

NEDERLANDS SCHEEPSSTUDIECENTRUM TNO
NETHERLANDS SHIP RESEARCH CENTRE TNO
SHIPBUILDING DEPARTMENT LEEGHWATERSTRAAT 5, DELFT



DE INVLOED VAN EEN INGEKROMPEN TIJDSCHAAL
OP HET LEREN MANOEUVREREN VAN GROTE SCHEPEN

(THE EFFECT OF A CONTRACTED TIME-SCALE ON THE LEARNING
ABILITY FOR MANOEUVRING OF LARGE SHIPS)

door

DRS. G. L. TRUIJENS

DRS. W. A. WAGENAAR
(Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO)

IR. W. R. VAN WIJK
(Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies)



VOORWOORD

Eén der belangrijkste verschillen tussen de nautische situatie in de werkelijkheid en die bij het manoeuvreren met varende schaalmodellen in een stuurvijver is het verschil in tijdschaal. Deze tijdschaal wordt bepaald door de eis dat aan de modelregel van Froude moet worden voldaan.

Overwegingen van psychologische aard en eerder gevonden resultaten met betrekking tot de waarneming van langzame bewegingen en de menselijke informatieverwerking tijdens de in werkelijkheid traag verlopende stuurprocessen, deden vermoeden dat bij een „ingekrompen” tijdschaal andere eisen aan de roer-ganger gesteld worden dan wanneer de tijdschaal 1 : 1 wordt toegepast. Ervaring opgedaan met een „ingekrompen” tijdschaal zou uit dien hoofde mogelijk niet zonder meer gebruikt kunnen worden bij voorkomende situaties in de werkelijke tijd. Het leek daarom wenselijk een onderzoek in te stellen naar de invloed van de tijdschaal op het leren manoeuvreren van proefpersonen en naar de mogelijkheid van „overdracht van training”.

Het ter beschikking komen van de door het Instituut TNO voor Werktuigkundige Constructies en het Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO ontwikkelde scheepsmanoeuvresimulator, waarmede het stuurgedrag van schepen onder invloed van snelheid, roer, stroom en wind kan worden gesimuleerd en waarbij tevens de tijdschaal gemakkelijk kan worden gevarieerd, maakte dit onderzoek mogelijk. Een beschrijving van het ontwerp en de uitvoering van de stuursimulator in combinatie met een analoge rekenmachine en een motivering van de toegepaste bewegingsvergelijkingen geeft mededeling no. 18 S, welke in de eerste helft van 1969 door het Scheepsstudiecentrum werd gepubliceerd.

De resultaten van het in dit nieuwe rapport beschreven experiment wijzen er op, dat althans voor een aantal belangrijke aspecten van de manoeuvreertaak, ervaring en inzichten opgedaan bij een ingekrompen tijdschaal, waarbij de gebeurtenissen zich in een relatief korter tijdbestek afspelen, toch gebruikt kunnen worden in de werkelijke tijd.

HET NEDERLANDS SCHEEPSSTUDIECENTRUM TNO

PREFACE

One of the most important discrepancies between the nautical situation in the reality and that with manoeuvring of sailing scale-models in a steeringbasin is the difference in time-scale. The time-scale is fixed by the demand to fulfil the model-scaling law of Froude.

Considerations of psychological nature and results found before with regard to the perception of slow motions and the human information treatment during the in reality slowly elapsing steering processes, did suppose that with a contracted time-scale other demands are made to the helmsman than when using a time-scale 1 : 1.

Training in a contracted time-scale might possibly not simply be transferred to occurring situations in real time. For that reason it seemed to be desirable to investigate the influence of the time-scale upon the learning ability for manoeuvring of subjects and upon the possibility of "training-transfer".

This investigation could be done by the ship manoeuvring simulator developed by the Institute TNO for Mechanical Constructions and the Institute of Perception RVO-TNO. With this simulator the manoeuvring behaviour of ships as dependent of ships velocity, rudder, stream and current can be simulated and at the same time the time-scale can easily be varied.

In Communication no. 18 S published by the Netherlands Ship Research Centre TNO in the early part of 1969, a description is given of the design and the performance of the manoeuvring simulator in combination with an analog computer as well as a motivation of the equations of motion as used.

The results of the experiment described in this new report show, that as concerns a number of important aspects of the manoeuvring task, the experience and insights gained at a contracted time-scale at which the events take place in a relative shorter time can be used in real time.

THE NETHERLANDS SHIP RESEARCH CENTRE TNO

INHOUD

	blz.
Samenvatting	5
Summary	5
1 Inleiding	5
2 Experimentele opzet	6
2.1 Apparaat; schip; vaartduur	6
2.2 Proefpersonen	6
2.3 Instructie	6
2.3.1 Situatie	6
2.3.2 Schip	7
2.3.3 Model	7
2.3.4 Opdracht	7
3 Scoring; optimale manoeuvre	7
4 Resultaten	9
5 Discussie	9
6 Overwegingen ten aanzien van de opzet van een volgend experiment	11
6.1 Voortraining	11
6.2 Experimentele opzet	12
6.3 Proefpersonen	12
6.4 Beloning	12
6.5 Herziening opdracht en scoring	12
7 Conclusies	12
8 Literatuur	13
Appendix	14

DE INVLOED VAN EEN INGEKROMPEN TIJDSCHAAL OP HET LEREN MANOEUVREREN VAN GROTE SCHEPEN

door

Drs. C. L. TRUIJENS, Drs. W. A. WAGENAAR en Ir. W. R. VAN WIJK

Samenvatting

Gebruik makend van de scheepsmanoeuvresimulator ontwikkeld door TNO-IWECO en IZF-TNO werd een onderzoek gedaan naar de invloed van een ingekrompen tijdschaal op de training van stuurlieden in het manoeuvreren van supertankers. Met name werd onderzocht in hoeverre training op een ingekrompen tijdschaal wordt overgedragen op een situatie met een werkelijke tijdschaal. Twee groepen van 6 proefpersonen bestaande uit stuurlieden studierend voor de 1e en 2e rang, maakten 6 trainingsvaarten, één groep met een ingekrompen tijdschaal (1 : 5), de andere groep met een werkelijke tijdschaal (1 : 1); hierna maakten alle proefpersonen testvaarten in tijdschaal 1 : 1. Tijdens de vaart moest een eenvoudige manoeuvre worden uitgevoerd: het naderen en volgen van een lichtlijn, waarbij moest worden rekening gehouden met effecten van stroom en wind.

Tijdens de vaart werden o.a. baan, koers en roerhoek voortdurend geregistreerd. De positie van het schip werd tijdens de vaart vergeleken met een tevoren gedefinieerde optimale manoeuvre; als score was aan het einde van iedere vaart de integraal van het verschil tussen de feitelijke en optimale positie over de tijd als getal beschikbaar.

De resultaten lieten zien dat er overdracht van training in een ingekrompen tijdschaal plaats vindt. De prestaties van de stuurlieden liggen echter ver beneden het peil van de prestaties van loodsen en stuurlieden van modelschepen, die in een vorig experiment (Wagenaar en Michon [5]) als proefpersonen fungeerden. Dit gegeven en de hoge variabiliteit in de prestaties, zowel tussen de proefpersonen als binnen de afzonderlijke proefpersonen wijzen niet op een beheersen van de conceptuele problemen van het varen op een groot schip. De resultaten suggereren dat conceptuele aspecten van het manoeuvreren kunnen worden geleerd op een ingekrompen tijdschaal, terwijl verfijning van de manoeuvre op ware tijd moet geschieden, zoals werd gevonden door Wagenaar en Michon [5].

Er werd aandacht besteed aan problemen van instructie en scoring en tevens werden suggesties gedaan m.b.t. de opzet van een vervolg experiment.

Summary

Using the ship manoeuvring simulator, developed by TNO-IWECO and IZF-TNO the effect of a contracted time scale, as occurs with manoeuvring of scale models, on the training of ship officers was studied. It was investigated to what degree training in a contracted time scale shows transfer to a real time situation. Two groups of 6 subjects (second and third mates), performed 6 training runs, one group in a contracted time scale (1 : 5), the other in the real time scale. For both groups testruns in the real time scale followed. During a run a simple manoeuvre had to be executed: approaching and following a leading line of lights.

During each run, path, course and rudder angle were recorded continuously. During the run the position of the ship was compared with an optimal path; at the end of each run a score was available in the form of the integral of the difference between the actual and the optimal position over time.

