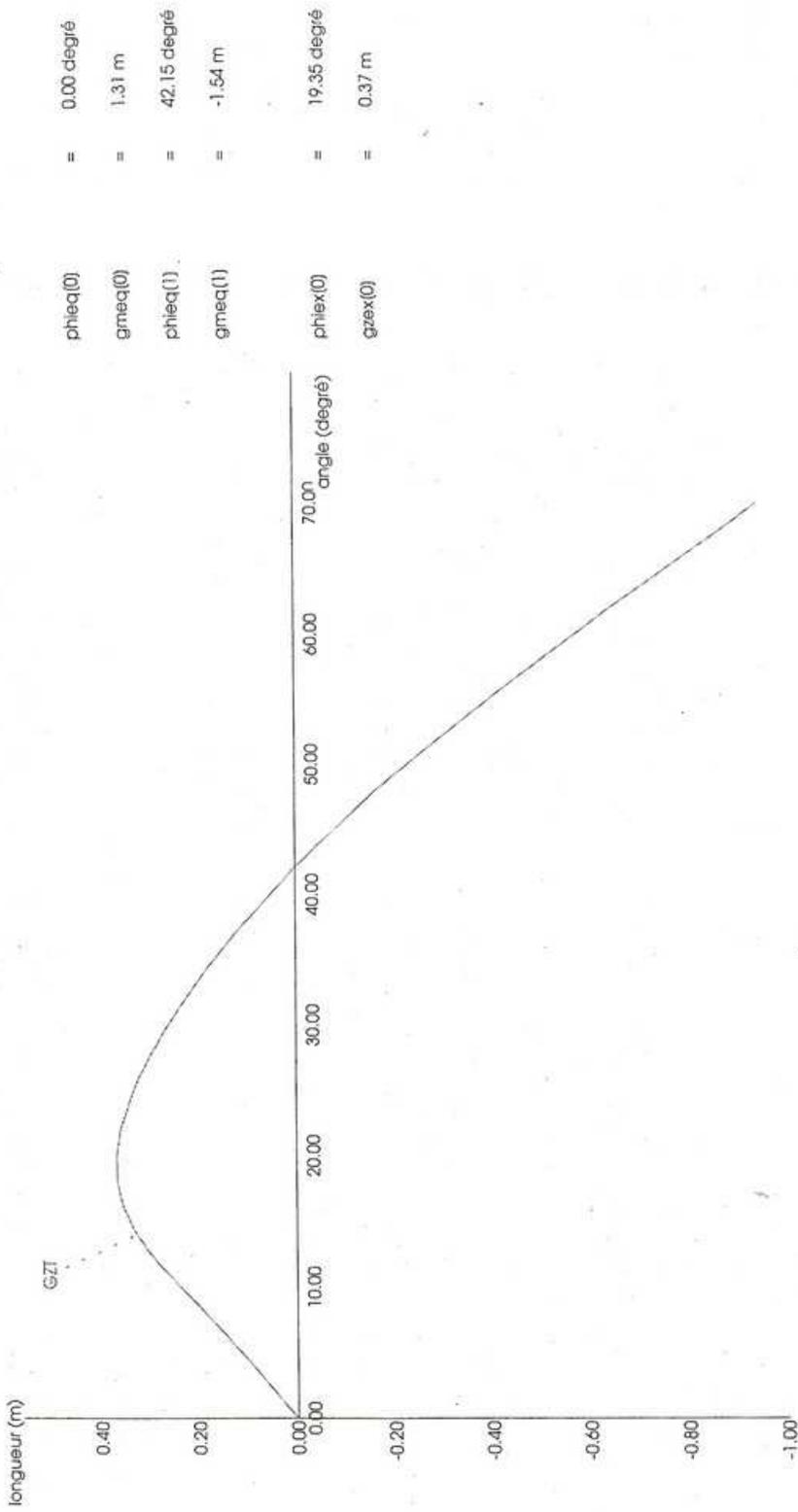
phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 théta = 0.00 degré
 ENF = -5.77 m
 TAR = 5.77 m
 TMI = 6.14 m
 TAV = 6.52 m
 PHID = 0.00 degré
 PSID = 0.40 degré
 ASS = -7.00e-003 adim

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "EVOLI_SUN" CAS E

vendredi 29 juin 2001 (12:10:45)



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

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:33:50)

Indice du cas de chargement choisi : 4

Titre du cas de chargement choisi : CAS_E

IFREMER HUBLOT - 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 HUBLLOT - 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 :
 XRCG : 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 :
 XRCF : 52.281 XACF : 52.355 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.247 ZACF : 5.594 m

