

# Redding van een bulkcarrier van 87.000 tdw gestrand in de Wester – Schelde

door E. CUYPERS

## SAMENVATTING

Onderhavige studie omvat hoofdzakelijk een ooggetuigeverslag van de redding van een bulkcarrier van 87.000 tdw, welke bij de afvaart van de Schelde in ballast bij opkomende tij strandde op de Middelpaalt ter hoogte van de drempel van Borssele.

Een eerste reddingspoging zonder sleepboothulp mislukte.

Bij de 2e poging werd sleepboothulp bekomen en kwam het schip zonder moeite vrij.

Daarnaast worden de maatregelen onderzocht welke na stranding in gelijkaardige omstandigheden dienen genomen te worden voor de veiligheid van het schip en welke eventueel de redding van het schip kunnen verzekeren zonder sleepboothulp.

## 1. INLEIDING

In juli 1980 had ondergetekende, als raadgevend ingenieur van een rederij, de gelegenheid deel te nemen aan de redding van een bulkcarrier van 87.000 tdw, welke gestrand was in de Wester-Schelde op de Middelpaalt ter hoogte van Borssele.

Dergelijke strandingen zijn typisch voor getijstromen als de Schelde en doen zich vrij veelvuldig voor. Zij veroorzaken groot nadeel aan de scheepseigenaars t.g.v. het tijdverlies en de hoge kostprijs van sleepboothulp. Bovendien kan de stranding nog aanzienlijke bodemschade en zelfs de breuk van het schip veroorzaken.

Aangezien er weinig literatuur bestaat over dergelijke ongevallen moge het nuttig zijn een gedetailleerde beschrijving ervan te geven en als besluit de maatregelen te bespreken welke zouden dienen genomen te worden voor de veiligheid en de redding van een schip dat in gelijkaardige omstandigheden is gestrand.

Het probleem is niet gemakkelijk, daar het op de grens ligt van het vakgebied van de scheepsbouwkundige, de hydrografische en de nautische deskundige.

## 2. STRANDING VAN HET SCHIP EN EERSTE HOGE TIJ.

De voornaamste gegevens van het schip bevinden zich in tabel 1.

Het schip had de haven van Antwerpen verlaten in de voormiddag, in ballast, met een diepgang van 8,00 m ongeveer.

In de namiddag bevond het schip zich ter hoogte van de drempel van Borssele, tussen de pas van Terneuzen en de Honte. (Zie fig 1, positie 1).

De vaargeul op deze plaats heeft een breedte van 300 m en een diepte van ongeveer 13 m. Het behoud van deze minimale afmetingen vergt op de drempel, intensief baggerwerk, dit in tegenstelling tot de pas van Terneuzen en de Honte, waar de stroming een natuurlijke waterdiepte van 40 tot 60 m verzekert.

**TABEL 1***Voornaamste kenmerken van het schip*

|                                     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Hoofdafmetingen:                    | 265/250 x 36 x 20/13,50 m |
| Laadvermogen:                       | 87.000 tdw                |
| Aantal ruimen:                      | 8                         |
| Eigen gewicht:                      | 19.000 t                  |
| Waterverplaatsing per cm inzinking: | 80 t                      |
| Capaciteit der ballasttanks:        | zie tabel 6               |

Het was vloed en er stond een sterke stroming van mogelijk 2 knopen.

In deze omstandigheden is de breedte van de vaargeul maar juist toereikend.

Immers, zodra het waterpeil een zekere hoogte boven de zandbanken bereikt, gaat de vloedstroom naar het Oosten, over de Spijkerplaat en de Middelpaat en kruist de vaargeul welke in Noordelijke richting loopt. Om afdrijven te vermijden, moeten de schepen zich schuin opstellen t.o.v. de vaargeul, met de boeg naar de stroming toe. Hetzelfde probleem stelt zich overigens bij alle drempels in de Scheldemonding.

Op dat ogenblik naderde uit de tegenovergestelde richting een grote tanker, welke een zeer groot gedeelte van de beschikbare breedte van de vaargeul in beslag nam (zie fig 1).

De bulkcarrier week zoveel mogelijk uit naar SB een raakte hierdoor ongelukkig met het achterschip de rand van de vaargeul, met het gevolg dat het schip niet meer aan het roer gehoorzaamde en door de getijstroom onmiddellijk met grote kracht werd omhooggeduwd op de Middelpaat aan stuurboord.

De kracht van de stroming op de scheepswand kan berekend worden bij middel van de formules in annex 1. Voor het gegeven schip en een stroomsterkte van 1 m/sec bedraagt zij meer dan 400 ton.

Deze kracht is zo aanzienlijk dat het op dat moment geen enkele zin heeft om het schip trachten vrij te maken, met of zonder hulp van sleepboten.

Het moge volstaan volgende mogelijk beschikbare krachten te vermelden:

- Stuwkracht eigen schroef: 146 t
- Dwarskracht eigen roer: 50 t
- Tressentrek sleepboot 5000 Pk: ongeveer 70 t

Bij het einde van de vloed valt de stroming weg, maar ongelukkig is op dat moment het waterpeil reeds ongeveer 5 cm gedaald.

Het schip rust bijgevolg op de bodem met een druk van  $5 \text{ cm} \times 80 \text{ t/cm} = 400 \text{ ton}$ .

Wanneer het water verder daalt, oefent de ebstroom een kracht uit in de goede richting, maar de druk op de bodem wordt nu zo groot, dat ook door de ebstrooming het schip niet meer los komt.

De beste methode om het schip te bevrijden bestaat erin, bij hoog water, wanneer er nog een weinig vloedstroom is, het schip tegen de vloedstroom in opzij te bewegen naar diep water.

Algemeen wordt aanvaard dat dit niet op eigen kracht kan geschieden. Zich basierend op de opgedane ervaring is de auteur hiermede echter niet eens.

Wat er ook van zij, bij de eerste hoogwaterstand na de stranding was de auteur niet aan boord, was er ook geen sleepboothulp beschikbaar, en werd er niets ondernomen om het schip vrij te maken.