The results showed that positive transfer of training in the contracted time scale occurred. However, the performance of our second and third mates was far below the level of pilots and model navigators in former experiments. (Wagenaar and Michon [5]). This finding and the large variability in performance both between and within the subjects, points to an inability of the subjects to handle the conceptual problems of manoeuvring a very large ship. It is suggested that conceptual aspects of manoeuvring can be trained in a contracted time scale, whereas refinement of the manoeuvre should occur in real time, as reported by Wagenaar and Michon [5].

Attention was paid to problems of instruction and scoring, and suggestions for a new experiment were made.

1 Inleiding

In een experiment van Wagenaar en Michon [5] over het varen op een gesimuleerde mammoettanker werd aangetoond dat inkrimping van de tijdschaal, zoals die bijvoorbeeld bij manoeuvreerexperimenten met behulp van schaalmodellen optreedt, van invloed is op de prestatie van de stuurman. In het algemeen bleek het manoeuvreren van zeer grote schepen in een ingekrompen tijdschaal een eenvoudiger opgave dan het varen in de werkelijke tijdschaal. De vraag rees in hoeverre het zinvol is stuurlieden te trainen in een ingekrompen tijdschaal. Uit de literatuur (Poulton [4]; Deese en Hulse [2]) is bekend dat overdracht van training beter plaatsvindt naarmate de trainingstaak meer lijkt op de taak

waartoe de training opleidt (in experimenten: de testtaak).

Ook bij betrekkelijk veel op elkaar lijkende taken, waarbij overigens overdracht van training plaatsvindt, komt het voor dat na de training aanvankelijk veel slechtere prestaties worden geleverd dan tijdens de training, een effect dat na enige tijd snel verdwijnt, Hammerton [3].

Het is duidelijk dat een dergelijke daling van het prestatieniveau bij de overgang van een ingekrompen naar een werkelijke tijdschaal, bijvoorbeeld bij de overgang van training op een model naar de praktijk, gevaren met zich mee kan brengen.

Om een eerste inzicht te krijgen in deze problemen werd door Wagenaar en Michon aansluitend aan het

eerste experiment en met dezelfde proefpersonen (hierna aan te duiden met ppn.) het volgende experiment opgezet: 12 ppn. bestaande uit loodsen en modelstuurlii, (d.w.z. ppn. die ervaring hadden met het besturen van modelschepen) maakten 18 trainingsvaarten op een gesimuleerd model (modelschaal 1 : 25, tijdschaal 1 : 5) van een mammoettanker en daarna drie testvaarten in de normale tijdschaal. De duur van de vaarten was respectievelijk 108 sec. en 9 min. (Fig. 1).



Fig. 1 Opzet van het experiment van Wagenaar en Michon (1958).

De prestatie van de testvaarten kon vergeleken worden met de laatste prestatie in de 1 : 1 conditie van dezelfde pp. in een voorafgaand experiment.

De conclusie die uit dit experiment getrokken kan worden was dat de ppn. in de testvaarten iets betere prestaties leverden dan in de laatste vaart in 1 : 1 schaal in het voorafgaande experiment, maar veel slechtere vergeleken met de prestaties in de trainingsvaarten in tijdschaal 1 : 5.

Tegen dit experiment konden enige bezwaren aangevoerd worden. Ten eerste wil men in een leerexperiment graag over „verse” ppn. beschikken; men kan zich voorstellen dat in dit experiment een overdracht van training op 1 : 1 schaal in het voorafgaande experiment zou kunnen zijn opgetreden, over de 1 : 5 vaarten heen.

Een tweede bezwaar is het ontbreken van een controlegroep, d.w.z. een groep die in de plaats van training op 1 : 5 training op 1 : 1 gekregen heeft. Met het oog hierop werd het volgende experiment ontworpen.

2 Experimentele opzet

Om aan de simulator te wennen maakten de ppn. eerst 4 vaarten op een geheel ander schip dat toevallig beschikbaar was, nl. een mijnenjager.

Bovendien werd in deze experimenten een score verkregen ($\int_0^T |y_0| dt$, waarin y_0 de afstand van het gewichtszwaartepunt van het schip tot de lichtenlijn) op grond waarvan de groepen gelijk konden worden gehouden met betrekking tot het prestatieniveau van de ppn.

Er waren twee condities. De ppn. in conditie I maakten na het varen op de mijnenjager 6 trainingsvaarten op het model, modelschaal 1 : 25, tijdschaal 1 : 5. De ppn. in conditie II maakten 6 trainingsvaarten in 1 : 1 schaal (ware grootte simulatie). Voor beide groepen volgden dan 4 testvaarten in 1 : 1 schaal (Fig. 2).

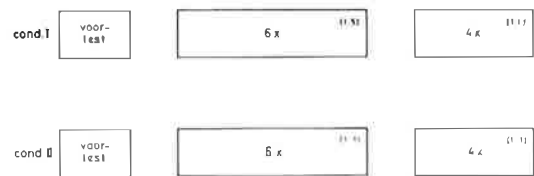


Fig. 2 Opzet van het experiment.

2.1 Apparaat; schip; vaartduur

Gebruik werd gemaakt van dezelfde scheepssimulator als bij Wagenaar en Michon [5]. Een gedetailleerde beschrijving vindt men bij Van den Brug en Wagenaar [1].

Het schip was een koersstabele tanker van 250.000 ton waterverplaatsing met een lengte van 300 m en een breedte van 48 m.

De bewegingsvergelijkingen van het schip vindt men in appendix I. De duur van de vaarten was 3 min. in de 1 : 5 schaal en 15 min. in de werkelijke tijdschaal.

2.2 Proefpersonen

Ppn. waren 12 stuurlieden, studierend voor de 1e of 2e rang; slechts één van hen had ervaring op schepen groter dan 25.000 ton waterverplaatsing.

2.3 Instructie

Voor het varen op de mijnenjager kregen de ppn. een inleiding over de opzet van het experiment en een zelfde instructie als voor het varen op de tanker (zie onder). Bij de aanvang van het eigenlijke experiment waren zij dus al vertrouwd met de opdracht en met de situatie, die bovendien lijkt op die bij Hoek van Holland.

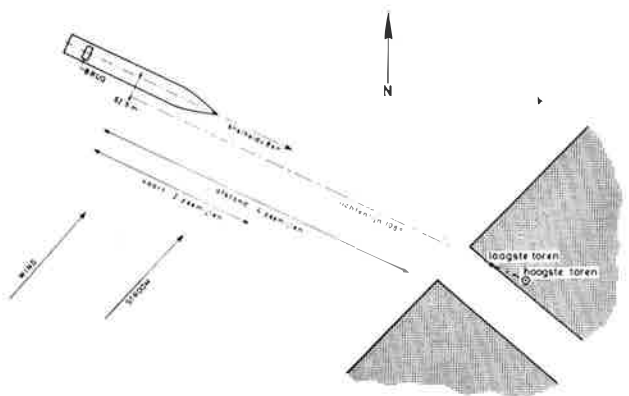


Fig. 3 Situatieschets, zoals deze aan de ppn. werd voorgelegd.

Vóór het varen op de tanker werd dan Fig. 3 met hen doorgenomen en werden de volgende punten besproken:

2.3.1 Situatie

- koers lichtenlijn 108°.
- laagste dikke toren staat voor de hoge smalle toren.

- beginsituatie: 62,5 m ten noorden van de lichtenlijn, beginkoers 108°.
 - beginpunt 4 zeemijlen uit de kust.
 - snelheid constant 8 kn.
 - vaartijd 15 min. (1 : 1) en op het model 3 min. (1 : 5); vaarafstand 2 zeemijlen.
 - wind: harde Z.W. wind.
- Het schip heeft een hoge achteropbouw.
- stroom: uit het Z.W., gemiddelde snelheid 0,6 kn, naar de kust toenemend.

2.3.2 Schip

- 250.000 ton waterverplaatsing.
- 300 m lang.

2.3.3 Model

- 16 ton waterverplaatsing.
- 12 m lang.
- De reacties van het model zijn vijf maal zo snel als de reacties van hetzelfde schip op ware grootte.

2.3.4 Opdracht

- zo snel mogelijk naar de lichtenlijn varen, er niet te veel doorheen schieten en er zo goed mogelijk op blijven.
- het varen op de lichtenlijn moet zo nauwkeurig mogelijk gebeuren, rekening houden met drift door stroom en wind.
- ideale manoeuvre (zie Fig. 4), is weergegeven als de baan van het zwaartepunt van het schip.