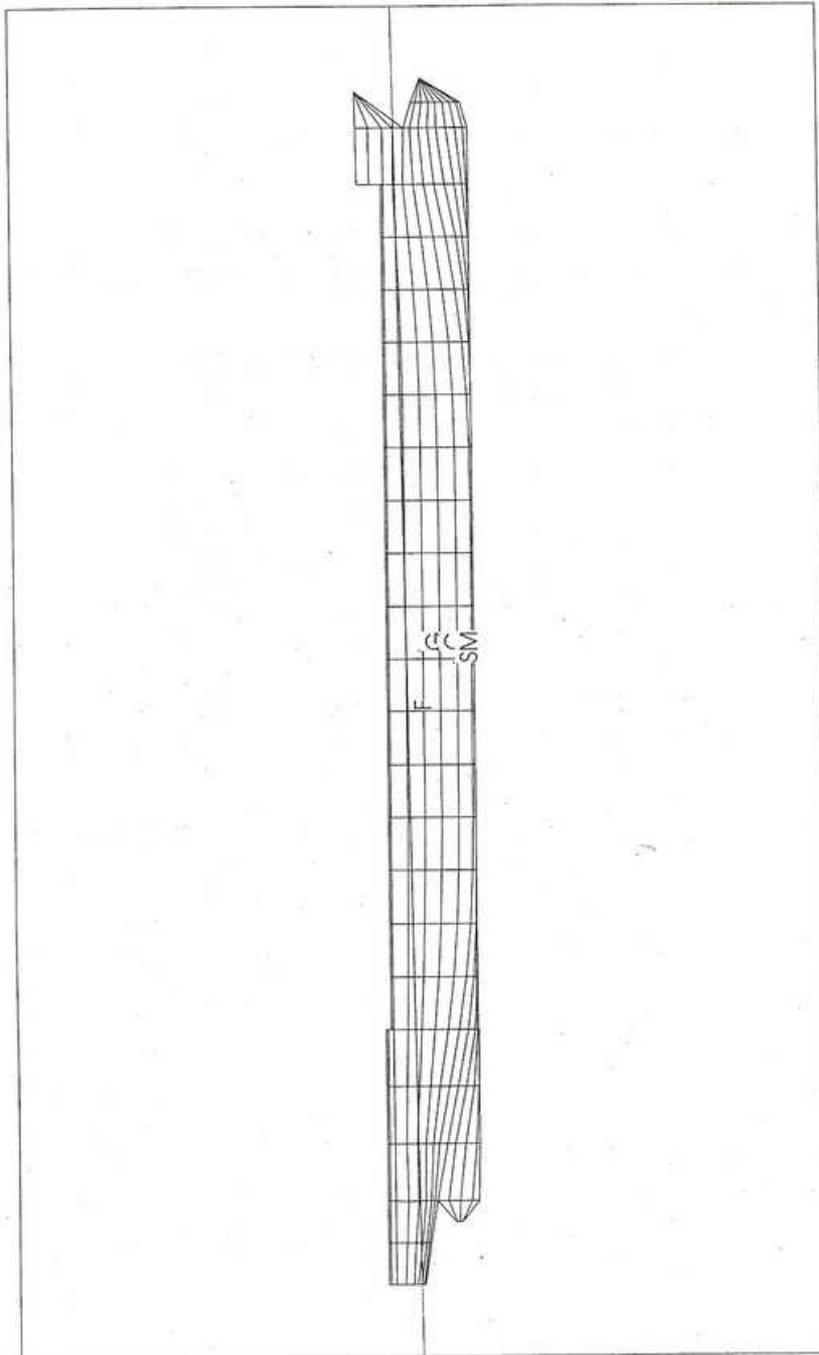
Rayons métacentriques :
 CMT : 3.962 CML : 142.892 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.176 GML : 141.107 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : -1.236e-019 GZL : -8.016e-004 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT

phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 théta = 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

