

4509543

13.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
2. Frage

FORTSCHRITT

IN DEN

Mitteln zur Fortbewegung der Schiffe

FOLGEN HINSICHTLICH DER FAHRRINNEN UND HÄFEN

BERICHT

VON

G. ROTA

*Directeur des Constructions navales du Chantier Royal
de Castellammare di Stabia*

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

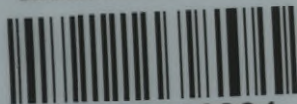
BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



11-354216

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316804

3pc 3-16/2008

Fortschritt im Antrieb von Schiffen.

BERICHT

VON

G. ROTA.

Der Antrieb mittels der Schiffsschraube ist oft zum Gegenstande theoretischer und experimenteller Untersuchungen zwecks Vegrösserung des Wirkungsgrades gemacht worden. Wenn man bedenkt, dass gewöhnlich allein die Hälfte der für die Kolben einer Schiffsmaschine aufgewendeten treibenden Kraft dazu benutzt wird, um den Bewegungswiderstand, den der Schiffskiel bildet, zu überwinden, versteht man die fortgesetzten Anstrengungen, welche darauf abzielen, zu einer besseren Ausnutzung der Kraft zu gelangen. In den letzten Jahren sind in dieser Richtung viele Fortschritte gemacht worden dank den experimentellen Nachforschungen, welche unter Zuhilfenahme von Modellen nach der klassischen Methode der Herren W. Fronde und Sohn angestellt worden sind.

Man hat sich dabei auch Rechenschaft von der Wichtigkeit der Vervollkommnung der Schiffsschraube inbezug auf die Erhöhung des Wirkungsgrades gegeben und verdankt diesem Umstände die Anwendung besonderer Formmaschinen dazu bestimmt, den Flügeln einer Schiffsschraube eine identische Form zu geben und um die Flügel mit völlig gleicher Genauigkeit auf die Nabe des Apparats einwirken zu lassen.

Unabhängig von den Ergebnissen, zu welchen die mit Modellen durchgeführten Versuche geführt haben, die übrigens nicht immer allgemeine Gültigkeit besitzen, haben gewisse Laien, die an der besten Lösung der Frage Interesse hatten, ebenso wie verschiedene Angehörige der Kriegsmarine unmittelbare Nachforschungen vorgenommen, indem sie nacheinander verschiedene Arten von Schiffsschrauben benutzten, um diejenige herauszufinden, welche die besten Resultate liefern würde.

Wir sind der Ansicht, dass man zu neuen Fortschritten gelangen würde, wenn man fortfahren würde, Versuche mit Schiffsschrauben zu machen, welche gleichachsigt angeordnet sind, sich in umgekehrter Richtung drehen, naturgemäss ent-

gegengesetzten Gang haben und alle beide das Schiff in gleicher Richtung bewegen.

Die von Greenhill aufgestellte Theorie über den Betrieb von Schiffsschrauben und besonders über denjenigen der Doppelschrauben mit gemeinsamer Axe, von denen die eine unmittelbar nach der andern wirkt, zeigt, wenn man gewisse Hypothesen und ideelle Bedingungen, welche man in solchen Theorien machen muss, zulässt, dass man bei Anwendung dieser Anordnung einen grösseren Wirkungsgrad erreicht als wenn man eine einzige Schraube der üblichen Art verwendet.

Dieselbe Theorie könnte auch auf das Studium der Sonderfälle dieses Antriebssystems angewendet werden, z. B. auf den Fall, wo die eine der beiden Schrauben auf der Welle fest sein und als Lenker dienen würde; man würde finden, dass diese Sonderfälle des Antriebs mittels zweier Schrauben von gemeinsamer Axe einen besseren Wirkungsgrad als der Antrieb mit tels einer einfachen Schraube geben würden.

Diese Sonderfälle, auf welche wir anspielen, sind bereits in die Praxis durch Thornycroft und andere übertragen worden und scheint ihre Anwendung mit wirklichen Vorteilen verknüpft zu sein.