Met name van belang is punt 2.3.4, de opdracht die de

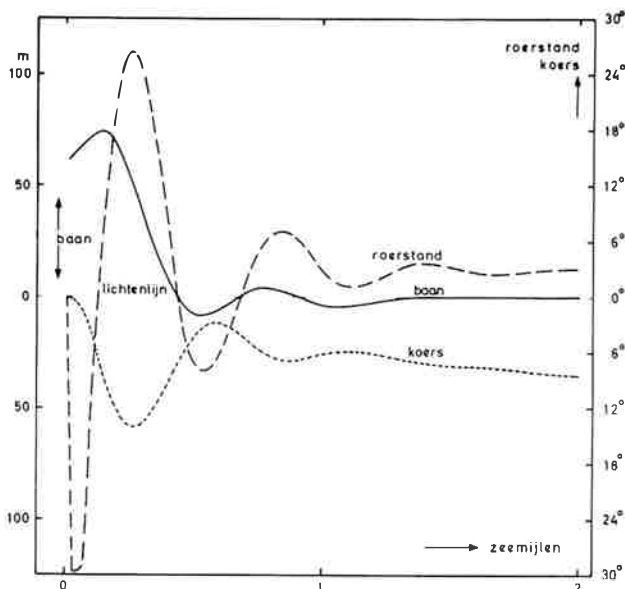


Fig. 4 Roerstand, koers en baan van het schip, bestuurd door de automatische besturing.

ppn. moesten vervullen. Deze werd besproken aan de hand van Fig. 4, waarvan alleen de baan van het schip ter sprake kwam. Er werd benadrukt dat er werkelijk zo snel mogelijk naar de lichtenlijn toegevaren moest worden en dat men moest proberen er precies op te blijven, hoewel dit een manoeuvre is die in de praktijk wellicht wat anders uitgevoerd zou worden.

Uitgelegd werd ook hoe iedere prestatie gescoord werd en dat men strafpunten kreeg als men later op de lichtenlijn kwam dan de automaat (zie scoring).

Uit een vooronderzoek was gebleken, dat de taak voor een aantal ppn. te moeilijk was; daarom werd aan deze instructie, die alle specifieke informatie bevat, die voor het correct uitvoeren van de manoeuvre nodig is, nog een algemene toelichting over het varen op grote schepen toegevoegd. Hierin kwam het volgende ter sprake:

1. U moet van tevoren een *vaarplan* maken voor deze manoeuvre. U komt er *niet* als u zo maar gaat staan sturen en de afwijkingen van het schip corrigeert op het moment dat ze optreden: van te voren de gang van zaken trachten te berekenen.
2. U moet rekening houden met:
 - a. De grote traagheid van het schip. Als u roer geeft duurt het lang voordat het schip zich in beweging zet. Nog veel langer duurt het om het schip een andere koers te geven terwijl het nog in tegengestelde richting draait; b.v. als het schip door de lichtenlijn vaart is het van belang wat het op dat moment doet. Als het op dat moment in de goede koers ligt, gaat het het beste. Als het nog niet in de goede koers ligt, maar het draait in de goede richting schiet u er wel door, maar niet zo ernstig. Als u door de lichtenlijn vaart, terwijl het schip nog van de goede koers afdraait, gaat het helemaal mis; dit laatste gebeurt als u pas tegenroer gaat geven als u door de lichtenlijn vaart. U moet dus lang *van tevoren* tegenroer geven.
 - b. Als u eenmaal op de lichtenlijn zit, is het de zaak om uit te zoeken wat de goede koers is, rekening houdend met de stroom en wind (schip wordt weggezeten en wil oploeven). U komt er natuurlijk *niet* door uw boeg steeds op de torens van de lichtenlijn gericht te houden.
 - c. Als u op de lichtenlijn zit dan is het nog best mogelijk dat uw schip een zijwaartse beweging maakt, die u niet opmerkt, omdat u nog ver van de kust bent. Als de lichtenlijn dan opeens open gaat, kan het snel gaan, ook door de stroom.

3 Scoring; optimale manoeuvre

Tijdens de experimenten van Wagenaar en Michon kwam de behoefte naar voren aan een maat voor de

prestaties van de ppn. om met behulp daarvan de experimentele condities te vergelijken.

De moeilijkheid bij het vinden van een geschikte score is, dat men om een bepaalde vaart te kunnen beoordelen, vast moet leggen wat de optimale manoeuvre is. Dat dit geen eenvoudig probleem is blijkt uit onderstaand voorbeeld.

We stellen als optimale manoeuvre voor een vaart, waarin het schip zich voortdurend zo dicht mogelijk bij de lichtenlijn bevindt. Omdat een analoge rekenmachine zich bij uitstek leent tot het integreren over een tijdsinterval, nemen wij als score: $\int_0^T |y_0| dt$, waarin y_0 de afstand van het zwaartepunt van het schip tot de lichtenlijn is. Ogenschijnlijk geeft deze score een goede indicatie voor de mate waarin de pp. geslaagd is aan de instructie te voldoen, maar in feite is er zeer goed een manoeuvre mogelijk, die een lage score oplevert en toch beslist niet optimaal genoemd mag worden. Dat is nl. een manoeuvre waarbij het schip voortdurend dicht om de lichtenlijn blijft slingeren en lang nadat de vaart van

2,5 km in ons experiment afgelopen is, nog niet in een stabiele baan op de lichtenlijn zou zijn gekomen. Er zijn zelfs manoeuvres denkbaar waarbij het schip de eerste 2,5 km dicht bij de lichtenlijn vaart, maar er daarna sterk doorheenschiet. Men kan dit probleem oplossen door de vaarlengte te vergroten, maar de 3,5 km die bij de huidige apparatuur maximaal mogelijk is, is niet voldoende.

Er werd daarom gezocht naar een betere definitie van de optimale vaart, waarin behalve met de afstand tot de lichtenlijn ook rekening gehouden werd met de tijd waarin het schip in een stabiele baan op de lichtenlijn komt.

Als optimale vaart werd daarbij gekozen die vaart waarbij $\int_0^T y_0^2 dt$ minimaal is, bij een automatische besturing van het schip, zoals beschreven in Appendix I waarin:

y_0 = de afstand van het zwaartepunt van het schip tot de lichtenlijn.

T = de duur van de manoeuvre.

Tabel Ia $\log \int_0^T (y_{0_{pp}} - y_{0_{aut}})^2 dt$ TRAINING

conditie	pp./vaart	1	2	3	4	5	6	sommatie	tijdschaal
I	1	3.868	2.998	3.405	3.473	3.497	2.783	20.024	1 : 5
	2	4.146	2.940	2.785	2.945	2.779	3.113	18.708	
	3	4.301	3.346	3.051	2.438	2.747	2.666	18.549	
	4	4.312	3.989	3.714	3.967	3.525	3.379	22.886	
	5	3.718	4.279	3.599	3.856	2.865	3.276	21.593	
	6	2.824	3.245	3.338	3.564	2.516	2.415	17.902	
	6	23.169	20.797	19.892	20.243	17.929	17.632	119.662	
II	7	3.145	3.033	2.754	3.199	3.242	2.743	18.116	1 : 1
	8	4.114	4.041	4.079	3.779	3.323	2.998	22.334	
	9	3.583	3.890	4.130	3.719	3.826	3.764	22.912	
	10	3.603	3.580	2.799	3.700	3.015	3.537	20.234	
	11	3.687	3.454	3.883	3.659	3.002	3.449	21.134	
	12	4.167	3.847	3.122	3.533	2.795	2.734	20.198	
		22.299	21.845	20.767	21.589	19.203	19.225	124.928	
		45.468	42.642	40.659	41.832	37.132	36.857	244.590	

Tabel Ib $\log \int_0^T (y_{0_{pp}} - y_{0_{aut}})^2 dt$ TEST

conditie	pp./vaart	7	8	9	10	sommatie	tijdschaal
I	1	2.810	2.477	2.842	3.066	11.195	1 : 1 na 1 : 5
	2	2.441	3.155	2.942	3.144	11.682	
	3	3.364	2.906	3.000	2.816	12.086	
	4	3.951	3.306	3.375	2.681	13.313	
	5	3.607	2.683	3.319	2.910	12.519	
	6	2.846	2.560	2.533	2.863	10.802	
		19.019	17.087	18.011	17.480	71.597	
II	7	2.985	2.636	2.641	2.626	10.888	1 : 1 na 1 : 1
	8	3.121	3.146	2.587	3.159	12.013	
	9	2.851	3.221	3.377	3.617	13.066	
	10	3.530	3.057	3.176	3.123	12.886	
	11	3.797	3.338	2.744	3.595	13.516	
	12	2.267	2.217	2.164	2.281	8.929	
		18.551	17.657	16.689	18.401	71.298	
		37.570	34.744	34.700	35.881	142.895	

In het programma van de analoge rekenmachine werd een automatische besturing opgenomen, die tegelijkertijd met de pp. de manoeuvre op de boven beschreven optimale wijze uitvoerde.