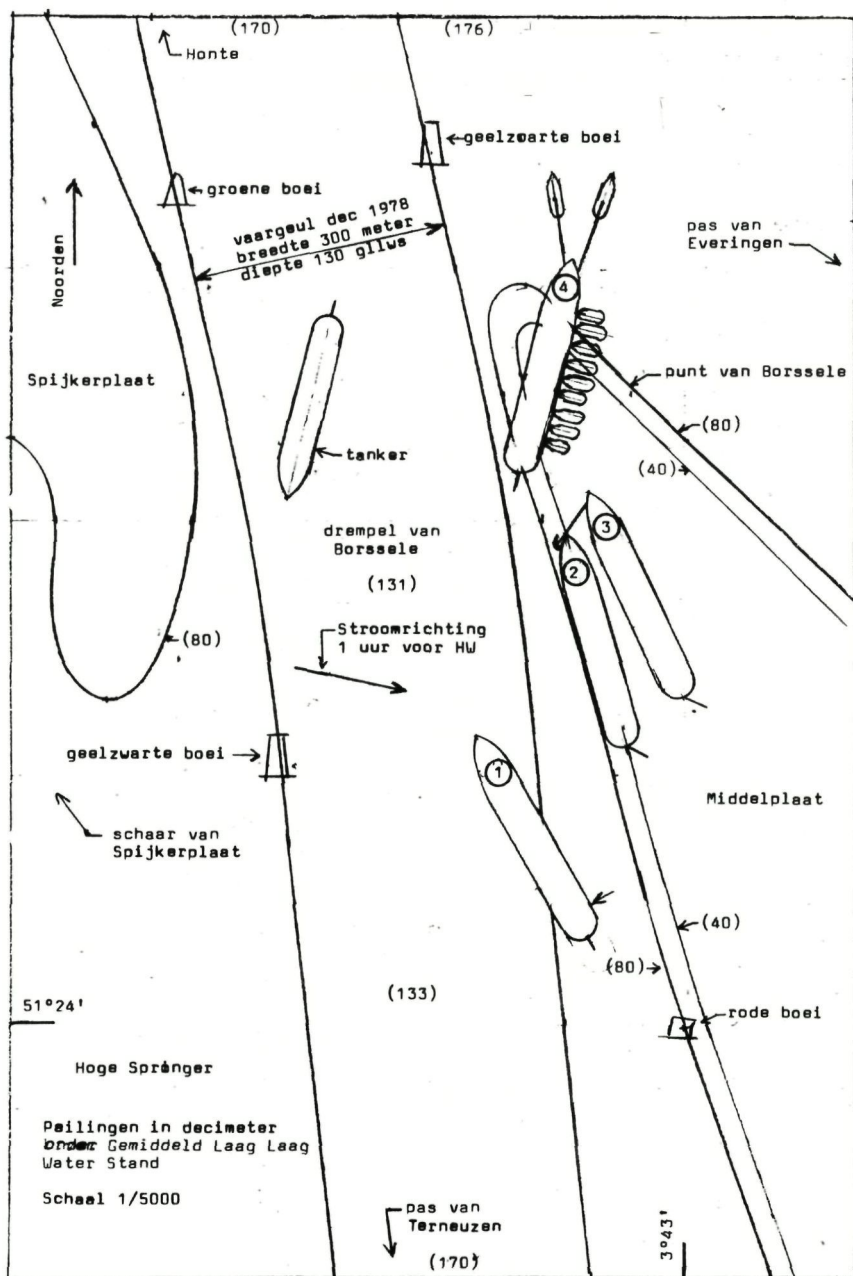


Fig 1 Drempel van Borssele

### 3. MISLUKTE REDDINGSPOGING BIJ DE 2E HOOGWATERSTAND.

s'Avonds, omstreeks 21.00 uur, toen het waterpeil reeds flink was gedaald, arriveerde de auteur, op verzoek van de eigenaars, aan boord van het schip, met het doel als scheepsbouwkundige de kapitein advies te verlenen.

Er stond nu op de stuurboordzijde een sterke ebstroming, welke het schip van de zandbank trachtte te duwen.

Dezelfde stroming had blijkbaar reeds aan voer- en achterschip het zand onder de bodem weggespoeld, zodanig dat het schip enkel midscheeps op de zandbank drukte. Dit was te merken aan de „hogging” (katterug) van de romp, welke ongeveer 1 voet bedroeg. (De auteur had dit kunnen vaststellen door vooraleer aan boord te gaan, de diepgangen voor, midden en achter op te nemen).

Een doorbuiging van 1 voet was voorlopig ongevaarlijk, maar bij verder dalen van het water zou de romp gemakkelijk kunnen breken.

Er dient hier opgemerkt te worden dat een zeeschip van meer dan 80.000 t een langsterkte bezit welke relatief veel kleiner is dan deze van de meer courante schepen van 20.000 t of minder. De ladingsverdeling van schepen van meer dan 80.000 t dient dan ook bijna even zorgvuldig te geschieden als deze van binnenschepen. (Zie ook ref (1)).

Om de opbuiging van de romp te beperken, werd verzocht onmiddellijk voorpiek en de ballasttanks 1 en 4, aan de uiteinden van het schip te ledigen. (Zie ook tabel 6 en fig 3).

Kort na het starten van de krachtige elektrische ballastpompen, bleek dat de elektrische hulpgroepen warm liepen, daar tengevolge van de kleine scheepsdiepgang er onvoldoende water was voor de koeling van de dieselmotoren.

Er werd besloten alle elektrische verbruikers af te schakelen, uitgezonderd de verlichting, zodat nog enkel de bovenste ballasttanks n<sup>o</sup> 1 en 4, door zwaartekracht konden geledigd worden.

Dit liet altijd nog toe het buigmoment met ongeveer 600.000 tm te verminderen.

Op te merken valt dat een dergelijk schip slechts kan weerstaan aan een buigmoment van ongeveer 650.000 tm, zodat met zekerheid kan gesteld worden dat het gevuld houden van de bovenste ballasttanks de breuk in het schip zou veroorzaken hebben.

Te 23.45 uur was het laag water.

De diepgangen van het schip waren als volgt: voor 3,50 m, midden 3,03 m, achter 3,30 m.

De bodem van het schip rustte op de zandbank over een derde van de lengte midscheeps. (Zie ook fig 3).

Aan voor- en achterschip waren in de zandbank diepe geulen weggespoeld.

De waterdiepten, onder de kiel gemeten, waren als volgt:

| meetpunt                             | waterdiepte onder kiel (m) |
|--------------------------------------|----------------------------|
| achterloodlijn                       | 2,50 m                     |
| midscheeps, over een lengte van 80 m | 0,00 m                     |
| voor loodlijn                        | 9,00 m                     |
| 10 meter voor boeg                   | 14,00 m                    |

Na middernacht begon het water terug op te komen en de vloedstroming zou nu opnieuw het schip tegen de zandbank drukken met toenemende kracht. Voorlopig

was er echter geen gevaar voor een verplaatsing van het schip aangezien de druk op de zandbank nog te groot was.