Die allgemeine Anordnung zweier gleichachsiger Schrauben, deren eine hinter der andern angeordnet ist und in umgekehrtem Sinne arbeitet, ist bis jetzt nur bei Torpedoboote zur Anwendung gekommen; wir glauben jedoch, dass die Kuppelung der Schrauben in diesem Spezialfall den Zweck hat, die Erhaltung der wagerechten Lage der Torpedoboote zu sichern, ein Resultat, das nicht erreicht würde, wenn man eine einzelne Schraube anwenden würde, dass sie aber nicht bezweckt, einen besseren Wirkungsgrad zu erzielen. Es ist nicht möglich, den Wert des Gesamtwirkungsgrades des Antriebs eines Torpedoboote genau zu bestimmen, weil man, selbst auf Grund der mit Modellen gemachten Erfahrung, nicht direkt den Bewegungswiderstand des Kiels messen kann, um daraus das Verhältnis zwischen der ausgenutzten und derjenigen Kraft abzuleiten, welche für die Wellen der zwei Schrauben mit gemeinsamer Axe aufgewendet wird; andernfalls würden die Resultate wahrscheinlich diejenigen der Studie bestätigen, welche wir sogleich kurz ausführen werden.

Es ist erwiesen, dass die Anwendung des Antriebssystems zweier gleichachsiger Schrauben, von denen die eine hinter der andern mit unabhängiger Bewegung und in entgegengesetztem Sinne angeordnet ist, mit Rücksicht auf die Unmög-

lichkeit, für die Rotation der Wellen und besonders für die eine von ihnen, die üblichen Maschinen mit hin- und hergehendem Triebwerk zu verwenden, in der Praxis grosse Schwierigkeit machen würde. Im Falle der Torpedoboote erlaubt der Gebrauch ineinandergreifender Räder den zwei Wellen dieselbe Umdrehungsgeschwindigkeit zu geben, aber man würde dieses System auf Schiffsmaschinen nicht anwenden können.

Man hat übrigens diese Art des Antriebs mittels zweier gleichachsiger, und unabhängiger Schrauben in anderer Weise angewendet, indem man eine Schraube benutzte, der ein Apparat mit helikoïdenförmiger Oberfläche oder ein ähnlicher fest-sitzender Apparat vorherging oder folgte, der den Zweck hatte, die Richtung des Wassers zu verändern, welches der Schraube zuströmte, oder es zurückzuwerfen.

Diese Anordnung würde die Verwendung der gewöhnlichen Maschinen mit hin- und hergehendem Triebwerk zulassen, derart, dass nur eine einzige Welle gedreht wird ; in diesem Sinne sind Versuche zu dem Zwecke gemacht worden, einen besseren Wirkungsgrad zu erzielen. Man wendet heute in der Schifffahrt Rotationsmaschinen an, und die Gelegenheit scheint günstig, zu prüfen, ob es nicht angebracht ist, den Antrieb mit Hilfe zweier gleichachsiger Schrauben, von denen die eine hinter der andern angeordnet ist und sich im entgegengesetzten Sinne dreht, in die Praxis einzuführen, da die genannten Motoren leicht die eine innere und die andere äussere Welle dieser Schrauben betätigen können.

Wenn man den Antrieb einer Schraube, welcher eine Leitschraube oder ein ähnlicher Apparat vorangeht oder folgt, mit demjenigen vergleicht, der bei der allgemeinen Anordnung zweier gleichachsiger Schrauben erzielt wird, und wenn man die Frage nur von dem Gesichtspunkte der Wechselwirkung der beiden Schrauben und der Schraube mit ihrem Lenker betrachtet, findet man, dass beide Anordnungen gleichwertig inbezug auf den Wirkungsgrad sind, der theoretisch gleich 1 sein würde in beiden Fällen ; man gelangt nicht zu diesem Resultat, wenn nur eine einzige Schraube für den Antrieb vorgesehen ist. Jedenfalls scheinen die Resultate, wenn man diese Frage vom Gesichtspunkte der Wechselwirkung des treibenden Apparats und des Schiffskiels betrachtet, in dem Falle der gleichachsigen Doppelschraube günstiger zu sein, weil die Vergrösserung des Widerstandes infolge des Vorhandenseins der Antriebsvorrichtung, verglichen mit dem Widerstande des isolierten Schiffskiels, geringer sein wird als in dem andern Falle.