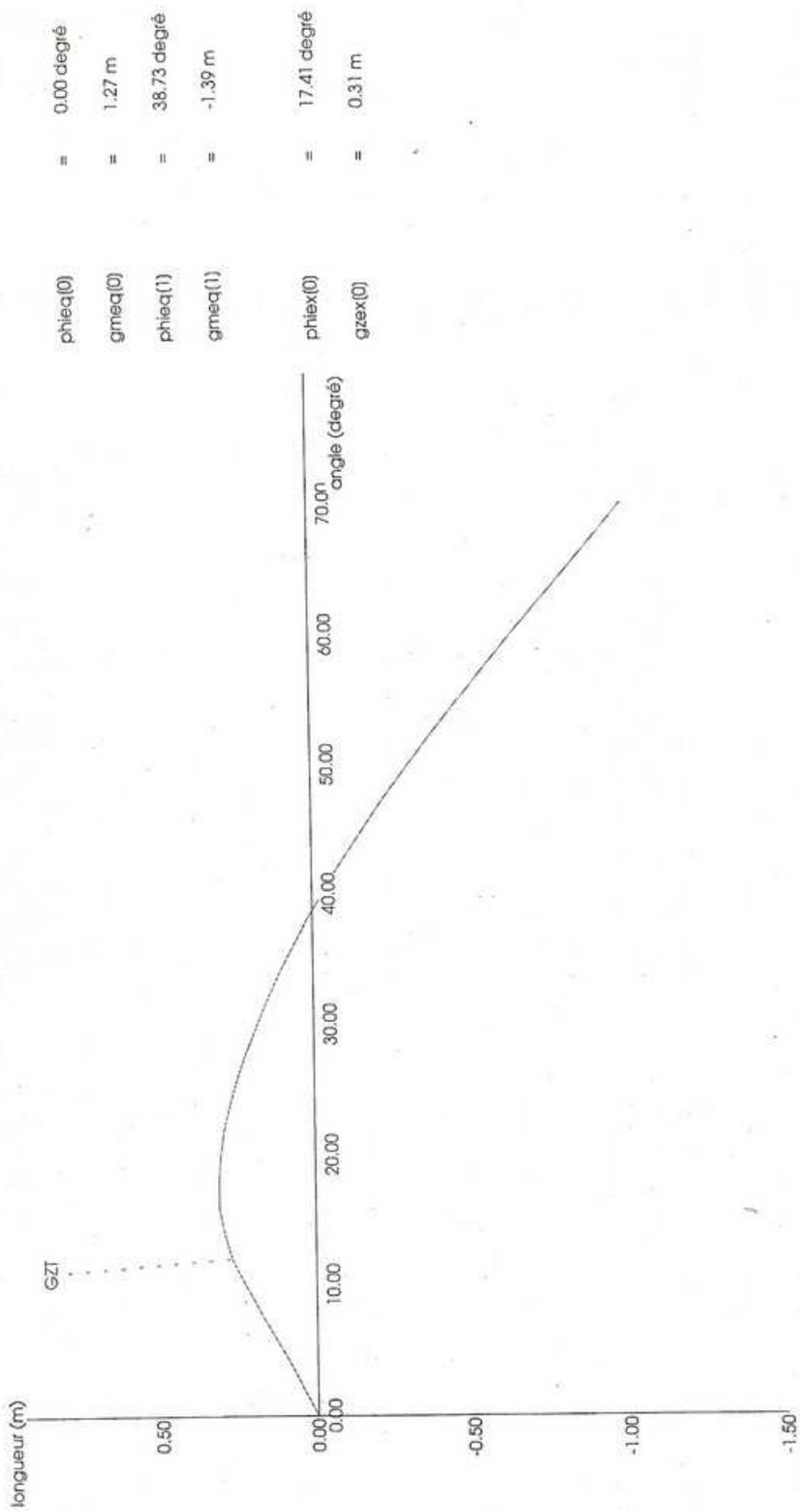


Norm du fichier de maillage : levoll.edi

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

Navire : "EVOLL_SUN" CAS F

vendredi 29 juin 2001 (12:11:44)



Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:35:43)

Indice du cas de chargement choisi : 5

Titre du cas de chargement choisi : CAS_F

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

vendredi 29 juin 2001 (12:12:25)

Recherche d'Équilibre

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 gîte :
 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 :
 XRCG : 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

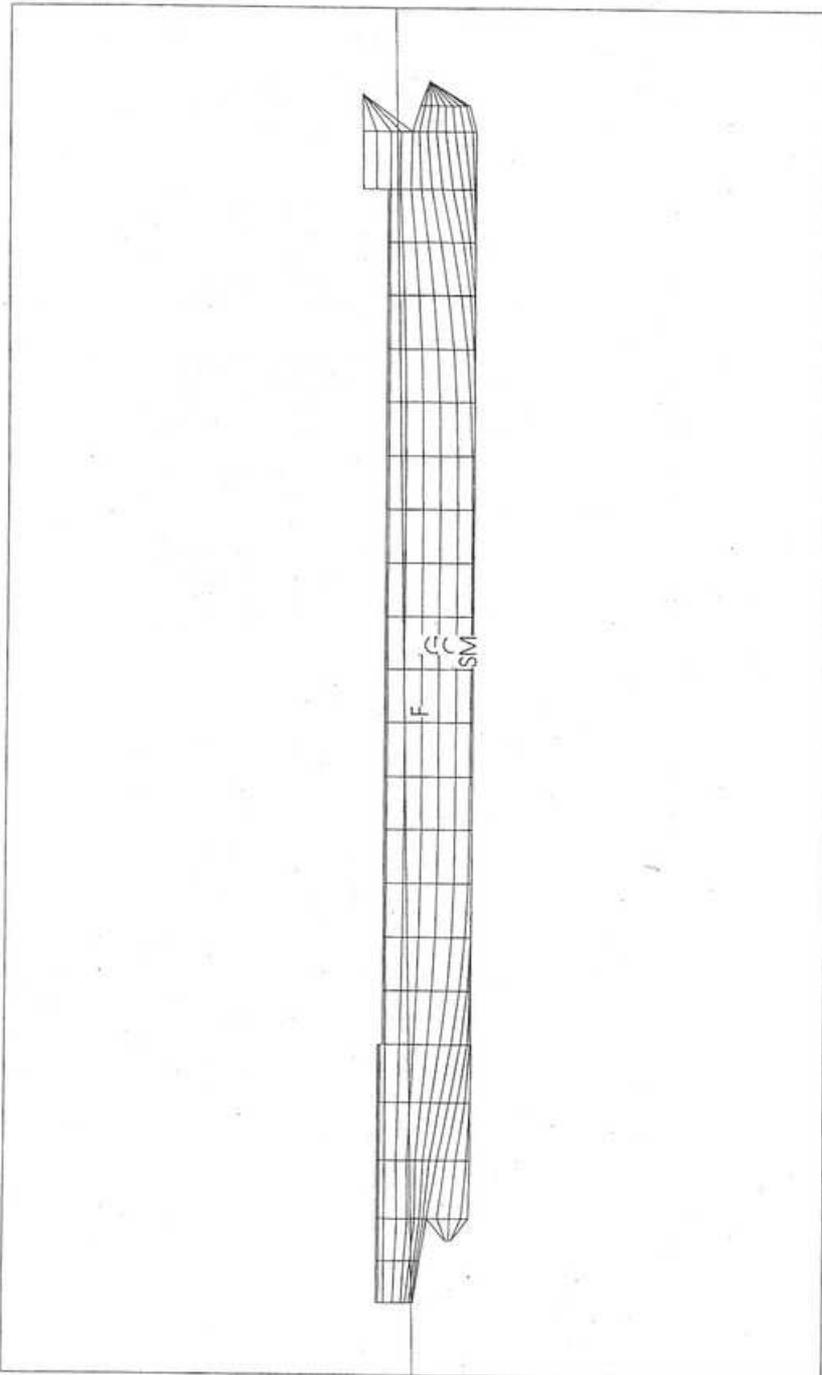
Surface de flottaison :
 aire de la surface de flottaison : SFL 1639.120 m2
 Centre de flottaison :
 XRCF : 52.781 XACF : 52.887 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.334 ZACF : 5.377 m

Rayons métacentriques :
 CMT : 3.875 CML : 138.076 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.163 GML : 136.364 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : -4.109e-018 GZL : -5.881e-004 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