Men begon nu uit te zien naar de 2 sleepboten, welke, volgens de instructies van de rederij, kort na middernacht, ter plaatse zouden komen om het schip bij de volgende hoogwaterstand rond 6 uur s'morgens, los te trekken.

Rond 3 uur waren de beloofde sleepboten nog steeds niet in het zicht.

In overleg met de kapitein en de loods werd dan het volgende plan opgesteld om het schip te bevrijden, eventueel zonder de hulp van sleepboten. (Zie ook fig 2).

1) Men zou onmiddellijk het bakboord anker later vallen met een lengte ketting van ongeveer 60 meter.

2) Zodra de waterdiepte voldoende zou zijn voor de doelmatige koeling van de hoofdmoter, zou deze gestart worden en het roer volledig naar SB gedraaid worden.

De bedoeling van deze manoeuvres was:

1) Vermijden dat het schip al te ver op de zandbank zou geduwd worden door de sterke vloedstroom.

2) Aan het einde van de vloed, op het ogenblik dat het water nog steeg, maar dat de stroming reeds veel verminderd was, zou mogelijk de kracht van het roer groot genoeg zijn om het achterschip tegen de vloedstroming in, naar bakboord te doen draaien.

3) Wanneer het schip ongeveer 45° gedraaid zou zijn, zou men achteruitslaan om terug in de vaargeul te komen, en vervolgens zou het anker opgehaald worden.

Volgens de theoretische berekening, welke naderhand werd uitgevoerd, en waarvan de resultaten in annex 1 worden getoond, is het beschreven plan uitvoerbaar.

De kapitein en de loods hadden voorgesteld het stuurboord anker te gebruiken, in plaats van het bakboord anker, omdat dan het achterschip gemakkelijker naar bakboord zou draaien. Volgens de theoretische berekening is dit inderdaad zo. Het bakboord anker werd echter verkozen omdat gevreesd werd dat bij de manoeuvres de sterk gespannen stuurboord ankerketting de huidbeplating in het voorschip zou kunnen beschadigen.

Het plan werd uitgevoerd, en ongeveer één uur vóór hoogwater stelde men de volgende positie van het schip vast (zie ook fig 1, positie 3).

a) Onder invloed van de sterke vloedstroming had het voorschip zich minstens 50 m naar stuurboord verplaatst. De zware ankerketting, diameter 100 mm, stond gespannen als een vioolsnaar. Indien de ketting onder het voorschip door had moeten passeren, dan had zij ongetwijfeld de huidbeplating beschadigd of doen scheuren.

b) Het achterschip was iets verder weggeduwd. Het roer had, beter dan verwacht, weerstand geboden aan de stroming. Dit kan gedeeltelijk verklaard worden door het feit dat, wanneer het achterschip wegdraait, het aangrijpingspunt van de druk op de scheepszijde zich naar voor verplaatst, zodanig dat de ankerketting 2/3 van de druk en het roer slechts 1/3 moet opvangen (zie ook berekening annex 1).

Toen het bijna hoog water was, begaf de auteur zich naar het voorschip om nogmaals de spanning en de richting van de ankerketting vast te stellen.

Op dat ogenblik merkte de kapitein dat schip vrij dreef. In plaats van echter het maneuver volgens plan uit te voeren, en te wachten tot het achterschip ver genoeg naar de vaargeul toe was gedraaid, vierde hij de ankerketting en vaarde vooruit, met de bedoeling het diepe water van de Everingenpas te bereiken.

Het schip ging inderdaad zonder moeite meer dan 200 meter vooruit waarbij het over de diepe put voer welke door de stroming voor de boeg was gegraven.

Daarna raakte het voorschip weer vast op de punt van de zandbank (zie fig 1, positie 4).

Er werden nog alle mogelijke manoeuvres uitgevoerd, vooruit, achteruit, roer aan bakboord, roer aan stuurboord, echter zonder succes. Toen het waterpeil weer enkele cm was gedaald, zat het schip terug zo vast als een muur.

Naderhand kon de kapitein geen enkele rationele reden aanvoeren voor de niet uitvoering van het afgesproken plan.

Immers, zolang er vloed was, wanneer de ankerketting werd gevierd, moest de stroming het voorschip onmiddellijk op de bank duwen. Zelfs indien men toch de pas van Everingen had kunnen bereiken, dan nog zou het ophalen van het anker een probleem gesteld hebben.

Als verontschuldiging moet echter wel opgemerkt worden dat de kapitein reeds meer dan 15 uur onder grote spanning stond. Het is bovendien ook zo dat in dergelijke omstandigheden het veel gemakkelijker is „iets” te doen dan „niets” te doen. Dit was reeds herhaaldelijk gebleken, vóór het schip los kwam, tijdens het urenlange maneuver met de motor vol vooruit en het roer aan stuurboord. Buiten een aantal leden van de bemanning en de loods, waren op de brug ook enkele vertegenwoordigers van de sleepbootrederijen aanwezig. Herhaaldelijk werd er aangeraden, met de beste bedoelingen, het roer afwisselend naar bakboord en stuurboord te draaien, z gezegd om het schip los te wringen, en telkens was de verleiding groot om dit nutteloze maneuver even te proberen.

#### **4. DE REDDING VAN HET SCHIP BIJ DE 3e HOOGWATERSTAND.**

In de morgen, zodra het hoofdkantoor van de rederij open was, werd per radio verslag uitgebracht en om sleepboothulp verzocht om het schip zonder risico vlot te maken bij de volgende hoge tij.

Na bespreking met diverse maatschappijen, werd de redding van het schip toevertrouwd aan een grote sleepbootrederij, voor de prijs van 5000 lb, no cure no pay.

Bij de volgende hoge tij werd het schip zonder moeite van de zandbank geduwd door een 10tal sleepboten, met een vermogen van 1000 tot 4000 PK (zie fig 1, positie 4).

De benodigde kracht was zo klein, dat de auteur van mening is dat het schip eventueel ook had kunnen vrijkomen op eigen kracht, indien het maneuver op de juiste wijze zou uitgevoerd geworden zijn.

Ondertussen waren de dubbele bodemtanks leeg gemaakt en er werd vastgesteld dat er geen lekken waren. De diepgang bedroeg: voor 2,40 m, achter 7,00 m.