Wenn man einen Vergleich zwischen dem Antrieb, der durch

eine einzige Schraube, und demjenigen, der durch zwei gleichachsige, wie oben angegeben, angeordnete Schrauben erzielt wird, zieht, findet man, dass die Wechselwirkung des treibenden Apparates und des Kiels günstiger ist, wenn man die gleichachsige Doppelschraube anwendet, deren Durchmesser geringer ist (die anderen Bedingungen sind dieselben), denn die Vergrösserung des Widerstandes infolge der Schraube wird kleiner, die Ausnutzung der Strömung besser sein, und diese beiden wichtigen Faktoren werden den Wirkungsgrad des Antriebes vergrössern.

Betrachtet man diese Frage hierauf vom Gesichtspunkte der Schifffahrt aus, so findet man, dass noch sehr viele andere Vorteile sich aus der Anwendung zweier gleichachsiger, aufeinanderfolgender, sich entgegengesetzt bewegender Schrauben ergeben, und zwar infolge ihres geringeren Hervortretens vor dem Kiel, ihrer geringeren Tiefe unterhalb des Wasserspiegels und infolge der weniger wichtigen Schäden, die an den steilen Ufern und der Sohle eines Kanals verursacht werden, wenn man diese Antriebsmittel für die Binnenschifffahrt verwendet. Endlich ergibt sich noch ein weiterer Vorteil aus der Anwendung zweier Schrauben anstatt einer einzigen, wenn man die gebräuchliche Anordnung einer Doppelschraube mit verschiedenen Wellen wählt, die auf beiden Seiten der Axe liegen.

Da die beiden gleichachsigen Schrauben einen Durchmesser haben, der kleiner als derjenige einer einzigen gleichwertigen Schraube ist, folgt, dass ihre Wellen viel näher dem Kiele angeordnet werden können und dass ihre Stützarme weniger vor dem Kiel vorspringen würden, was noch mehr die Vergrösserung des Bewegungswiderstandes der Zubehöerteile des Kiels begrenzen würde, eine Vergrösserung, die in gewöhnlichen Fällen sehr beträchtlich ist. Wir schliessen daraus, dass die Anwendung des Systems des Antriebs mittels zweier gleichachsiger Schrauben ausser den für die Ausnutzung des Antriebsapparates sich ergebenden Vorteilen auch günstige Ergebnisse inbezug auf den Totalwiderstand des Kiels zeitigen würde.

In dem folgenden Anhang 1 fassen wir kurz die Theorie von Greenhill über den Antrieb mittels zweier gleichachsiger Schrauben und den der Leitschraube zusammen, um die Vorzüge dieses Systems im Vergleiche zu dem einer einzigen Schraube zu beweisen.

Wir glauben nicht, dass sich vom praktischen Standpunkte aus unüberwindliche Schwierigkeiten insofern ergeben könnten, als es sich darum handelt, gemäss den Erfahrungen, welche sich inbezug auf die Gesamtheit mechanischer Organe und

die speziellen Anlagen von Schiffen und anderen schwimmenden Maschinen herausgebildet haben, ein Paar Wellen herzustellen, die sich in entgegengesetztem Sinne um eine gemeinsame geometrische Axe drehen.

Die Figur 1. stellt ein Beispiel der Anordnung dar, welche man den Wellen geben könnte, um dieses Antriebssystem auszuführen, und wir sind der Ansicht, dass die vorgeschriebenen Bedingungen erfüllt werden in betreff der Handhabung der beiden Wellen, ihrer unterstützungen, der Schmierung der Lager u. s. w.

Der Gegenstand, den wir soeben kurz skizziert haben, gestattet bei dem gegenwärtigen Stande der Frage nicht, in besonderer Richtung Wünsche zu äussern ; wir bezwecken mit unseren Darlegungen lediglich, ihn dem Studium des Kongresses vorzuschlagen und die Aufmerksamkeit der Spezialisten auf ihn zu lenken, um so die Frage des Fortschrittes auf dem Gebiete des Schiffbaues zur Erörterung zu bringen.

Dank der Erlaubnis des Herrn Marineministers haben wir auf einem grossen Dampfboot der italienischen Kriegsmarine das System, welches wir oben beschrieben haben, angewendet, um in einer möglichst kurzen Spanne Zeit sichere Daten für den Vergleich zwischen seinem Wirkungsgrade und dem der gewöhnlichen Schraube zu sammeln.