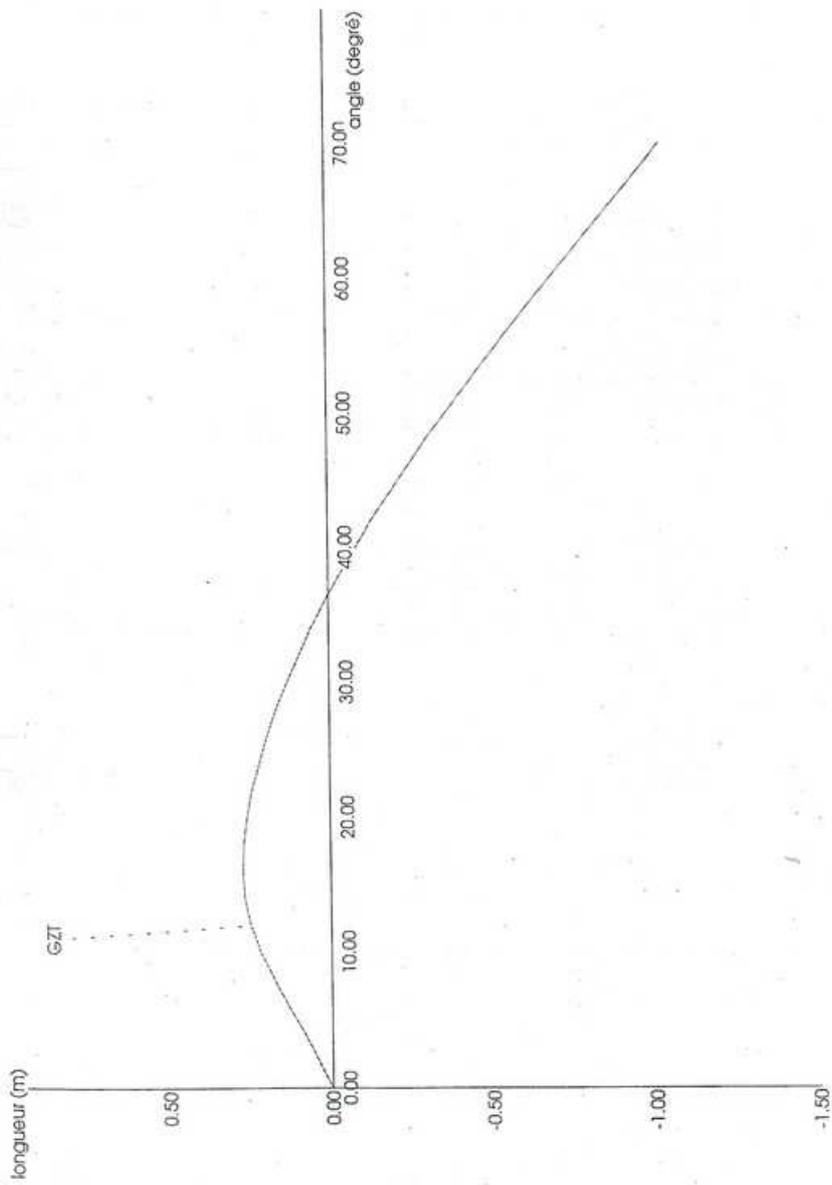
phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 théta = 0.00 degré
 ENF = -5.38 m
 TAR = 5.38 m
 TMI = 6.36 m
 TAV = 7.34 m
 PHID = 0.00 degré
 PSID = 1.04 degré
 ASS = -1.81e-002 adim

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "EVOLL_SUN" CAS G

vendredi 29 juin 2001 (12:12:40)



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

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

Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:37:47)

Indice du cas de chargement choisi : 6

Titre du cas de chargement choisi : CAS_G

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 4

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

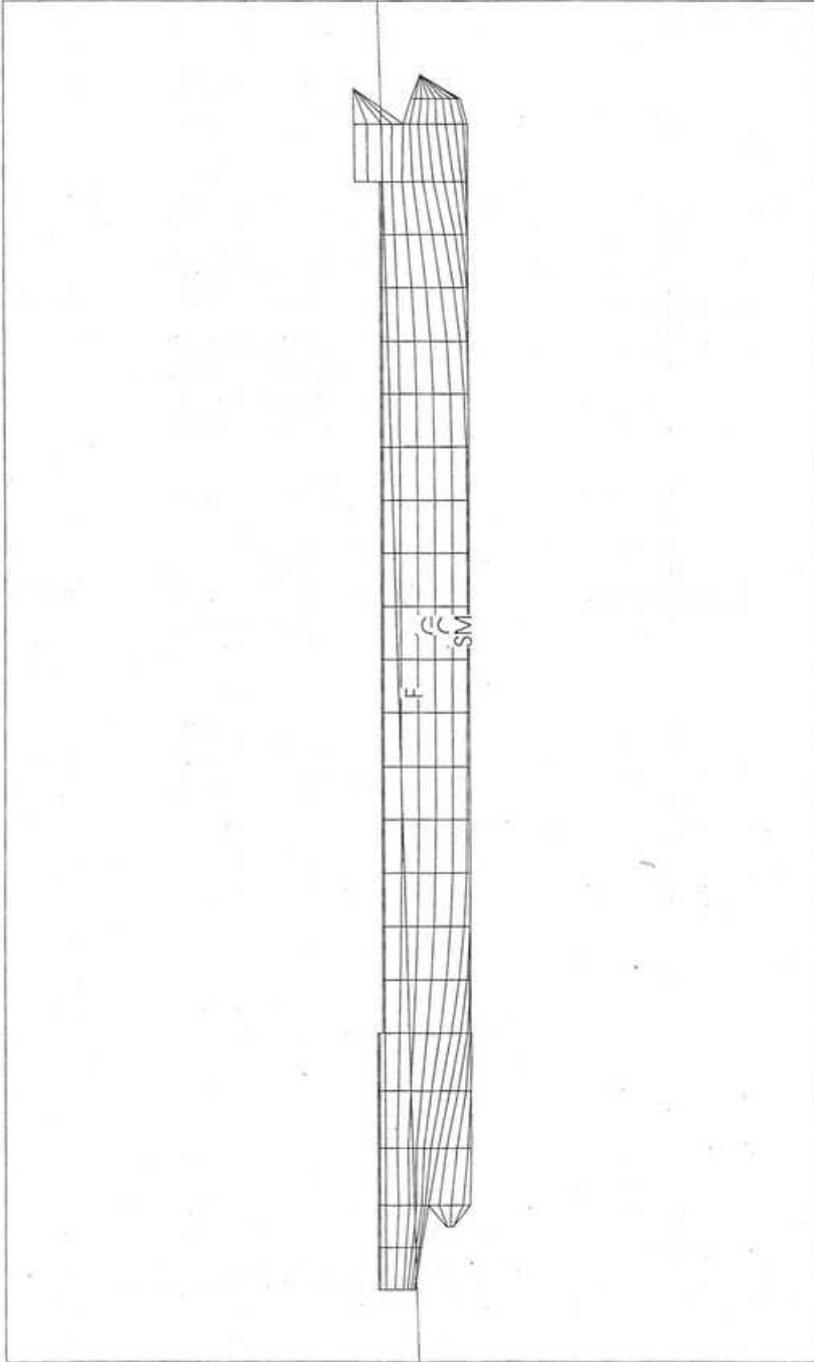
Surface de flottaison :
 aire de la surface de flottaison : SFL 1624.130 m2
 Centre de flottaison :
 XRCCF : 53.549 XACF : 53.705 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.544 ZACF : 5.111 m

