

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA NAZIONALE  
DEI LINCEI

ANNO CCCXIX.

1922

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXXI.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1922

Fisica terrestre. — *Sul movimento ondoso del mare e delle navi.* Nota II di EMILIO ODDONE, presentata dal Corrispondente L. PALAZZO.

In una Nota precedente ho accennato ad un inerziometro per la determinazione degli elementi del moto ondoso del mare e delle navi, e ne ho esposto la teoria (1). Nella Nota presente riassumo le prove che col medesimo ho fatto a bordo dei transatlantici « Presidente Wilson » e « Duca degli Abruzzi », nelle due traversate dell'Atlantico, da Gibilterra a New-York e viceversa. Le sottostanti tabelle riassumono i giorni e le ore d'osservazione, la direzione del vento, le condizioni del mare, il periodo delle onde dell'oceano, la posizione geografica, nonchè alcune delle massime escursioni verticali e corrispondenti accelerazioni della nave.

TRAVERSATA DELL'ATLANTICO DA GIBILTERRA A NEW-YORK.

Data ed ora locale	Vento		Stato del mare	Periodo totale dell'onda dello Oceano sec.	Escurs. vert. totali mass.		Accelerazioni massime $\frac{Z''}{m} \text{ cm/sec}^2 = \text{Gals}$	Posto occupato dall'inerziometro sul « Pres. Wilson »	Longitudine (2)
	Direzione	Intensità scala Beaufort			gramma sul dia-	gramma L <sub>0</sub> m. cm.			
1920 Febr.									
17 10 <sup>h</sup>	S-SE	5	grosso la mat. grosso la sera	fino ad 11	0,3	9	150	Cabina centrale di 1 <sup>a</sup> cl. N. 121	10° W. Green
18 10-11 <sup>h</sup> 21 <sup>h</sup>	N-NW ,,	7 ,,	grosso e morto tutto il giorno	7,5 10	0,9 0,45	12 11	440 220	Prua Fumoir	16° 45' ,,
19 10 <sup>h</sup>	N	5	meno agitato	6,7	0,4	4,5 (3)	200	Louange	23° 30' ,,
20 9 <sup>h</sup>	N-NE	4	agitato-mosso	7,5	0,35	5	186	Caldaie e coffa	30° 40' ,,
21 17 <sup>h</sup>	E	3	mosso	—	—	—	—	—	38° ,,
22 9 <sup>h</sup> ½	SW	2	morto	—	—	5,5	175	Louange	45° ,,
23 15 <sup>h</sup> ½	SE	4	calmo	—	—	—	—	—	51° 30' ,,
24 9 <sup>h</sup>	SE	1	calmo	—	—	—	—	—	59° 20' ,,
25 13-14 <sup>h</sup>	W	7-8	calmo la matt. molto agitato il pomeriggio e la sera	7,4 7,2 5,7	0,4 0,12 0,55	5,5 1,6 4,5	204 61 278	Louange Cab. cent. N. 121 Poppa	66° 40' ,,

(1) Nota dallo stesso titolo presentata nella seduta dell'8 gennaio 1922.

(2) Le latitudini non furono scritte perchè oscillarono tra le ristrette cifre di 37° 59' e 40° 26'.

(3) Disposi sul davanzale della louange, parallelo all'asse maggiore, distante 40 m. dal metacentro della nave, un clinometro, il quale alle 10 ore accusa delle inclinazioni di beccheggio della nave di 7°. Risulta un'ampiezza d'oscillazione al luogo d'osservazione data da  $40 \text{ tang } 7^\circ = 4^m,9$  in accordo col dato dell'inerziometro.

TRAVERSATA DELL'ATLANTICO DA NEW YORK A GIBILTERRA.