De roerstand, koers en plaats van het schip bestuurd door de automaat vindt men in Fig. 4, uitgezet tegen de tijd.

De score werd nu als volgt vastgesteld: tijdens het varen werd de positie van het schip voortdurend vergeleken met de positie van het schip bestuurd door de automaat; als score werd gebruikt

$$\int_0^T (y_{0\ pp} - y_{0\ aut})^2 dt,$$

waarin $y_{0\ pp}$ de positie van het schip bestuurd door de pp. en $y_{0\ aut}$ de positie van het schip bestuurd door de automaat aangeeft.

De waarde van deze integraal was aan het einde van iedere vaart als getal beschikbaar.

Bovendien werd roerstand, baan, koers en score voortdurend geregistreerd.

4 Resultaten

Tabellen Ia en Ib geven waarden van

$$\log \int_0^T (y_{0\ pp} - y_{0\ aut})^2 dt,$$

per pp. en per vaart.

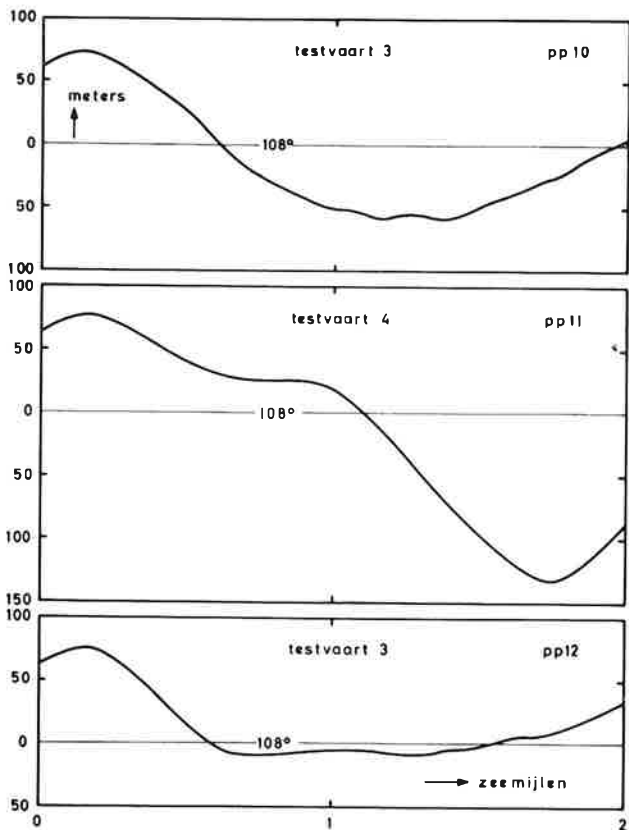


Fig. 5 Enkele representatieve vaarten.

De vet gedrukte waarden zijn niet nauwkeurig, doordat de pp. een zodanige manoeuvre uitvoerde dat één of meer versterkers in de simulator overbelast werden.

Enkele representatieve banen vindt men in Fig. 5. Tabel II geeft het aantal nuldoorgangen van het roer tijdens de testperiode.

Tabel II. Aantal nuldoorgangen van het roer tijdens de testvaarten.

conditie	pp.	1	2	3	4	sommatie	tijdschaal	
I	1	12	9	6	10	37	1 : 1	
	2	3	6	4	4	17	na	
	3	12	26	18	17	73	1 : 5	
	4	31	28	28	28	115		
	5	12	18	9	18	57		
	6	26	24	21	28	99		
			96	111	86	105	398	
	7	10	14	6	8	38		
	8	8	7	5	10	30		
II	9	20	24	24	22	90	1 : 1	
	10	17	19	11	24	71	na	
	11	13	12	7	16	48	1 : 1	
	12	23	25	21	27	105		
		100	101	74	107	382		

5 Discussie

Het belangrijkste resultaat is een significant leereffect zowel voor de 1 : 1 als de 1 : 5 conditie. Er was in conditie I volledige positieve overdracht van de training van de zes 1 : 5 trainingsvaarten naar de vier 1 : 1 testvaarten. Vergelijking van de 4 testvaarten in conditie I met de eerste vier trainingsvaarten in conditie II geeft een significant betere prestatie voor conditie I, d.w.z. voor de groep die zes 1 : 5 vaarten achter de rug heeft. (Toegepast is de t-toets $p < .05$). Dit verschil is echter moeilijk te interpreteren omdat het verschil in de behandelingen die de ppn. in conditie I (testvaarten) en conditie II (trainingsvaarten) zich niet beperkt tot wel of geen training op een schaalmodel; de ppn. hebben bij de testvaarten nl. ook ervaring met de simulator, de situatie, de manoeuvre, de bedieningsorganen van het schip en meer algemeen met de gehele experimentele situatie (zie Fig. 6). De overdracht van training die uit deze vergelijking blijkt is daarom niet met zekerheid toe te schrijven aan het leren hanteren van een schip.

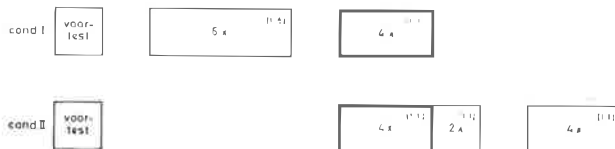


Fig. 6 Vergelijking van de testvaarten van cond. I met de eerste 4 trainingsvaarten van cond. II.

Overigens blijkt uit deze vergelijking wel, dat training op modelschaal effectief kan zijn, wat voor een aantal aspecten van de taak betreft die door de ingekrompen tijdschaal niet worden beïnvloed.

Ook met betrekking tot de andere scores die voor de vaarten werden berekend zijn geen significante verschillen tussen de twee condities gevonden. Zie ter illustratie b.v. Tabel II; het aantal nuldoorgangen van het roer is tijdens de testperiode voor beide condities vrijwel gelijk.

De totale resultaten zijn in tegenspraak met de gegevens van Wagenaar en Michon. Bij inspectie van de gegevens valt echter het volgende op:

- a. de prestaties zijn veel slechter dan in het experiment van Wagenaar en Michon.
- b. de variabiliteit in de prestaties is zeer hoog, zowel tussen de ppn. als binnen afzonderlijke ppn. tussen de vaarten.

De verklaring voor deze verschillen moet gezocht worden in het feit dat leerlingen van de zeevaartschool i.p.v. loodsen als ppn. werden gebruikt. Het belang hiervan kan als volgt worden verduidelijkt.

Het besturen van een zeer groot schip is een taak, waarin allerlei factoren meespelen die een invloed op de prestatie kunnen hebben. Twee belangrijke aspecten zijn aan deze taak te onderscheiden.

a. *Planning vooraf.* Bij de besturing van een zeer groot schip kan men niet naïef te werk gaan, door steeds de optredende koersafwijkingen te corrigeren. De koersafwijkingen worden daarvoor te laat zichtbaar, de correctie moet dan veel groter zijn, terwijl het effect van de correctie pas na een lange tijd merkbaar is. Sturend op deze manier brengt de pp. het schip in een slingering met een onnodig grote amplitude. Voor een goede vervulling van de taak moet de pp. van tevoren een plan maken waarbij rekening wordt gehouden met de traagheid van het schip, de wind, de stroom en de gevraagde manoeuvre. Alleen dan is het mogelijk koerswijzigingen op het juiste moment tot stand te brengen.

b. *Informatieverwerking.* Als de pp. over een goed plan beschikt moet hij het verloop van de manoeuvre controleren met behulp van de inkomende informatie. Hierbij treden de moeilijkheden op die reeds door Wagenaar en Michon werden genoemd:

- waarnemen van hoeksnelheid en hoekversnelling
- extrapolatie van langzame bewegingen
- anticipatie over lange tijdsintervallen
- schatten van tijdsintervallen
- rekening houden met voorgaande roerbewegingen.