Rayons métacentriques :
 CMT : 3.718 CML : 129.813 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :
 GMT : 2.212 GML : 128.306 m

Bras de levier de redressement :
 GZT : 3.961e-018 GZL : -3.159e-005 m

Bras de levier pantocarène :
 bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



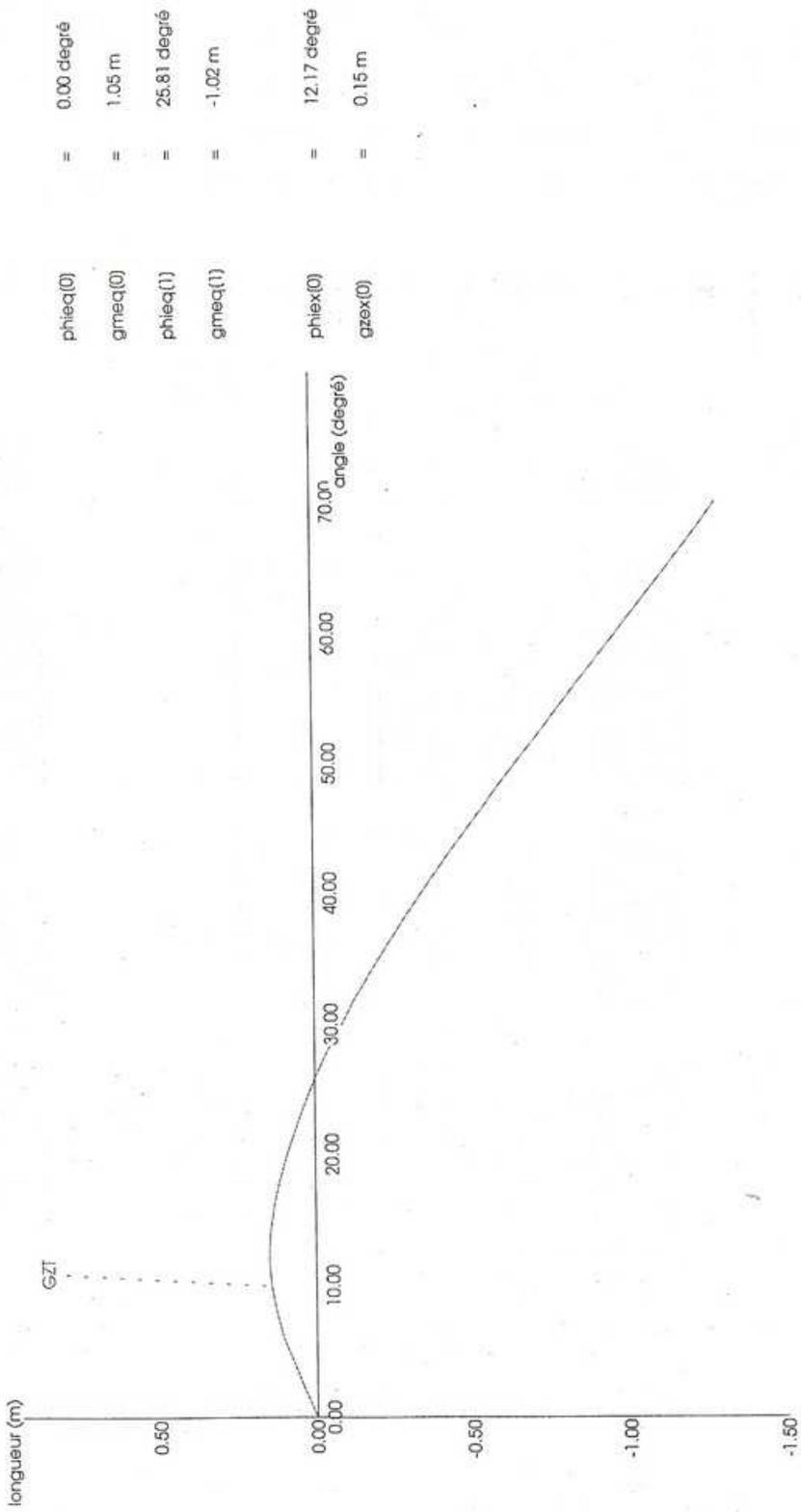
phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 theta = 0.00 degré
 ENF = -5.11 m
 TAR = 5.11 m
 TMI = 6.56 m
 TAV = 8.01 m
 PHID = 0.00 degré
 PSID = 1.53 degré
 ASS = -2.67e-002 odim