Vervolgens zette het schip zijn reis verder op halve kracht. Voorlopig bleven er nog twee sleepboten aangespannen omdat de sleepboot rederij wenste alle risico te vermijden bij het besturen van het bijna ledige schip.

Ter hoogte van Vlissingen verlieten de sleepboten het schip. Een loodsbootje bracht de zeeloods aan boord en nam de rivierloods mee aan wal.

Nadat de auteur alle ruimen van het schip had geschouwd, alles in orde bevonden en per radio rapport had uitgebracht over de gang van zaken, werd ook hij door een dienstboot afgehaald en zette het schip zonder verder tijdsverlies zijn reis voort.

## 5. BESLUIT

In het licht van de beschreven ervaring meent de auteur, als scheepsbouwkundige, volgende aanbevelingen te mogen doen in geval van de stranding van een schip in een getijde stroom.

- 1) Bepaal onmiddellijk en daarna met regelmatige tussenpozen de diepgangen van het schip. Gebruik hiervoor een motorboot, want een roeiboot is misschien niet opgewassen tegen de sterke getijstrooming.
- 2) Peil regelmatig alle ledige compartimenten voor eventuele lekken. Houd de mangaten van alle bodemtanks gesloten.
- 3) Wanneer het waterpeil daalt, houd rekening met het feit dat het zand onder voor-en achterschip wordt weggespoeld. Het schip kan breken door opbuiging. Controleer regelmatig de „hogging”. Deze mag nooit meer dan 1/500 van de scheepslengte bedragen. Maak eventueel gevulde ballasttanks aan de uiteinden van het schip ledig.
- 4) Wanneer het waterpeil stijgt, maakt het schip zo mogelijk zwaarder door waterballast te pompen in eventueel ledige tanks, want hoe zwaarder het schip, hoe minder ver het op de zandbank wordt geduwd.
- 5) In het algemeen is er ruimschoots voldoende tijd voor het uitvoeren van de berekeningen vermeld in annex 2.

Het voordeel hiervan is dat men zich zekerder voelt, dat de tijd vlug passeert en dat men zich in een sterkere positie bevindt als er over sleepboothulp moet worden onderhandeld.

- 6) Ongeveer 3 uur voor hoogwater, laat het anker vallen, aan de zijde van waar de stroming komt. Bereken de lengte van de ketting zodanig dat de helling niet meer dan 1/4 zal bedragen, opdat het anker goed zou houden.
- 7) Zodra de ankerketting gespannen is en zodra het waterpeil het starten van de hoofdmotor toelaat, draai het roer en start de hoofdmotor met halve kracht, teneinde tegendruk te geven tegen de stroming.
- 8) Ongeveer een kwartier voor hoogwater, laat de hoofdmotor op volle kracht draaien en ledig alle ballasttanks welke nog water bevatten.
- 9) Na korte tijd zal het schip los komen en het achterschip tegen de stroming in draaien. Dit zal zeer traag gebeuren aangezien bij deze beweging het aangrijpingspunt van de druk van de stroming zich meer en meer naar achter verplaatst.
- 10) Wanneer het schip een hoek van ongeveer 45° vormt met de rand van de zandbank, houdt het in deze richting, totdat de stroming ze klein is geworden dat door achteruitslaan en eventueel vieren van de ankerketting het schip zonder gevaar kan vrij komen. Haal het anker op, eventueel nadat de richting van de stroming is omgekeerd en alle gevaar geweken is.

**BIJLAGE 1**

**BEREKENING VAN HET MANOEUVER MET HET VERANKERDE SCHIP**

**1. KRACHTEN VERORZAAKT DOOR SCHROEF EN ROER**

De stuwkracht van een propeller kan berekend worden bij middel van volgende formule:

$$S = K_s \sqrt[3]{P^2 O}$$

waarin S = Stuwkracht in Kg

$K_s$  = Constante afhankelijk van propeller type en van intreesnelheid

P = Vermogen in pk

O = Propeller oppervlak in m<sup>2</sup>.

De waarde van  $K_s$  volgens ref (2), voor een snelheid O, is aangeduid in tabel 2.

Voor een propeller achter een stilliggend schip dient t.g.v. het zog deze coefficient nog verminderd te worden met 3 à 5 %.

Voor het beschouwde schip werden volgende waarden verondersteld:

Vermogen: 14000 pk

Schroefdiameter: 6,9 m

Stuwkracht coefficient: 75

De berekende stuwkracht bedraagt alsdan 145683 Kg.

**Tabel 2**

Waarde van stuwkrachtconstante  $K_s$  bij een intreesnelheid van O Km/h

| Propeller                             | $K_s$   |
|---------------------------------------|---------|
| Schroef H/D = 0,6 à 0,8               | 78      |
| Schroef in straalbuis H/D = 0,8 à 1,2 | 112     |
| Voith-Schneider propeller             | 71      |
| Schoepenwiel met verstelbare schoepen | 86      |
| Schoepenwiel met vaste schoepen       | 70 à 76 |

Wanneer het roer volledig naar de zijde is gedraaid, mag aangenomen worden dat  $K_s$  daalt tot 50, zodat de stuwkracht nog 97122 Kg bedraagt. De door het roer ontwikkelde dwarsscheepse kracht bedraagt ongeveer de helft hiervan.

**2. KRACHTEN OP DE ROMP UITGEOEFEND DOOR DE STROMING.**

De hiernavolgende formules zijn ontleend aan ref (3).

Voor kleine snelheden zijn de formules echter weinig nauwkeurig, gezien de kleine waarden van het getal van Reynolds.

De kracht uitgeoefend op een voorwerp kan berekend worden door middel van volgende formule:

$$F = \frac{\rho}{2g} C_x A v^2$$

- waarin  $F$  = weerstand in Kg
- $\rho$  = dichtheid hetzij 1025 Kg/m<sup>3</sup> voor zeewater
- $g$  = gravitatieversnelling hetzij 9,81 m/sec<sup>2</sup>
- $A$  = dwarsdoorsnede in m<sup>2</sup>
- $v$  = snelheid in m/sec
- $C_x$  = weerstandscoefficient, afhankelijk van de vorm van het voorwerp.

De waarde van  $C_x$  is aangegeven in tabel 3 voor een plat vlak, een stilstaande schroef en een schip.