Een mogelijke verklaring voor het verschil tussen loodsen en leerlingen zal nu gelegen zijn in de planning vooraf. Loodsen maken vrijwel direct de correcte manoeuvre en kwamen in feite nooit veel verder dan

62,5 m van de lichtenlijn, d.w.z. de uitgangspositie. Zij konden hun fouten begrijpen, en daardoor hun manoeuvre verbeteren. De precisie waarmee de manoeuvre werd uitgevoerd varieerde met de precisie waarmee de informatie over het verloop van de manoeuvre kon worden verkregen. De ingekrompen tijdschalen hadden geen effect op de planning vooraf, maar juist op de informatieverwerking tijdens de vaart, en daardoor ook op de vaarprestatie.

Leerlingen van de zeevaartschool bleken echter grote moeilijkheden te hebben met de planning vooraf: een aantal van hen maakte helemaal geen plan maar trachtte slechts optredende afwijkingen te corrigeren.

Deviaties van de lichtenlijn van 200 m en meer vormden geen uitzondering, terwijl ze niet begrepen waarom ze „opeens” zo ver uit de lijn zaten. Het is duidelijk dat hierdoor de variabiliteit in de prestaties sterk wordt verhoogd, zowel tussen de ppn. (de ene pp. begrijpt de situatie wel, de andere niet) als binnen één pp. (pp. kan zijn strategie niet verbeteren omdat hij de feiten niet begrijpt; hij probeert daarom steeds iets nieuws). De verschillen die eventueel door de tijdschaal zouden worden geïntroduceerd vallen in het niet bij de reeds bestaande variabiliteit, veroorzaakt door het gebrek aan planning vooraf. Deze redenering suggereert dat het leren uitvoeren van een manoeuvre uit twee fasen bestaat nl., 1e het leren van de planning vooraf, hetgeen op een samengetrokken tijdschaal kan geschieden, en 2e het verfijnen van de manoeuvre op basis van verwerkte informatie tijdens het varen, hetgeen beter op de werkelijke tijdschaal kan plaats vinden. Voor de beoordeling van de waarde van training in schaalmodellen moet dan het aanvankelijke prestatieniveau van de pp. in aanmerking worden genomen.

Een veel gehoorde opmerking van de ppn. was dat de opgave (zo snel mogelijk naar de lichtenlijn toe en er zo goed mogelijk op blijven) niet realistisch was; in de praktijk zouden zij zich „er langzaam in laten zakken” en een aantal meters bovenstrooms blijven varen. Naarmate de ppn. de instructies beter opvolgden, kwamen ze voor een moeilijker taak te staan: hoe sneller men nl. naar de lichtenlijn toe vaart, hoe moeilijker het wordt om het schip erop te houden. Het feit dat de ene pp. veel meer dan de andere bereid was snel naar de lichtenlijn toe te varen (en dus een risico te lopen) kan veel verschillen tussen de ppn. geïntroduceerd hebben.

De scoring was in deze zin niet reëel, omdat de auto-maat een manoeuvre uitvoert, die voor een roerganger veel te riskant is: zeer grote roeruitslagen, gedurende zeer korte perioden (Fig. 4). Een kleine fout in de timing zou een menselijke roerganger, als hij de auto-maat wil nabootsen, reeds grote fouten in de baan opleveren.

Een proefpersoon die deze risico's wil vermijden pakt

het daarom iets anders aan. Hij geeft kleinere roeruit-slagen gedurende langere perioden, zodat hij iets later op de lichtenlijn komt, maar daardoor veel minder risico loopt.

Door de huidige scoring wordt een dergelijke pp. benadeeld op het moment dat de automaat de lichtenlijn passeert (Fig. 7 ter plaatse bij A). De zeer lage score van pp. 12 (Fig. 5) werd b.v. voor een groot deel behaald tussen A en B.

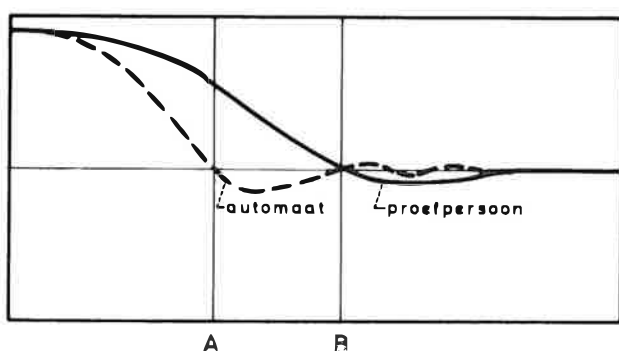


Fig. 7 Baan van de automaat en van een proefpersoon.

Dit punt zal hier nog geen grote rol gespeeld hebben. Bij ppn. met goede prestaties, zoals loodsen, zal het wel van belang zijn.

Terwijl men in het voorgaande experiment de indruk had dat de ppn. na enige vaarten uitgeleerd waren, zien we hier (Tabel I), dat de prestaties in de laatste trainingsvaarten nog steeds toenemen. Dit gegeven bevestigt de veronderstelling dat onze ppn. bij de aanvang van het experiment zich in een vroeger stadium van het leerproces bevonden dan de loodsen en modelstuurlui.

Een aantal ppn. had klachten over de simulator; met name had men soms bezwaren tegen de stand van de lichtenlijn; bij controle bleek deze echter steeds in orde. Opvallend was dat vooral de slechte ppn. bezwaren hadden. Men kan overigens wel stellen dat de gebruikte apparatuur, hoe geschikt ook om de principes en het nut van een dergelijke scheepssimulator te demonstren, toch te beperkt van opzet was om een volledige illusie van werkelijkheid te geven. Hiervoor was de stuurhut te klein, de lichtintensiteit van het scherm te gering, terwijl de gevolgde methode van doorzichtprojectie, met het scherm dicht bij de pp. de illusie van ruimtelijkheid en afstand niet ten goede kwam.

Bovendien kan met het huidige apparaat de koers van het schip, althans voor wat het beeld op het scherm betreft, slechts over een klein gebied gevarieerd worden nl. 12° bakboord en stuurboord van de nulkoers. Bij grotere koersafwijkingen geeft alleen het kompas nog de juiste koers aan; voor een pp. is deze situatie verwarrend.

Naar aanleiding van de gevonden resultaten, met name het onverwachte verschil in prestatie tussen loodsen en modelstuurlui enerzijds en stuurlieden anderzijds, werden experimenten en resultaten besproken met nautische deskundigen.

Uit dit gesprek kwam het volgende naar voren:

Ten aanzien van het verschil in prestatie tussen loodsen en stuurlieden werd de veronderstelling bevestigd dat stuurlieden betrekkelijk weinig ervaring hebben in dit soort manoeuvresituaties met mammoetschepen. Ook al omdat de experimentele situatie een nabootsing was van de situatie voor Hoek van Holland met een daar voorkomende windrichting en stroomtype, hadden de loodsen een voorsprong op de stuurlieden.

Wat de opdracht en de scoring betreft werd opgemerkt dat de opdracht, „zo snel mogelijk naar de lichtenlijn toe varen en zo goed mogelijk er op blijven”, niet in overeenstemming is met de realiteit van het varen. Een betere oplossing zou zijn de ppn. te instrueren binnen een bepaalde afstand van het beginpunt, b.v. 0,5 of 1 mijl, op de lichtenlijn te komen en vanaf dat moment de scoring te laten lopen. Het ingaan van dit gebied, waarin afwijkingen van de lichtenlijn gescoord worden, zou gemarkeerd kunnen worden d.m.v. een boei die voorbijgevaaren wordt, of indien dit niet realiseerbaar zou blijken, door een waarschuwingssignaal in de stuurhut. De instructie werd als correct en voldoende uitgebreid beoordeeld. Wel werd opgemerkt dat het laten zien van Fig. 4, de baan van het schip bestuurd door een automaat, verwarring kan hebben veroorzaakt.

Tenslotte werd opgemerkt dat de ppn. zich gedurende de dag die het experiment voor hen duurde nogal verveeld hadden, hetgeen mogelijk nadelige invloed op hun motivatie gehad zou kunnen hebben.

6 Overwegingen t.a.v. de opzet van een volgend experiment

Op grond van de ervaringen in dit experiment kan het volgende overwogen worden m.b.t. de opzet van een nieuw experiment.