Wir würden uns freuen, die Resultate unserer experimentellen Untersuchungen den Teilnehmern des Internationalen Schiffahrtkongresses vorführen zu können ; inzwischen geben wir einen kurz zusammengefassten Entwurf der zu diesem Zweck hergestellten Anordnung, wobei wir einen Kolbenmotor anwenden, wie er allgemein zum Treiben einer einzelnen Schraube verwendet wird.

ANHANG No. 1.

Zusammenfassung der Theorie von Greenhill über den Antrieb mittels der Schiffs-Schraube.

1. d = Durchmesser der Schraube ;
 A = Fläche des entsprechenden Kreises ;
 a = Durchmesser der Nabe ;
 B = Fläche des entsprechenden Kreises ;
 u = Bewegungsgeschwindigkeit der Schraube ;
 p = Gang der Schraube ;
 n = Tourenzahl pro Sekunde ;

$$s = 1 - \frac{p}{np} \text{ (Schl\u00fcpfung).}$$

Wenn die Geschwindigkeit der Schraube gleich np ist (d. h. ohne Schlüpfung), so erhält das Wasser keine Bewegung und der Stoss ebenso wie die rotierende Bewegung werden gleich Null sein ; aber wenn die Geschwindigkeit der Schraube grösser als das Vorrücken der Schraube selbst ist, d. h. wenn $np > u$, wird das Wasser hinter der Schraube eine Undrehungsbewegung senkrecht zur Axe und eine gleichförmige Winkelgeschwindigkeit im Sinne der Drehung der Schraube mit einer Tourenzahl n' pro Sekunde haben, die sich aus folgender Relation ergibt :

$$n' = \frac{np - u}{p}$$

(Allgemein ist $NP = V$, wo N die Tourenzahl bedeutet, P der Gang der Schraubenwindungen und V die Uebersetzungsgeschwindigkeit ist, und da $V = np - u$, muss N gleich n' sein.) Die Winkelgeschwindigkeit des Wassers, das von der Schraube zurückgeworfen wird, ist also :

$$\omega = 2\pi n' = 2\pi \left(n - \frac{u}{p} \right)$$

und wenn w die Dichtigkeit des Wassers, W das Gewicht des Wassers, welches pro Sekunde durch die Schraube getroffen wird, bedeutet, ergibt sich :

$$W = wu \frac{\pi(d^2 - a^2)}{4} = uw (A - B).$$

2. Das Moment der Bewegungsgrösse, welche dem Wasser durch die Tätigkeit der Schraube mitgeteilt wird, ist pro Sekunde :

$$\frac{W}{g} k \cdot \omega \cdot k = W \frac{k^2 \omega}{g},$$

wo k der wirksame Radius des Kreisrings ist, der gleich der Differenz der Flächen A und B ist, und wo g gleich der Beschleunigung der Schwerkraft ist.

Man hat also :

$$W \frac{k^2 \omega}{g} = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right),$$

ein Wert, der gleich dem Drehmoment L der Maschinen sein muss.

3. Wenn T der durch die Schraube erzeugte Stoss ist, ergibt sich unter Anwendung des Prinzips der virtuellen Arbeit:

$$Tp = 2\pi L$$

und ferner:

$$T = \frac{2\pi w}{g} (A^2 - B^2) \frac{u}{p} \left(n - \frac{u}{p} \right)$$

4. Da die Bewegungsarbeit (in Pferdestärken) proportional $2\pi Ln$ und die Nutzbarkeit (in Pferdenstärken) proportional Tu ist, ergibt sich der Wirkungsgrad des Systems durch den Ausdruck:

$$e = \frac{Tu}{2\pi Ln} = \frac{u}{np} = 1 - s$$

5. Die nicht ausgenutzte Arbeit wird sein:

$$2\pi Ln - Tu = \frac{W \omega^2 k^2}{g},$$

und da die auf das Wasser übertragene Energie den Wert $\frac{1}{2} \frac{W}{g} \omega^2 k^2$ hat, ist zu folgern, dass auf den Geschwindigkeitswechsel und den Stoss des Wassers auf die Flügel der Schraube ein Wert entfällt, der gleich $\frac{1}{2} \frac{W}{g} \omega^2 k^2$ ist.