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "EVOLL_SUN" CAS H

vendredi 29 juin 2001 (12:13:40)



Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "EVOLL_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:39:42)

Indice du cas de chargement choisi : 7

Titre du cas de chargement choisi : CAS_H

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 degrés 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 |

| | | |
|-----------------------------|--------------|---|
| Rayons métacentriques : | | |
| CMT : 3.212 | CML : 87.985 | m |
| produit métacentrique : RXY | 0.000 | m |

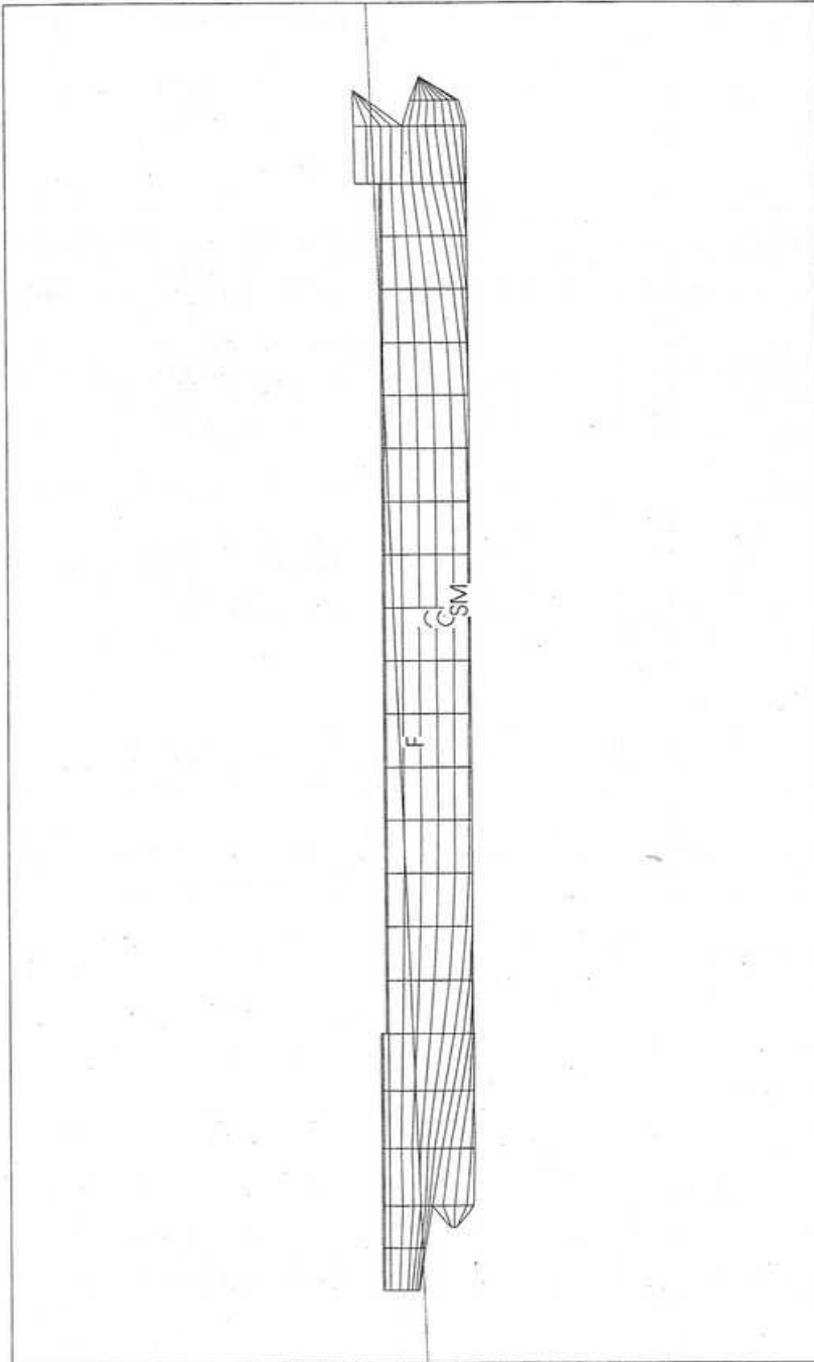
| | | |
|------------------------|--------------|---|
| Modules de stabilité : | | |
| GMT : 1.984 | GML : 86.757 | m |

| | | |
|----------------------------------|-------------------|---|
| Bras de levier de redressement : | | |
| GZT : -1.721e-019 | GZL : -1.419e-005 | m |

| | | |
|---|--|--|
| Bras de levier pantocarène : | | |
| bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT | | |

phi = 0.00 degré
 psi = 0.00 degré
 théta = 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 radim