6.1 Voortraining

Uit dit experiment is gebleken dat het de moeite loont proefpersonen te trainen op een ander scheepstype, vóór de eigenlijke trainingstaak. De proefpersonen kunnen vertrouwd raken met de simulator, de situatie en de instrumenten en bedieningsorganen. Dit heeft zin omdat proefpersonen vaak in verschillende mate vertrouwd zijn met het toegepaste type kompas en stuurwiel. Door een voortraining kan men deze verschillen enigszins nivelleren.

Een belangrijker argument voor een voortraining is,

dat in dit experiment de prestatie op de testtaak, die bestond uit de laatste vier 1 : 1 vaarten, vrij sterk correleerde met de prestatie op de voorttaak met de mijnenjager. Hiervan kan men gebruik maken bij de indeling van de experimentele groepen en bij een eventuele co-variantie analyse. Beide procedures maken het experiment aanzienlijk gevoeliger in het aantonen van significante verschillen.

6.2 Experimentele opzet

Ook als 1 : 5 training op zichzelf minder effectief zou zijn dan 1 : 1 training, heeft het zin te bekijken of, bij een gelijk blijvend totaal aantal trainingsvaarten, een combinatie van 1 : 5 training, gevolgd door 1 : 1 training een gunstig resultaat oplevert. Daarom zou een experiment 3 trainingscondities moeten bevatten.

- a alleen 1 : 1 training
- b 1 : 5 training gevolgd door 1 : 1 training
- c alleen 1 : 5 training.

Na de training volgt dan een testtaak, bestaande uit 1 : 1 vaarten. Omdat het leerverloop bij verschillende groepen proefpersonen zo verschillend is, zou in een kort voorexperiment het aantal trainingsvaarten moeten worden vastgesteld, waarin de prestaties van de proefpersonen op een stabiel niveau komen.

6.3 Proefpersonen

De resultaten van dit experiment en van dat van Wagenaar en Michon [5] laten zien dat de keuze van de ppn. de resultaten beïnvloedt. De juiste keuze van de proefpersonengroep zal moeten afhangen van de aard van het probleem dat men wil onderzoeken.

Wil men nagaan in hoeverre het zinvol is bemanningen op te leiden m.b.v. modelschepen, dan heeft het zin betrekkelijk onervaren ppn. te nemen. Als men echter een nauwkeurige beschrijving wenst van de specifieke tijdschaaleffecten op training, verdienen proefpersonen de voorkeur voor wie de techniek van het varen en het gebruik van de bedieningsorganen van het schip geen probleem meer is. In dit geval zijn loodsen de aangewezen proefpersonen.

6.4 Beloning

Gedacht zou moeten worden aan het invoeren van een kleine geldelijke beloning, gekoppeld aan de prestatie. Door het competitieve effect dat dit teweeg brengt, kan de motivatie van de proefpersonen aanmerkelijk verbeteren.

6.5 Herziening opdracht en scoring

Overeenkomstig gedane suggesties stellen we voor, de proefpersonen opdracht te geven de lichtenlijn te na-

deren en er voor een bepaald met een boei gemarkeerd punt op te zijn. Dit punt ligt dan op een afstand waarbinnen het ruim mogelijk is in een stabiele baan en op de lichtenlijn te komen.

Op hetzelfde punt kan ook een score beginnen te lopen; als score wordt voorgesteld $\int_0^T |y_0| dt$ over dit laatste stuk van de vaart (y_0 is de afstand van het zwaartepunt van het schip tot de lichtenlijn).

7 Conclusies

De prestaties van de ppn. in dit experiment vertonen een significant leereffect, zowel in de ware tijdschaal als in de ingekrompen tijdschaal.

De training in de ingekrompen tijdschaal werd overgedragen naar de ware tijdschaal. Een nadelig effect van training op een ingekrompen tijdschaal, zoals Wagenaar en Michon [5] vonden kon niet worden aangetoond.

Als verklaring werd hiervoor aangenomen, dat de huidige ppn. zich in een eerder stadium van het leerproces bevonden dan de loodsen bij Wagenaar en Michon; voor de stuurlieden uit dit experiment was de planning van de manoeuvre zo'n zware opgave, dat zij niet toekwamen aan het leren van die aspecten van de taak waarbij de tijdschaal een rol speelt.

Naast gegevens betreffende overdracht van training zijn er in dit experiment een aantal problemen en overwegingen naar voren gekomen die van belang kunnen zijn bij de opzet van dergelijke simulatorexperimenten. De volgende punten zijn van belang:

7.1 De keuze van de proefpersonen

Zoals boven geargumenteed, dient de keuze van de ppn. afhankelijk gesteld te worden van het probleem dat men onderzoekt; ligt de nadruk bij het leren manoeuvreren, dan komen betrekkelijk onervaren proefpersonen in aanmerking; gaat het om de specifieke tijdschaaleffecten, dan verdienen beter geoefende ppn. de voorkeur.

7.2 De taakstelling en de scoring

De opdracht zo snel mogelijk naar de lichtenlijn toe te varen bleek nautisch gezien niet geheel realistisch; bovendien veroorzaakt deze instructie verschillen tussen de proefpersonen; naarmate men de instructie beter opvolgde kwam men voor een moeilijker taak te staan. Om dezelfde redenen was de optimale manoeuvre (zie Appendix) niet geheel reëel; bovendien brengt deze optimale manoeuvre een snelle opeenvolging van grote roeruitslagen met zich mee, die voor de menselijke roerganger veel te riskant is.

Als alternatief is de opdracht naar voren gekomen

om binnen een vrij gekozen afstand op de lichtenlijn te komen en vanaf dit punt de afstand tot de lichtenlijn voor de scoring te gebruiken.

7.3 De voortest

Gevonden werd dat het nuttig is de aanvangprestatie d.m.v. een voortest vast te stellen: Verschillen tussen proefpersonen kunnen hierdoor in aanzienlijke mate geëlimineerd worden.

7.4 De apparatuur

Het gevolgde simulatieprincipe bleek zeer bruikbaar, doch in overweging moet worden genomen dat in feite een meer uitgebreide opzet nodig is om tot een volledige illusie van de werkelijkheid te komen.

8 Literatuur

1. VAN DEN BRUG, J. B. and W. A. WAGENAAR, An experimental simulator for the manoeuvring of surface ships. Netherlands Ship Research Centre TNO, Communication no. 18 S, 1969 and The Institute for Perception RVO-TNO, Report IZF 1968-27.
2. DEESE, J. and S. H. HULSE, The psychology of learning. New York, Mc. Graw-Hill, 1967.
3. HAMMERTON, M., Transfer of training from a simulated to a real control situation. *Journal of Experimental Psychology* 1963, 63, p. 450-453.
4. POULTON, E. C., Tracking behaviour, in: Acquisition of skill, E. A. Bilodeau (Ed.). Academic Press, New York, 1966.
5. WAGENAAR, W. A. and J. A. MICHON, The effect of contracted time scales in scale model manoeuvring. The Institute for Perception RVO-TNO, Report IZF 1968-C3.

APPENDIX

De simulatie van de scheepsbewegingen en besturingsautomaat

Een complete beschrijving van het systeem is te vinden in: Van den Brug en Wagenaar 1969 [1].

De bewegingsvergelijkingen

$$\text{Momentvergelijking: } a\ddot{\psi} + b_1\dot{\psi} + b_3\psi^3 = -c\delta + N_w$$

$$\text{Krachtvergelijking: } A\dot{v} + B_1v + B_3v^3 = C\delta + Y_w$$

waarin v = laterale snelheid

ψ = koershoek

δ = roerhoek

a, b_1, b_3, c en A, B_1, B_3, C zijn constanten

N_w en Y_w zijn het moment en de kracht ten gevolge van de wind.

$$\text{stuurmachine: } \delta = \frac{1}{T_s} (\delta_g - \delta) \text{ met } \delta \text{ begrensd} \\ \text{en } \delta \text{ begrensd}$$

waarin δ_g = gewenste roerhoek (stuurwielstand)

δ = roerhoek

T_s = tijdconstante.