6. Wenn man den Schraubengang so einrichtet, dass er gegen den Rücken der Flügel wächst, um den Wert p zu erreichen, und wenn man als Anfangswert beim Eintritt $\frac{u}{n}$ wählt, eine Anordnung, welche gestattet, den Verlust durch den Stoss aufzuheben, erhält man nach dem Vorhergehenden als Wert des Wirkungsgrads

$$e_1 = \frac{Tu}{2\pi Ln} = \frac{u}{n} \left(\frac{1}{2} \frac{n}{u} + \frac{1}{2p} \right) = \frac{u}{n} \frac{1}{p}$$

wo p' der wirksame Gang ist, woraus

$$\frac{1}{p'} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{p} + \frac{n}{u} \right)$$

sich ergibt.

7. Wenn man den Fall zweier auf derselben geometrischen Axe gekuppelten Schrauben betrachtet und annimmt, dass sie denselben Durchmesser haben und dass die zweite Schraube einen Gang p' und n' Touren pro Sekunde macht, wobei beide konstanten Gang haben, findet man nacheinander, indem man dasselbe Verfahren wie oben anwendet, und indem man das Drehmoment und den Stoss der zweiten Schraube L' bzw. T' nennt :

$$L = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right);$$

$$L' = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n + n' - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right);$$

$$T = \frac{2 \pi w}{g} (A^2 - B^2) \frac{u}{p} \left(n - \frac{u}{p} \right);$$

$$T' = \frac{2 \pi w}{g} (A^2 - B^2) \frac{u}{p'} \left(n + n' - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right);$$

und als Wirkungsgrade' $= \frac{(T + T') u}{2 \pi L(n + n')} = \frac{u}{n p} = e$, wenn man $L = L'$ macht.

Man schliesst daraus, dass sich bei Anordnung zweier Schrauben mit konstantem Gang ein Wirkungsgrad ergibt, der gleich demjenigen ist, den eine einzige Schraube liefert.

8. Wenn man den Gang wachsend annimmt, ändern sich die Ergebnisse zugunsten der Antriebsanordnung zweier Schrauben mit gleicher Achse.

Wenn wir setzen :

$$\frac{u}{n} = \text{Eintrittsgang der ersten Schraube ;}$$

$$p = \text{Austrittsgang der ersten Schraube ;}$$

$$p' = \frac{u}{n' + n - \frac{u}{p}} \text{ Austrittsgang der zweiten Schraube,}$$

als Bedingung, damit kein Geschwindigkeitswechsel für das Wasser auftritt, wenn es von der ersten nach der zweiten Schraube gelangt,

p' = Austrittsgang der zweiten Schraube,

$\frac{1}{\lambda'} = \frac{1}{2} \left(\frac{n + n'}{u} - \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \right)$ die Umkehrung des wirksamen Gangs der zweiten Schraube,

$$L = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right), \quad \sqrt{T} = \frac{\pi w}{g} (A^2 - B^2) \left(n^2 - \frac{u^2}{p^2} \right)$$

für die erste Schraube;

und für die zweite :

$$\frac{T'}{2 \pi L'} = \frac{1}{\lambda'} = \frac{1}{2} \left(\frac{n + n'}{u} - \frac{1}{p} + \frac{1}{p'} \right) \text{ und wenn wir } L = L' \text{ setzen,}$$

finden wir :

$$T + T' = \pi L \left(\frac{2n}{u} + \frac{n'}{u} + \frac{1}{p} \right) = \frac{2 \pi L}{u} (n + n'),$$

$$\text{woraus folgt } e_1 = \frac{(T + T') u}{2 \pi L (n + n')} = 1.$$

9. Im Falle, dass der Schraube ein Lenker folgt, muss man $n' = 0$ setzen, dann ergibt sich :

$$\left. \begin{array}{l} \text{Für den Lenker} \\ \left\{ \begin{array}{l} L' = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right) \approx 0 \\ T' = \frac{2 \pi w}{g} (A^2 - B^2) \frac{u}{p'} \left(n - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right) \end{array} \right. \end{array} \right\} \text{Mit gleichförmigem Gang}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Für die Schraube} \\ \left\{ \begin{array}{l} L = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right) \\ T = \frac{2 \pi w}{g} (A^2 - B^2) \frac{u}{p} \left(n - \frac{u}{p} \right) \end{array} \right. \end{array} \right\}$$