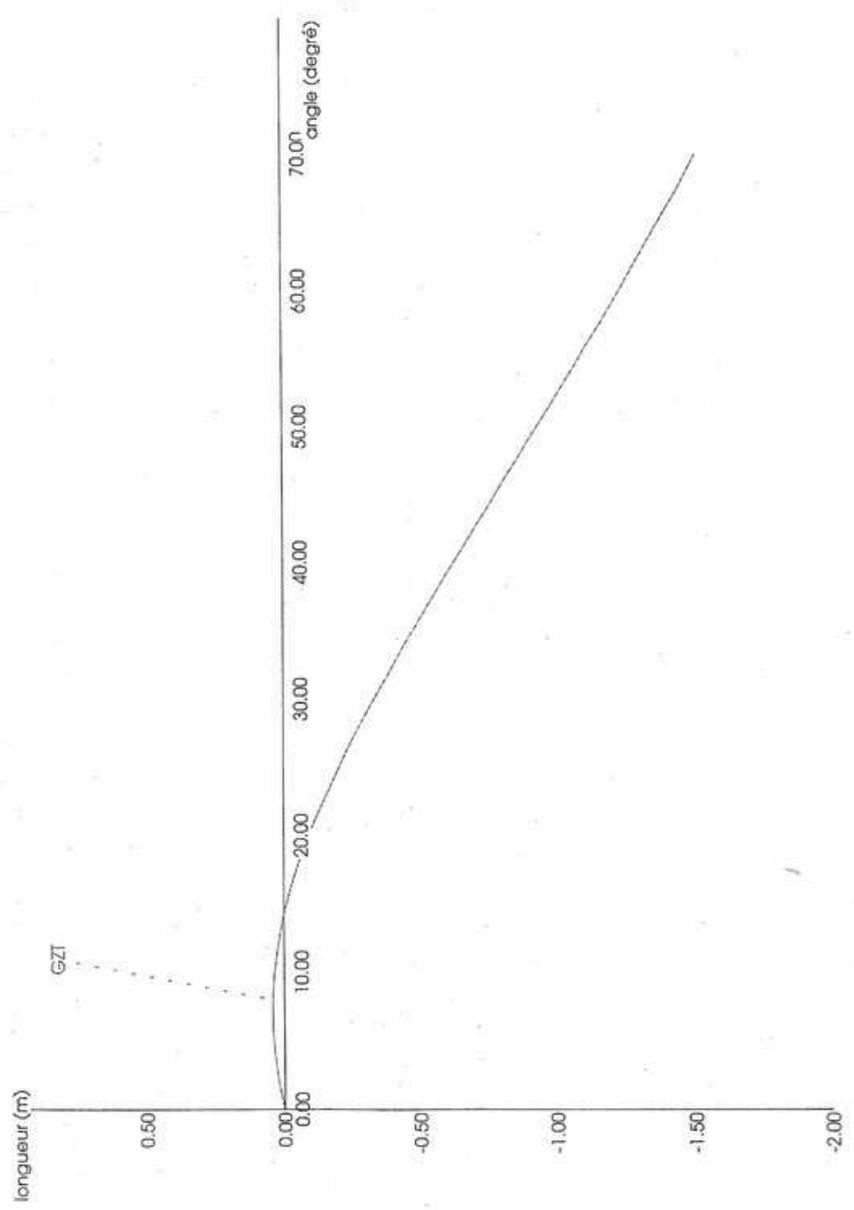
Nom du fichier de maillage : levoll.edi

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

Navire : "EVOLI_SUN" CAS I

vendredi 29 juin 2001 (12:14:35)

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



Bras de levier de redressement GZ

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

Navire : "REVOLUSUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:42:31)

Indice du cas de chargement choisi : 8

Titre du cas de chargement choisi : CAS.J

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 gîte 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 gîte
 -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 gîte
 -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 degr
 és de gîte : -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 gîte :

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 :

XRCC : 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 :

XRCCF : 43.117 XACF : 43.382 m
 YRCF : 0.000 YACF : 0.000 m
 ZRCF : 6.671 ZACF : 4.648 m

Rayons métacentriques :

CMT : 2.512 CML : 57.402 m
 produit métacentrique : RXY 0.000 m

Modules de stabilité :