De spreiding van  $C_x$  voor de langscheepse kracht is zeer aanzienlijk. Dit heeft weinig belang, daar de langscheepse kracht steeds zeer klein is. Het is dus onnodig nauwkeurige formules te gebruiken, waarin bijvoorbeeld de volheidscoefficient zou voorkomen. Indien de schroef stilstaat, is de weerstand van de schroef meestal groter dan deze van het hele schip. Voor het beschouwde schip werd voor  $C_x$  een waarde van 0,09 verondersteld.

De dwarsscheepse weerstand is veel groter dan de langscheepse. De invloed van de verhouding waterdiepte/diepgang is zeer groot. Voor een gestrand schip is  $C_x$  8 maal groter dan voor een schip dat in diep water gemeerd is; Voor het beschouwd schip bedroeg de dwarskracht, bij een stroming van 1m/sec: 4 x 52,25 x 250 x 8,00 = 418000 Kg.

Bovenstaande formules zijn geldig voor een stroming welke ofwel dwarsscheeps, ofwel langsscheeps is.

Wanneer de stroming een hoek vormt met het langscheepse vlak, dan blijven de formules echter geldig, op voorwaarde dat de krachten worden vermenigvuldigd met de volgende factoren:

- langskracht:  $\cos U$
- dwarskracht:  $(\sin U)^{1,5}$

**Tabel 3**

Weerstandscoefficient  $C_x$

$d$  = waterdiepte  $T$  = scheepsdiepgang

| Voorwerp                       | $d/T$    | $C_x$       |
|--------------------------------|----------|-------------|
| Plat vlak                      | –        | 1,00        |
| Stilstaande schroef            | $\infty$ | 0,64        |
| Schip: langscheepse weerstand  | $\infty$ | 0,05 à 0,12 |
| Schip: dwarsscheepse weerstand | $\infty$ | 0,50        |
| Schip: dwarsscheepse weerstand | 6        | 0,55        |
| Schip: dwarsscheepse weerstand | 4        | 0,80        |
| Schip: dwarsscheepse weerstand | 2        | 1,60        |
| Schip: dwarsscheepse weerstand | 1        | 4,00        |

Voor de dwarsscheepse kracht geeft tabel 4 de plaats van het aangrijpingspunt op de scheepsromp, in functie van de hoek  $U$  van de stroming. In de buurt van 90° verandert de ligging van het aangrijpingspunt zeer snel, hetgeen van groot belang is voor de berekening van de kracht op het roer of op de ankerketting.

**Tabel 4**

Afstand  $e$  van het aangrijpingspunt van de zijdelingse druk tot de voorloodlijn, in functie van de hoek  $U$  tussen de stroming en het langsvlak van het schip.

| $U(^{\circ})$   | $e/L$                            |
|-----------------|----------------------------------|
| $0 < U < 30$    | 0,25                             |
| $30 < U < 90$   | $0,50 - (\frac{0 - 30}{120})^2$  |
| 90              | 0,50                             |
| $90 < U < 150$  | $0,50 + (\frac{150 - 3}{120})^2$ |
| $150 < U < 180$ | 0,75                             |

### 3. GEDRAG VAN HET VERANKERDE SCHIP ONDER INVLOED VAN STROMING

Bij middel van de hiernavolgende formules is het mogelijk de positie van het schip en de kracht in de ankerketting te berekenen, wanneer het schip verankerd is en bij middel van schroef en roer tegen de stroming in tracht te draaien.

$$K_{Ax} = (K_{WL} - K_S) \cos U + (K_W - K_R) \sin U \quad (1)$$

$$K_{Ay} = (K_S - K_{WL}) \sin U + (K_{WL} - K_R) \cos U \quad (2)$$

$$(K_S - K_{WL}) d + K_{WT} e - K_R L = 0 \quad (3)$$

$$K_S = 50 \sqrt[3]{P^2 \frac{\pi}{4} D^2} \quad (4)$$

$$K_R = \frac{1}{2} K_S \quad (5)$$

$$e/L \text{ zie tabel 4} \quad (6)$$

$$K_A = \sqrt{K_{Ax}^2 + K_{Ay}^2} \quad (7)$$

$$a = bg \operatorname{tg} \frac{K_{Ax}}{K_{Ay}} \quad (8)$$

$$b = U + a \quad (9)$$

$$K_{WL} = 52,2 \cdot 0,09 U \cdot BT \cdot v^2 \cos U \quad (10)$$

$$K_{WT} = 52,2 \cdot 3,25 U \cdot LT \cdot v^2 (\sin U)^{1,5} \quad (11)$$

Hierin is: (zie ook fig. 2)

$K_{Ax}$  en  $K_{Ay}$ : componenten van de kracht in de ankerketting respectievelijk evenwijdig aan en loodrecht op de stroming