und :

$$e_g = \frac{(T + T') u}{2 \pi L n}$$

Da der Wirkungsgrad der isolierten Schraube

$$e = \frac{T u}{2 \pi L n},$$

ergibt sich

$$\frac{e_g}{e} = 1 + \frac{T'}{T},$$

woraus die Relation abzuleiten ist :

$$e_g > e$$

Wenn wir die Gänge so anordnen, dass sie fortschreitend wachsen, ergibt sich :

$$L = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right)$$

$$T = \frac{\pi w}{g} (A^2 - B^2) \left(n^2 - \frac{u^2}{p^2} \right)$$

und :

$$L' = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right) = 0;$$

$$T' = \frac{\pi w}{g} (A^2 - B^2) \left[\left(n - \frac{u}{p} \right)^2 - \frac{u^2}{p'^2} \right]$$

und endlich :

$$e_g = \frac{(T + T') u}{2 \pi L n} = 1 - \frac{\frac{u^2}{p'^2}}{2 n \left(n - \frac{u}{p} \right)}$$

Bei einem Lenker mit einfachen ebenen Oberflächen würde man erhalten :

$$p' = \infty \text{ and : } e_g = 1.$$

10. Für den Fall der Schraube mit gewöhnlichem Lenker,

d. h. mit einem am Schiffsrumpf feststehenden schraubenförmigen Apparat, gleichachsig und vor der Schraube angeordnet, ergibt sich: $n=0$, und wenn man den Fall der wachsenden Gänge betrachtet, hat man:

$$L = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n - \frac{u}{p} \right) = 0$$

$$T = \frac{\pi w}{g} (A^2 - B^2) \left(n^2 - \frac{u^2}{p^2} \right)$$

$$L' = \frac{w}{g} (A^2 - B^2) u \left(n + n' - \frac{u}{p} - \frac{u}{p'} \right)$$

$$T' = \frac{\pi w}{g} (A^2 - B^2) \left[n^2 - \frac{u^2}{p^2} + \left(n + \frac{u}{p} \right) \left(n' - \frac{u}{p'} \right) \right]$$

und:

$$e_g = \frac{(T + T') u}{2 \pi L' n'} = 1.$$

ANM. — Ausführliche Darlegungen dieser hervorragenden Theorie finden sich in: *Transaction of the Inst. of Naval Architects*, 1888.

Castellammare di Stabia, December, 1904.