Scheepsgegevens

Lengte L = 300 m

Breedte B = 48 m

ρ = dichtheid van het water

U = voorwaartse snelheid = 4 m/sec

Waterverplaatsing 250.000 ton

$$a' = \frac{a}{\frac{1}{2}\rho L^5} \quad b_3' = \frac{b_3}{\frac{1}{2}\rho L^6}$$

$$b_1' = \frac{b_1}{\frac{1}{2}\rho UL^4} \quad c' = \frac{c}{\frac{1}{2}\rho U^2 L^3}$$

$$\frac{b_1'}{a'} = +0,33 \quad \frac{b_3'}{a'} = +0,59 \quad \frac{c'}{a'} = 1,00$$

$$T_s = 0,74 \text{ sec} \quad \dot{\delta}_{\max} = 2,7 \text{ }^\circ/\text{sec} \quad \delta_{\max} = 30^\circ$$

Stroom

$$U_c = d + ex_0$$

waarin U_c = stroomsnelheid

x_0 = plaats van het gewichtszwaartepunt van het schip in de richting van de lichtenlijn gerekend van startpunt

d, e = constanten

d = 0,2 m/sec

e = 10^{-4} m/sec/m

Wind

Het optredende windmoment was op te heffen met 3° BB roer.

Het aangrijpingspunt van de wind werd op 0,35 L achter het gewichtszwaartepunt van het schip gesteld.

Het gewichtszwaartepunt lag in het midden van het schip.

De automatische besturing

De automatische besturing voldeed aan

$$\delta_g = C_y y_0 + C_\psi (\psi - \psi_{\text{opst}}) + C_{\dot{\psi}} \dot{\psi} + \frac{\pi}{60} + E$$

waarin:

δ_g = door de automaat gewenste roerhoek

y_0 = afstand van het zwaartepunt van het schip tot de lichtenlijn

ψ = koershoek ten opzichte van de lichtenlijn

$$\psi_{\text{opst}} = \text{opstuurkoers} = - \frac{v_{\text{opst}} + (d + ex_0) \sin \psi_c}{U}$$

v_{opst} = de dwarsnelheid ten gevolge van het corrigeren van het windmoment op het schip met 3° BB roer.

v_{opst} werd bepaald met de krachtsvergelijking $A\dot{v} + B_1v + B_3v^3 = C\delta + Y_w$

ψ_c = de hoek van de stroomrichting met de lichtenlijn

$\dot{\psi}$ = koershoekensnelheid

C_y, C_ψ en $C_{\dot{\psi}}$ = gevoeligheidsconstanten

De term $\frac{\pi}{60}$ is de windcorrectie.

De term E is een correctieterm die er voor zorgt dat het schip wanneer het op de as vaart met de juiste opstuurkoers, reeds een kleine koershoekensnelheid heeft waardoor het schip steeds de juiste opstuurkoers kan verkrijgen om de met de afgelegde afstand langs de lichtenlijn toenemende stroom te compenseren.

De optimale vaart

Als optimale vaart werd gekozen die vaart waarbij $\int_0^T y_0^2 dt$ minimaal is.

T is de duur van de vaart.

Uitgaande van: $y_0 \text{ start} = -62,5 \text{ m}$

$$U = 4 \text{ m/sec}$$

wind en stroom zoals beschreven

$$T = 900 \text{ sec}$$

is bij de optimale vaart $\int_0^T y_0^2 dt = 637000 \text{ m}^2 \text{ sec}$

$$C_y = 0,009019$$

$$C_\psi = 5,099$$

$$C_{\dot{\psi}} = 112,8$$

$$\frac{\pi}{60} + E = 0,0311$$

PUBLICATIONS OF THE NETHERLANDS SHIP RESEARCH CENTRE TNO

PUBLISHED AFTER 1963 (LIST OF EARLIER PUBLICATIONS AVAILABLE ON REQUEST)

PRICE PER COPY DFL. 10,—

M = engineering department S = shipbuilding department C = corrosion and antifouling department

Reports

- 57 M Determination of the dynamic properties and propeller excited vibrations of a special ship stern arrangement. R. Wereldsma, 1964.
- 58 S Numerical calculation of vertical hull vibrations of ships by discretizing the vibration system, J. de Vries, 1964.
- 59 M Controllable pitch propellers, their suitability and economy for large sea-going ships propelled by conventional, directly coupled engines. C. Kapsenberg, 1964.
- 60 S Natural frequencies of free vertical ship vibrations. C. B. Vreugdenhil, 1964.
- 61 S The distribution of the hydrodynamic forces on a heaving and pitching shipmodel in still water. J. Gerritsma and W. Beukelman, 1964.
- 62 C The mode of action of anti-fouling paints: Interaction between anti-fouling paints and sea water. A. M. van Londen, 1964.
- 63 M Corrosion in exhaust driven turbochargers on marine diesel engines using heavy fuels. R. W. Stuart Mitchell and V. A. Ogale, 1965.
- 64 C Barnacle fouling on aged anti-fouling paints; a survey of pertinent literature and some recent observations. P. de Wolf, 1964.
- 65 S The lateral damping and added mass of a horizontally oscillating shipmodel. G. van Leeuwen, 1964.
- 66 S Investigations into the strength of ships' derricks. Part I. F. X. P. Soejadi, 1965.
- 67 S Heat-transfer in cargotanks of a 50,000 DWT tanker. D. J. van der Heeden and L. L. Mulder, 1965.
- 68 M Guide to the application of method for calculation of cylinder liner temperatures in diesel engines. H. W. van Tijen, 1965.
- 69 M Stress measurements on a propeller model for a 42,000 DWT tanker. R. Wereldsma, 1965.
- 70 M Experiments on vibrating propeller models. R. Wereldsma, 1965.
- 71 S Research on bulbous bow ships. Part II. A. Still water performance of a 24,000 DWT bulkcarrier with a large bulbous bow. W. P. A. van Lammeren and J. J. Muntjewerf, 1965.
- 72 S Research on bulbous bow ships. Part II. B. Behaviour of a 24,000 DWT bulkcarrier with a large bulbous bow in a seaway. W. P. A. van Lammeren and F. V. A. Pangalila, 1965.
- 73 S Stress and strain distribution in a vertically corrugated bulkhead. H. E. Jaeger and P. A. van Katwijk, 1965.
- 74 S Research on bulbous bow ships. Part I. A. Still water investigations into bulbous bow forms for a fast cargo liner. W. P. A. van Lammeren and R. Wahab, 1965.
- 75 S Hull vibrations of the cargo-passenger motor ship "Oranje Nassau", W. van Horssen, 1965.
- 76 S Research on bulbous bow ships. Part I. B. The behaviour of a fast cargo liner with a conventional and with a bulbous bow in a seaway. R. Wahab, 1965.
- 77 M Comparative shipboard measurements of surface temperatures and surface corrosion in air cooled and water cooled turbine outlet casings of exhaust driven marine diesel engine turbochargers. R. W. Stuart Mitchell and V. A. Ogale, 1965.
- 78 M Stern tube vibration measurements of a cargo ship with special afterbody. R. Wereldsma, 1965.
- 79 C The pre-treatment of ship plates: A comparative investigation on some pre-treatment methods in use in the shipbuilding industry. A. M. van Londen, 1965.
- 80 C The pre-treatment of ship plates: A practical investigation into the influence of different working procedures in over-coating zinc rich epoxy-resin based pre-construction primers. A. M. van Londen and W. Mulder, 1965.
- 81 S The performance of U-tanks as a passive anti-rolling device. C. Stigter, 1966.
- 82 S Low-cycle fatigue of steel structures. J. J. W. Nibbering and J. van Lint, 1966.
- 83 S Roll damping by free surface tanks. J. J. van den Bosch and J. H. Vugts, 1966.
- 84 S Behaviour of a ship in a seaway. J. Gerritsma, 1966.
- 85 S Brittle fracture of full scale structures damaged by fatigue. J. J. W. Nibbering, J. van Lint and R. T. van Leeuwen, 1966.
- 86 M Theoretical evaluation of heat transfer in dry cargo ship's tanks using thermal oil as a heat transfer medium. D. J. van der Heeden, 1966.
- 87 S Model experiments on sound transmission from engineroom to accommodation in motorships. J. H. Janssen, 1966.
- 88 S Pitch and heave with fixed and controlled bow fins. J. H. Vugts, 1966.
- 89 S Estimation of the natural frequencies of a ship's double bottom by means of a sandwich theory. S. Hylarides, 1967.
- 90 S Computation of pitch and heave motions for arbitrary ship forms. W. E. Smith, 1967.
- 91 M Corrosion in exhaust driven turbochargers on marine diesel engines using heavy fuels. R. W. Stuart Mitchell, A. J. M. S. van Montfoort and V. A. Ogale, 1967.
- 92 M Residual fuel treatment on board ship. Part II. Comparative cylinder wear measurements on a laboratory diesel engine using filtered or centrifuged residual fuel. A. de Mooy, M. Verwoest and G. G. van der Meulen, 1967.
- 93 C Cost relations of the treatments of ship hulls and the fuel consumption of ships. H. J. Lageveen-van Kuijk, 1967.
- 94 C Optimum conditions for blast cleaning of steel plate. J. Remmelts, 1967.
- 95 M Residual fuel treatment on board ship. Part I. The effect of centrifuging, filtering and homogenizing on the insolubles in residual fuel. M. Verwoest and F. J. Colon, 1967.
- 96 S Analysis of the modified strip theory for the calculation of ship motions and wave bending moments. J. Gerritsma and W. Beukelman, 1967.
- 97 S On the efficacy of two different roll-damping tanks. J. Bootsma and J. J. van den Bosch, 1967.
- 98 S Equation of motion coefficients for a pitching and heaving destroyer model. W. E. Smith, 1967.
- 99 S The manoeuvrability of ships on a straight course. J. P. Hooft, 1967.
- 100 S Amidships forces and moments on a $C_B = 0.80$ "Series 60" model in waves from various directions. R. Wahab, 1967.
- 101 C Optimum conditions for blast cleaning of steel plate. Conclusion. J. Remmelts, 1967.
- 102 M The axial stiffness of marine diesel engine crankshafts. Part I. Comparison between the results of full scale measurements and those of calculations according to published formulae. N. J. Visser, 1967.
- 103 M The axial stiffness of marine diesel engine crankshafts. Part II. Theory and results of scale model measurements and comparison with published formulae. C. A. M. van der Linden, 1967.
- 104 M Marine diesel engine exhaust noise. Part I. A mathematical model. J. H. Janssen, 1967.
- 105 M Marine diesel engine exhaust noise. Part II. Scale models of exhaust systems. J. Buiten and J. H. Janssen, 1968.
- 106 M Marine diesel engine exhaust noise. Part III. Exhaust sound criteria for bridge wings. J. H. Janssen en J. Buiten, 1967.
- 107 S Ship vibration analysis by finite element technique. Part I. General review and application to simple structures, statically loaded. S. Hylarides, 1967.
- 108 M Marine refrigeration engineering. Part I. Testing of a decentralised refrigerating installation. J. A. Knobbout and R. W. J. Kouffeld, 1967.
- 109 S A comparative study on four different passive roll damping tanks. Part I. J. H. Vugts, 1968.
- 110 S Strain, stress and flexure of two corrugated and one plane bulkhead subjected to a lateral, distributed load. H. E. Jaeger and P. A. van Katwijk, 1968.
- 111 M Experimental evaluation of heat transfer in a dry-cargo ships' tank, using thermal oil as a heat transfer medium. D. J. van der Heeden, 1968.
- 112 S The hydrodynamic coefficients for swaying, heaving and rolling cylinders in a free surface. J. H. Vugts, 1968.
- 113 M Marine refrigeration engineering. Part II. Some results of testing a decentralised marine refrigerating unit with R 502. J. A. Knobbout and C. B. Colenbrander, 1968.
- 114 S The steering of a ship during the stopping manoeuvre. J. P. Hooft, 1969.
- 115 S Cylinder motions in beam waves. J. H. Vugts, 1968.