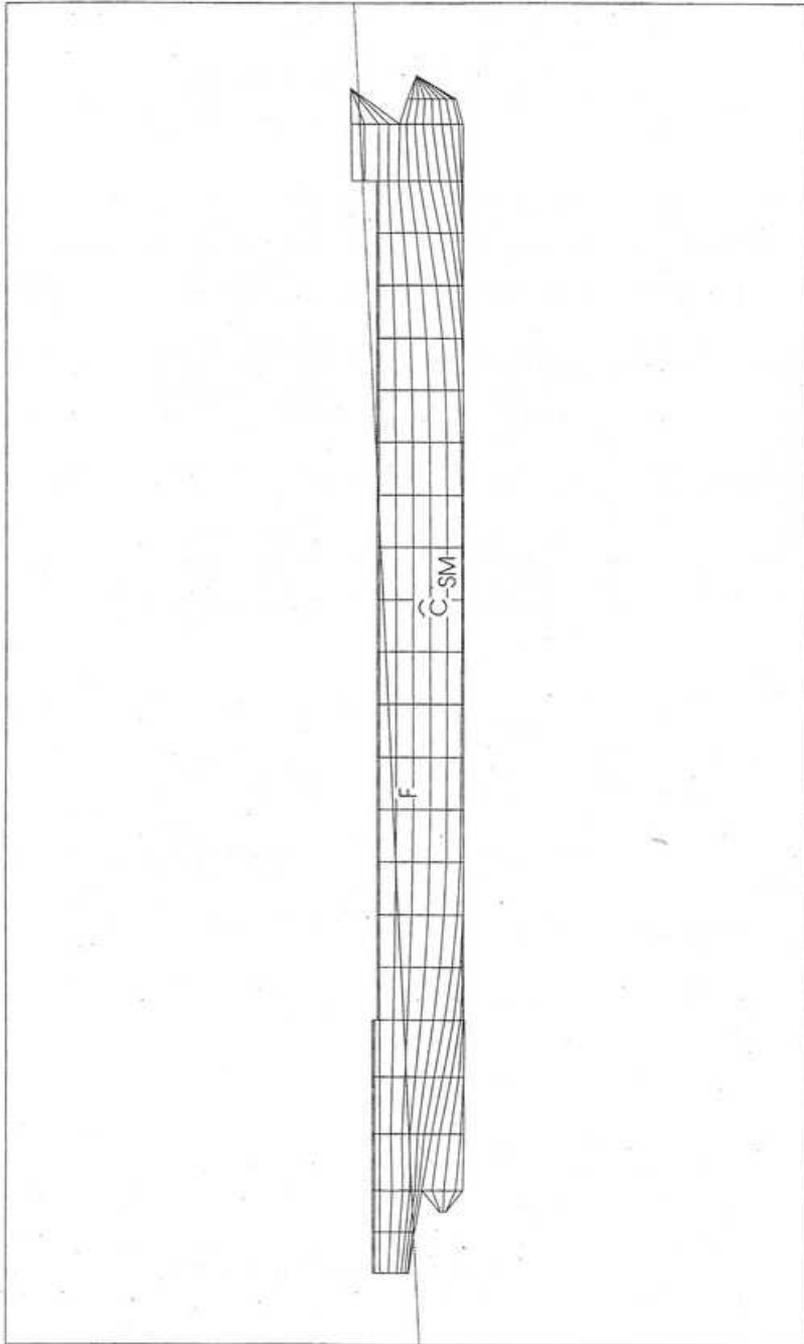
GMT : 1.486 GML : 56.376 m

Bras de levier de redressement :

GZT : 4.798e-018 GZL : 2.303e-005 m

Bras de levier pantocarène :

bras de levier de redressement transversal par rapport au point k : KNT



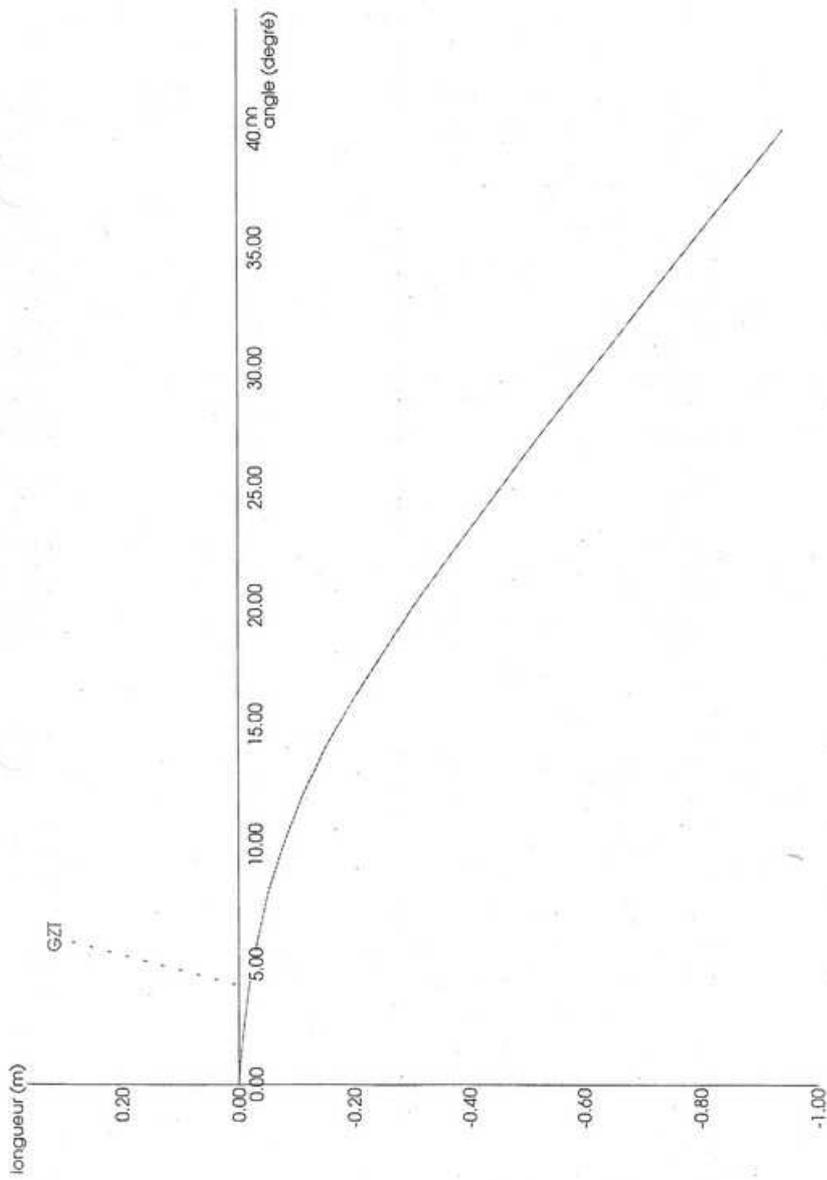
| | | |
|--------|---|------------------|
| phi | = | 0.00 degré |
| psi | = | 0.00 degré |
| thétha | = | 0.00 degré |
| ENF | = | -4.65 m |
| TAR | = | 4.65 m |
| TMI | = | 7.19 m |
| TAV | = | 9.73 m |
| PHID | = | 0.00 degré |
| PSID | = | 2.68 degré |
| ASS | = | -4.68e-002 odlim |

Nom du fichier de maillage : levoli.edi

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

Navire : "EVOLI_SUN" **CAS J**

vendredi 29 juin 2001 (12:15:50)



Bras de levier de recressement GZ

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

Navire : "EVOLU_SUN"

vendredi 29 juin 2001 (12:46:43)

Indice du cas de chargement choisi : 9

Titre du cas de chargement choisi : CAS_J

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 gîte 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 gîte
-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 gîte
-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 gîte : -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