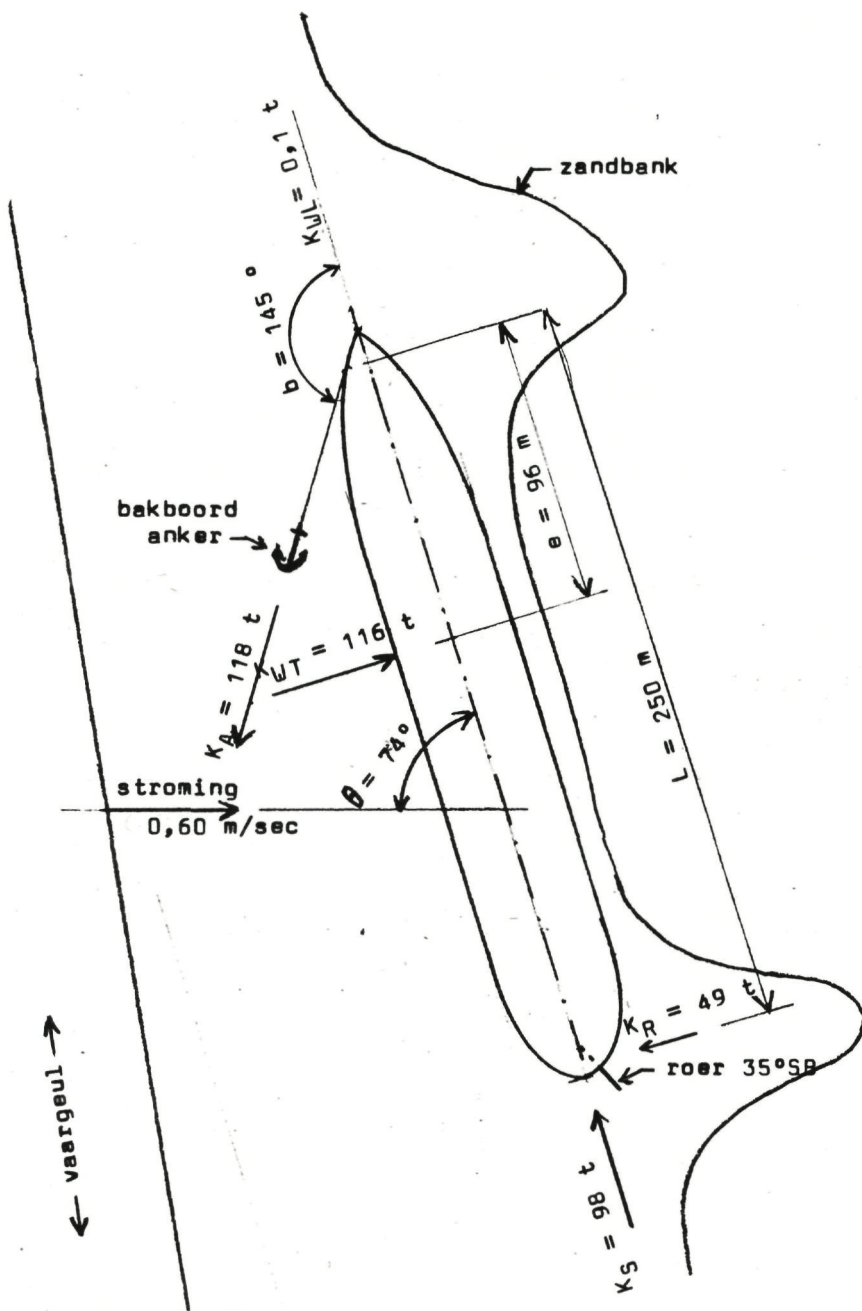


Fig 2 Schip voor anker in een stroming van  $0,60 \text{ m/sec}$   
 Vermogen  $14000 \text{ pk}$

- $K_{WL}$  = Kracht van de stroming op de romp langsscheeps  
 $K_{WT}$  = Kracht van de stroming op de romp dwarsscheeps  
 Voor de berekening van  $K_{WT}$  werd een  $C_x$  waarde van 3,25 verondersteld om reke-ning te houden met de diepe geulen welke door de stroming onder voor- en achterschip worden gegraven (zie ook tabel 3).  
 $\theta$  = Hoek tussen schip en stroming  
 $K_S$  = Stuwkracht van de schroef (Kg)  
 $K_R$  = Dwarskracht van het roer (Kg)  
 $P$  = Vermogen (14000 pk)  
 $D$  = Schroefdiameter (6,90 m)  
 $K_A$  = Kracht in de ankerzetting (Kg)  
 $d$  = afstand van de ankerkluis tot langsschip vlak, positief of negatief, naargelang het anker zich al of niet bevindt aan de zijde welke is blootgesteld aan de stroming.  
 $e$  = Afstand van aangrijpingspunt van  $K_{WT}$  tot voorloodlijn (m).  
 $L$  = Lengte tussen loodlijnen (250 m).  
 $B$  = Scheepsbreedte (36 m).  
 $T$  = Diepgang (8,00 m).

De eerste 2 vergelijkingen drukken het evenwicht der krachten uit, evenwijdig aan en loodrecht op de stroming.

De derde vergelijking drukt het evenwicht der momenten uit, t.o.v. de ankerkluis.

De resultaten der berekeningen worden getoond in tabel 5.

**Tabel 5**

*Richting van geankerd schip onder invloed van stroming op bakboord zijde. Vermogen 14000 PK. Roer naar stuurboord.*

| 1 | Anker                  | Bakboord |       |       |       | Stuurboord |       |       |       |
|---|------------------------|----------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|
| 2 | Stroomsterkte (m/sec)  | 0,70     | 0,60  | 0,50  | 0,48  | 0,70       | 0,60  | 0,55  | 0,52  |
| 3 | Richting schip $U$ (°) | 62,1     | 74,1  | 93,0  | 101,1 | 68,1       | 81,4  | 90,9  | 101,2 |
| 4 | $e/L$                  | 0,325    | 0,385 | 0,524 | 0,584 | 0,351      | 0,434 | 0,508 | 0,585 |
| 5 | Langskracht (t)        | 0,3      | 0,1   | 0     | 0     | 0,3        | 0,1   | 0     | 0     |
| 6 | Dwarskracht (t)        | 139      | 116   | 85    | 76    | 149        | 121   | 103   | 90    |
| 7 | Trekkkracht anker (t)  | 132      | 118   | 104   | 101   | 140        | 121   | 111   | 106   |
| 8 | Hoek ankerketting (°)  | 137      | 145   | 159   | 164   | 134        | 143   | 150   | 157   |

Men stelt vast dat het ankerschip langzaam in de goede richting draait (lijn 3), wanneer de stroming (lijn 2) vermindert.

Het schip kan geheel opdraaien ( $180^\circ$ ) wanneer de stroomsnelheid daalt tot 0,47 m/sec of 0,51 m/sec wanneer respectievelijk het bakboord of het stuurboord anker wordt gebruikt. De krachten op de stuurboordketting zijn iets groter. Bovendien moet deze ketting onder het schip door lopen, zodat zij onzichtbaar blijft en ook de romp kan beschadigen.

De berekende stroomsnelheid van 0,48 m/sec waarbij het schip op eigen kracht kan opdraaien tegen de stroming in, is merklijk groter dan de snelheid van de vloed bij hoogwater. Bijgevolg is het mogelijk dat het schip op eigen kracht zich losmaakt.

## BIJLAGE 2

### STERKTEBEREKENINGEN

#### 1. INLEIDING

Achtereenvolgens wordt de druk op de zandbank en de langsterkte van het schip berekend.

Deze berekeningen kunnen zeer eenvoudig met behulp van de doorgaans aanwezige boordcomputer of „loading manual” uitgevoerd worden.

#### 2. DRUK OP DE ZANDBANK

De berekening is uitgevoerd in tabel 6.

De eerste 2 kolommen bevatten de gewone berekening van de diepgangen voor en achter, wanneer het schip vrij drijft.

De volgende 2 kolommen bevatten de berekening van de druk op de zandbank, vóór het schip werd ontballast. De lijnen (1) tot (15) zijn dezelfde als voor de eerste 2 kolommen. De lijnen (17) tot (23) zijn ingevuld in omgekeerde volgorde, te beginnen met de diepgangen. De druk op de zandbak en het overeenkomstige aangrijpingspunt (lijn 16) worden bekomen als het verschil tussen de lijnen (15) en (17).