- 116 M Torsional-axial vibrations of a ship's propulsion system. Part I. Comparative investigation of calculated and measured torsional-axial vibrations in the shafting of a dry cargo motorship. C. A. M. van der Linden, H. H. 't Hart and E. R. Dolfin, 1968.
- 117 S A comparative study on four different passive roll damping tanks. Part II. J. H. Vugts, 1969.
- 118 M Stern gear arrangement and electric power generation in ships propelled by controllable pitch propellers. C. Kapsenberg, 1968.
- 119 M Marine diesel engine exhaust noise. Part IV. Transferdamping data of 40 modelvariants of a compound resonator silencer. J. Buiten, M. J. A. M. de Regt and W. P. H. Hanen, 1968.
- 120 C Durability tests with prefabrication primers in use of steel plates. A. M. van Londen and W. Mulder, 1970.
- 121 S Proposal for the testing of weld metal from the viewpoint of brittle fracture initiation. W. P. van den Blink and J. J. W. Nibbering, 1968.
- 122 M The corrosion behaviour of cunifer 10 alloys in seawaterpipingsystems on board ship. Part I. W. J. J. Goetzee and F. J. Kievits, 1968.
- 123 M Marine refrigeration engineering. Part III. Proposal for a specification of a marine refrigerating unit and test procedures. J. A. Knobbout and R. W. J. Kouffeld, 1968.
- 124 S The design of U-tanks for roll damping of ships. J. D. van den Bunt, 1969.
- 125 S A proposal on noise criteria for sea-going ships. J. Buiten, 1969.
- 126 S A proposal for standardized measurements and annoyance rating of simultaneous noise and vibration in ships. J. H. Janssen, 1969.
- 127 S The braking of large vessels II. H. E. Jaeger in collaboration with M. Jourdain, 1969.
- 128 M Guide for the calculation of heating capacity and heating coils for double bottom fuel oil tanks in dry cargo ships. D. J. van der Heeden, 1969.
- 129 M Residual fuel treatment on board ship. Part III. A. de Mooy, P. J. Brandenburg and G. G. van der Meulen, 1969.
- 130 M Marine diesel engine exhaust noise. Part V. Investigation of a double resonatorsilencer. J. Buiten, 1969.
- 131 S Model and full scale motions of a twin-hull vessel. M. F. van Sluijs, 1969.
- 132 M Torsional-axial vibrations of a ship's propulsion system. Part II. W. van Gent and S. Hylarides, 1969.
- 134 M The corrosion behaviour of cunifer-10 alloys in seawaterpipingsystems on board ship. Part II. P. J. Berg and R. G. de Lange, 1969.
- 135 S Boundary layer control on a ship's rudder. J. H. G. Verhagen, 1970.
- 137 M Torsional-axial vibrations of a ship's propulsion system. Part III. C. A. M. van der Linden, 1969.
- 138 S The manoeuvrability of ships at low speed. J. P. Hooft and M. W. C. Oosterveld, 1970.
- 141 S Resistance and propulsion of a high-speed single-screw cargo liner design. J. J. Muntjewerf, 1970.
- 142 S Optimal meteorological ship routeing. C. de Wit, 1970.
- 143 S Hull vibrations of the cargo-liner "Koudekerk". H. H. 't Hart, 1970.
- 146 M Marine refrigeration engineering. Part IV. A Comparative study on single and two stage compression. A. H. van der Tak, 1970.

Communications

- 11 C Investigations into the use of some shipbottom paints, based on scarcely saponifiable vehicles (Dutch). A. M. van Londen and P. de Wolf, 1964.
- 12 C The pre-treatment of ship plates: The treatment of welded joints prior to painting (Dutch). A. M. van Londen and W. Mulder, 1965.
- 13 C Corrosion, ship bottom paints (Dutch). H. C. Ekama, 1966.
- 14 S Human reaction to shipboard vibration, a study of existing literature (Dutch). W. ten Cate, 1966.
- 15 M Refrigerated containerized transport (Dutch). J. A. Knobbout, 1967.
- 16 S Measures to prevent sound and vibration annoyance aboard a seagoing passenger and carferry, fitted out with dieselenines (Dutch). J. Buiten, J. H. Janssen, H. F. Steenhock and L. A. S. Hagcman, 1968.
- 17 S Guide for the specification, testing and inspection of glass reinforced polyester structures in shipbuilding (Dutch). G. Hamm, 1968.
- 18 S An experimental simulator for the manoeuvring of surface ships. J. B. van den Brug and W. A. Wagenaar, 1969.
- 19 S The computer programmes system and the NALS language for numerical control for shipbuilding. H. le Grand, 1969.
- 20 S A case study on networkplanning in shipbuilding (Dutch). J. S. Folkers, H. J. de Ruiten, A. W. Ruys, 1970.
- 21 S The effect of a contracted time-scale on the learning ability for manoeuvring of large ships (Dutch). C. L. Truijens, W. A. Wagenaar, W. R. van Wijk, 1970.
- 22 M An improved stern gear arrangement. C. Kapsenberg, 1970.
- 23 M Marine refrigeration engineering. Part V (Dutch). A. H. van der Tak, 1970.
- 24 M Marine refrigeration engineering. Part VI (Dutch). P. J. G. Goris and A. H. van der Tak, 1970.