G. ROTA.

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

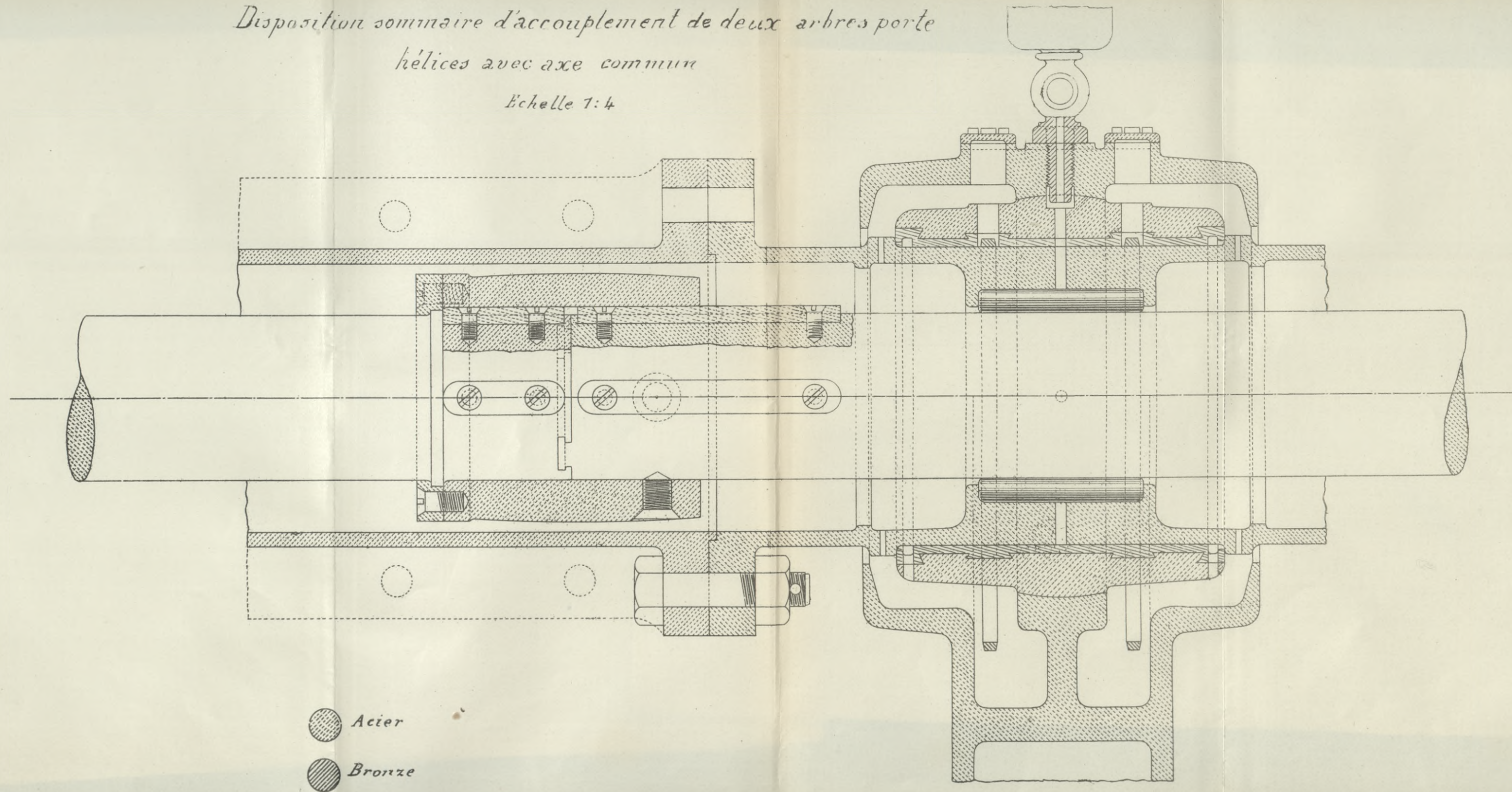
X. CONGRESS - MAILAND - 1903

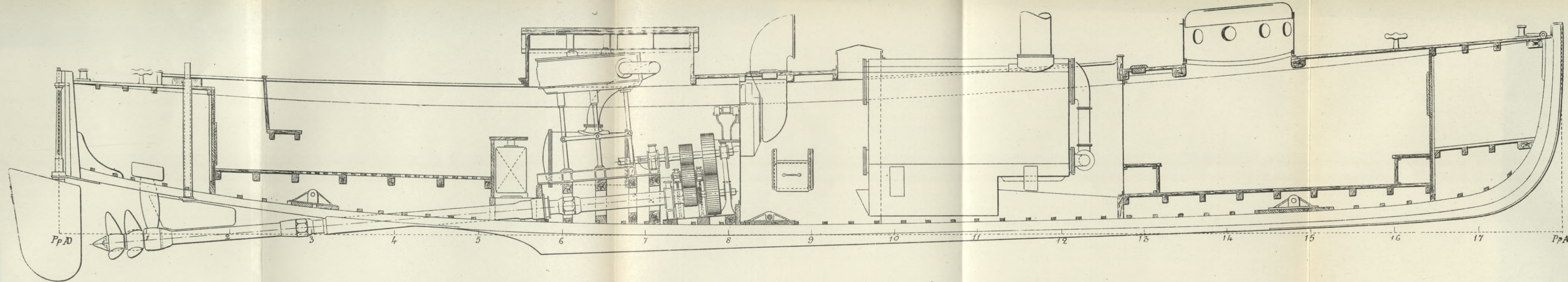
II. Abteilung : Seeschifffahrt
2. Frage

BERICHT
VON
G. ROTA

BLATT I.

Disposition sommaire d'accouplement de deux arbres porte
hélices avec axe commun
Echelle 1:4





Canot à vapeur de m. 17,00

Disposition provisoire pour adapter la machine actuelle à la propulsion avec deux hélices coaxiales

Echelle 3:10