De laatste 2 kolommen bevatten de berekening van de druk bij laag water, nadat het schip gedeeltelijk was ontballast.

De druk bedroeg alsdan 27031 ton.

Volgens de uitgevoerde peilingen werd het schip ondersteund over een lengte van 80 m.

Het midden van deze lengte komt goed overeen met het aangrijpingspunt van de kracht, zijnde 133018 mm. (zie ook fig. 3).

Rekening houdend met een breedte van ongeveer 34 m, bekomt men een druk van  $10 \text{ t/m}^2$ .

#### 3. LANGSTERKTE VAN HET SCHIP

Deze kan uitgevoerd worden op de gewone manier.

De kracht op de zandbank dient beschouwd te worden als een negatief gewicht.

De lengte waarover deze druk zich uitstrekt kan bepaald worden door de waterdiepten rond het schip nauwkeurig te peilen. Indien dit niet mogelijk is, zal men niet meer dan één derde van de scheepslengte veronderstellen, omdat aan de uiteinden het zand zeer snel onder de romp wordt weggespoeld.

Tabel 6

Gewicht, zwaartepunt en druk op de zandbank

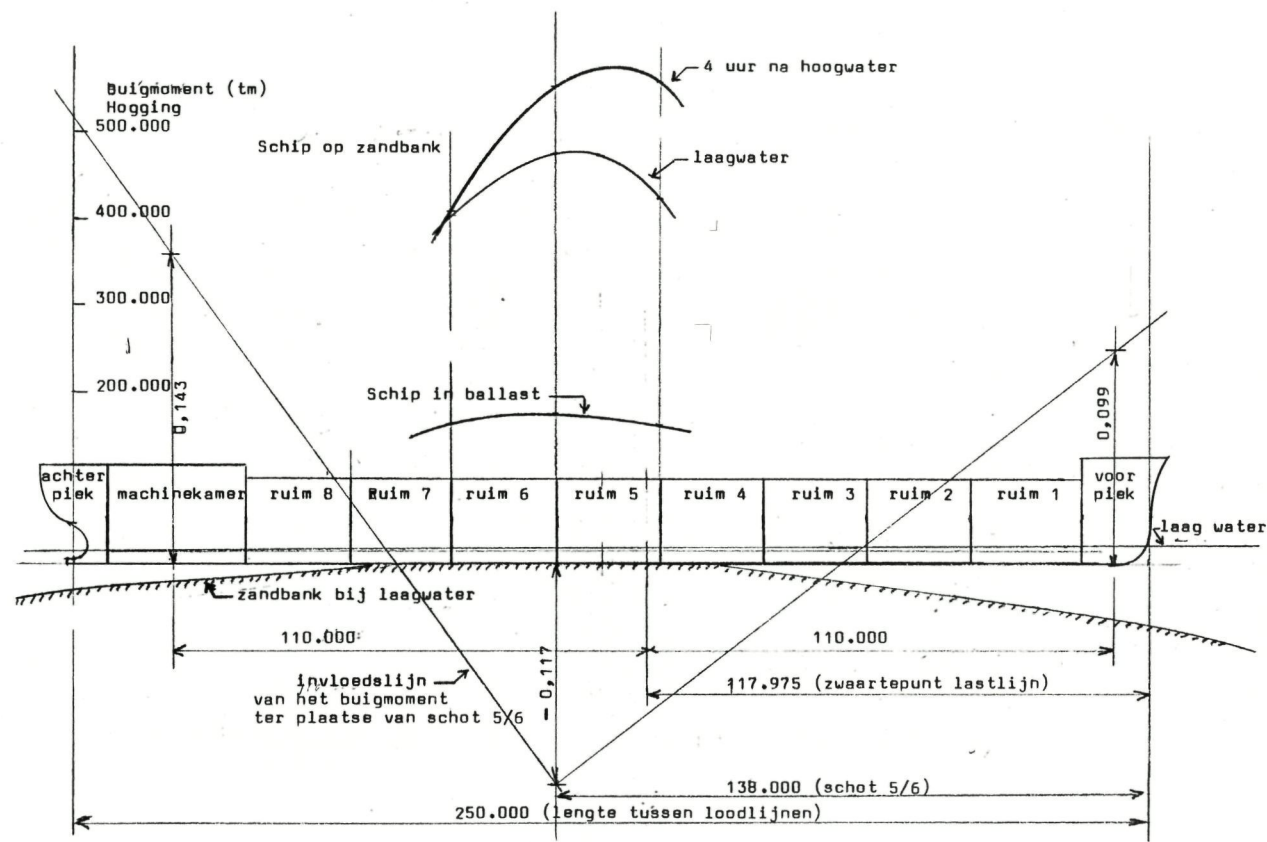
| 1  | Tijdstip            | Vóór stranding |        | ± 4 u na HW |        | LW     |        |
|----|---------------------|----------------|--------|-------------|--------|--------|--------|
| 2  | Eenheden            | t              | mm     | t           | mm     | t      | mm     |
| 3  | Ledig schip         | 19000          | 134847 | 19000       |        | 19000  |        |
| 4  | Bunkers en proviand | 1400           | 217000 | 1400        |        | 1400   |        |
| 5  | Voorpiek            | 2772           | 10840  | 2772        |        | 300    |        |
| 6  | Topside tank 1      | 3932           | 41760  | 3932        |        | 0      |        |
| 7  | Topside tank 2      | 3936           | 88840  | 3936        |        | 3936   |        |
| 8  | Topside tank 3      | 3936           | 136840 | 3936        |        | 3936   |        |
| 9  | Topside tank 4      | 4065           | 185530 | 4065        |        | 0      |        |
| 10 | Bottomside tank 1   | 4632           | 42900  | 4632        |        | 4632   |        |
| 11 | Bottomside tank 2   | 5544           | 88620  | 5544        |        | 5544   |        |
| 12 | Bottomside tank 3   | 5548           | 135870 | 5548        |        | 5548   |        |
| 13 | Bottomside tank 4   | 4933           | 183440 | 4933        |        | 4933   |        |
| 14 | Achterpiek          | 0              | 245000 | 0           |        | 0      |        |
| 15 | Gewicht schip       | 59698          | 118117 | 59698       | 118117 | 49229  | 124035 |
| 16 | Druk op zandbank    | 0              | –      | –24846      | 124133 | –27031 | 133018 |
| 17 | Displacement        | 59698          | 118117 | 34852       | 113828 | 22198  | 113096 |
| 18 | Diepgang gemiddeld  |                | 7980   |             | 4787   |        | 3122   |
| 19 | Drukkingspunt       |                | 116295 |             | 114820 |        | 114087 |
| 20 | Trim                |                | 896    |             | –300   |        | –200   |
| 21 | Hogging             |                | 0      |             | 350    |        | 320    |
| 22 | Diepgang voor       |                | 7532   |             | 5200   |        | 3500   |
| 23 | Diepgang achter     |                | 8428   |             | 4900   |        | 3300   |

Tabel 7

Buigmoment t.p.v. schot 5/6 (138 m achter voorloodlijn)

| 1  | Toestand                    | Loading manual |        | 4 u na 1e HW |        | 1e LW  |        |
|----|-----------------------------|----------------|--------|--------------|--------|--------|--------|
| 2  | Eenheden                    | P(t)           | I      | ΔP(t)        | IΔP    | ΔP(t)  | IΔP    |
| 3  | Ledig schip                 | 19000          | –      | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 4  | Bunkers en proviand         | 1600           | 0,111  | –200         | –22,2  | –200   | –22,2  |
| 5  | Voorpiek                    | 2772           | 0,094  | 0            | 0      | –2472  | –232,6 |
| 6  | Topside tank 1              | 3932           | 0,043  | 0            | 0      | –3932  | –168,3 |
| 7  | Topside tank 2              | 3936           | –0,024 | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 8  | Topside tank 3              | 3936           | –0,091 | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 9  | Topside tank 4              | 4065           | 0,020  | 0            | 0      | –4065  | –82,7  |
| 10 | Bottomside tank 1           | 4632           | 0,046  | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 11 | Bottomside tank 2           | 5544           | –0,024 | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 12 | Bottomside tank 3           | 5548           | –0,091 | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 13 | Bottomside tank 4           | 4933           | –0,004 | 0            | 0      | 0      | 0      |
| 14 | Achterpiek                  | 627            | 0,192  | –627         | –120,4 | –627   | –120,4 |
| 15 | Druk op zandbank HW         | 0              |        | –24846       | 1849,7 | –      | –      |
| 16 | Druk op zandbank LW         | 0              | –0,074 | –            | –      | –27031 | 1993,5 |
| 7  | Totaal                      | 60480          | –      | –25673       | 1707,1 | –38327 | 1367,3 |
| 18 | Δ buigmoment 220 (17) (tm)  |                | 0      |              | 375552 |        | 300803 |
| 19 | Buigmoment loading m (tm)   |                | 177570 |              | 177570 |        | 177570 |
| 20 | Buigmoment (18) + (19) (tm) |                | 177570 |              | 553122 |        | 478373 |

Fig 3 Buigmomenten midscheeps en  
invloedslijn tpv schot 5/6



Voor het betrokken schip werd telkens een lengte van 80 m verondersteld, hetgeen iets minder is dan wat overeenstemt met de peilingen.

Indien het schip zou steunen op één punt in plaats van over een lengte van 80 m, dan zou het buigmoment toenemen met:

$$\frac{1}{8} 80 \cdot 27031 = 270,310 \text{ tm}$$

De berekening der buigmomenten werd uitgevoerd met de hand, bij middel van de methode der invloedslijnen, volgens ref. 1.

De berekening van het buigmoment ter plaatse van het schot 5/6, gelegen op 138 m achter de voorloodlijn, wordt getoond in tabel 7.

Kolom (1) geeft een ladingsverdeling uit de „loading manual” waarvoor de momentenlijn gekend is.

Kolom (2) toont de invloedscoefficienten voor de verschillende aangrijpingspunten. De invloedlijn is eveneens getekend in fig. 3.

Kolom (3) bevat de verschillen tussen de ladingsverdeling 4 uur na HW en deze van kolom 1.

Kolom (4) bevat de producten van kolom 7 en 3, en de som hiervan (lijn 2).

Lijn 18 bevat de toename van het buigmoment, zijnde lijn (17) maal 220 m. Dit is de gemiddelde lengte van de waterlijnen tussen de displacements van 60480 t en 94807 t.

De kolommen (5) en (6) bevatten de overeenkomstige berekeningen voor het buigmoment bij de eerste laagwaterstand na de stranding.

De buigmomenten ter plaatse van 2 andere schotten werden op dezelfde wijze berekend.

De momentenlijnen zijn getekend in fig. 3.

Men stelt vast dat de buigmomenten de maximum toegelaten waarde bijna bereiken, zijnde ongeveer 650 000 tm.

Het staat vast dat de romp zou gebroken zijn indien niet bij laag water de voorpiek en de topsidetanks 1 en 4 hadden geledigd geweest.

## BIBLIOGRAFIE

- (1) „De langsterkte van binnenschepen” E. Cuypers. — Academie voor Overzeese Wetenschappen. Defacqzstraat 1, 1050 Brussel.
- (2) „Weerstand en voortstuwing van schepen met beperkte diepgang”. E. Cuypers. — Academie voor Overzeese Wetenschappen. Defacqzstraat 1, 1050 Brussel.
- (3) „Ship design and construction” — New York 1980.  
One World Trade Center 1369. New York. NY. 10048. 1980
- (4) „Propulsion of reduced draft vessels” E. Cuypers. Symposium 1984. SNAME.  
One World Trade Center. 1369. New York. NY. 10048.

## RÉSUMÉ

La présente étude contient principalement le rapport du sauvetage d'un vracquier de 87.000 tpl, échoué en ballast lors de la descente de l'Escaut par marée montante, sur un banc de sable au droit de la passe de Borssele.

Un premier essai de sauvetage, sans assistance de remorqueurs, a échoué.

Au 2e essai l'assistance de remorqueurs a été obtenue et le navire a été libéré sans problèmes.

D'autre part on examine les mesures à prendre après un échouage dans des conditions pareilles, dans le but d'assurer la sécurité du navire et éventuellement le sauvetage sans assistance de remorqueurs.

## SUMMARY

The present study contains mainly the salvage report of a bulkcarrier of 87 000 tdw, stranded on a sand-bank in way of the pass of Borssele, when descending in ballast the river Scheldt, against the rising tide.

A first salvage attempt, without the assistance of tugs, did not succeed.

On the second trial, with the assistance of tugs, the vessel was saved without any problem.

Moreover, recommendations are given for the security and the salvage of vessels, stranded in similar conditions, when no assistance of tugs is available.