Data ed ora locale	Vento		Stato del mare	Periodo totale dell'onda dello Oceano sec.	Escur. vert. totali mass.		Accelerazioni massime	Posto occupato dall'inerziometro sul « Duca degli Abruzzi »	Longitudine
	Direzione	Intensità scala Beaufort			gramma	cm.			
1920 Aprile									
28 12 <sup>h</sup>	SE	3	agitato	6,3 6	0,37 0,42	3,7 3,8	185 211	Fumoir Poppa	66° 40' W. Green
29 10 <sup>h</sup>	NW	2-3	meno agitato	4,5	0,4 0,2	2,1 1	210 40	Prua Louange	55° 21' "
30	NE	3	mosso		insignificanti		insignificanti		51° 30' "
1 Maggio 10 <sup>h</sup>				6,6	0,8	8,8	400	Prua	
11 <sup>h</sup>	SW	3	grosso e morto	8,2	0,4 <sub>s</sub>	7,1	217	Deck	44° 56' "
12 <sup>h</sup>				7,6	0,4 <sub>s</sub>	6,6	228	di Poppa	
2	S-SW	3	mosso		insignificanti		insignificanti		38° "
3	S-SE	2	mosso		idem		idem		30° 40' "
4	N-NE	5	calmo poi agit.		idem		idem		23° 29' "
					0,5	4,7	300	Prua	
					0,3	2,8	150	Saletta fumatori	
5 10 <sup>h</sup>			mosso la matt.	6,1	0,2	1,9	100	Deck	
14 <sup>h</sup>	E	5			0,5	4,7	300	Sala fumatori	16° 43' "
			agitato la sera	6,1	0,5	4,7	300	Giard. d'inverno	
					0,4	3,4	240	Cab. II cl. N. 9	
6	E	6	agitato	4,7	0,4 <sub>s</sub>	2,5	225	Cab. II cl. N. 9	12° "
7 7 <sup>h</sup>	E	7	temp. p. vento	4,7	insignificanti		insignificanti		8° "

L'apparato scrisse non appena le onde marine cominciarono a divenire sensibili (diagrammi 2, 3, 4 della figura) e diede veramente delle notevoli registrazioni quando il mare si fece profondamente agitato. Ho trovato che le onde dovute al vento, e quindi brevi, hanno periodi da 4 a 6 secondi, e che quelle lunghe, proprie al mare detto morto, hanno periodi che da 7 vanno fino ad 11 secondi. Non vi è correlazione tra l'intensità del vento e l'ampiezza delle onde marine. Presso New York e nello stretto di Gibilterra, le raffiche furiose rispettivamente del ponente e del levante, resero, addì 25 febbraio e 6 e 7 maggio, tempestoso il mare (curva N. 5), ma trattavasi di onde superficiali di piccola lunghezza d'onda, frementi, non esageratamente alte. In corrispondenza il sollevamento della nave era piccolo. Quando, invece, addì 17 febbraio, si produssero le onde lunghe, lente, del cosiddetto mare morto, grosso ed incrociato (la *houle* dei francesi), malgrado un'apparente calma di vento e malgrado la piccola ampiezza di registrazione (curva N. 11), il calcolo indicò un sollevamento della nave fino

a 9 m. È attendibile che con mare mosso fino ad una certa profondità, anche le grosse navi si sollevino coll'onda, e che con mare mosso solo superficialmente, queste grandi navi che pescano profondo, abbiano il loro moto smorzato dagli strati sottostanti non agitati. Ne viene la conseguenza che per la determinazione dell'altezza delle onde, è più adatto l'impianto dell'apparato al metacentro di piccole imbarcazioni o dei galleggianti. Il sollevamento di 9 m. è il massimo d'insieme da me riscontrato <sup>(1)</sup>. Non farà specie l'averlo ottenuto quando le onde sul diagramma hanno piccole escursioni ed il lungo periodo di 11 secondi, dopo che la formola (6 bis) mostra l'influenza predominante del periodo. In quanto alle accelerazioni, la formola (8) indica come, con onde brevi, si possono calcolare delle notevoli accelerazioni anche con piccole escursioni sul diagramma; e come, con onde lunghe, si possono avere, anche con notevoli escursioni sul diagramma, delle accelerazioni della nave, modeste.

Provato a spostare l'apparecchio lungo l'asse verticale della nave col scenderlo verso le caldaie, oppure coll'innalzarlo sulla coffa, trovai che desso indicava le identiche escursioni verticali di 5 m. colla stessa accelerazione verticale di 186 Gals (v. i diagrammi alla curve 3 e 2). Spostato l'inerziometro lungo l'asse longitudinale della nave, le escursioni verticali crescevano dal centro verso la poppa (curve 7 e 6) e anche più, come purtroppo sanno gli emigranti, dal centro verso la prua (curve 7 e 9). Per esempio, addì 19 febbraio, in un'ora dove la salita verticale al centro della nave era di 3,7 m., era a poppa di 7<sup>m</sup>,3 ed a prua di 8<sup>m</sup>,6. Dalle zone diagrammatiche delle curve 15, 14 e 16 sono state ricavate le escursioni che portano a quelle cifre.

Addì 1<sup>o</sup> maggio la prua provava delle escursioni di 8<sup>m</sup>,8 ed addì 18 febbraio fino a 12 m.! (Curva 16). Si arrivò allora a valori dell'accelerazione di 400 ed anche 440  $\text{cm}/\text{sec}^2$ , ciò che significa che sull'ossatura della prua si esercitava ora metà, ora una volta e mezzo il peso ordinario!

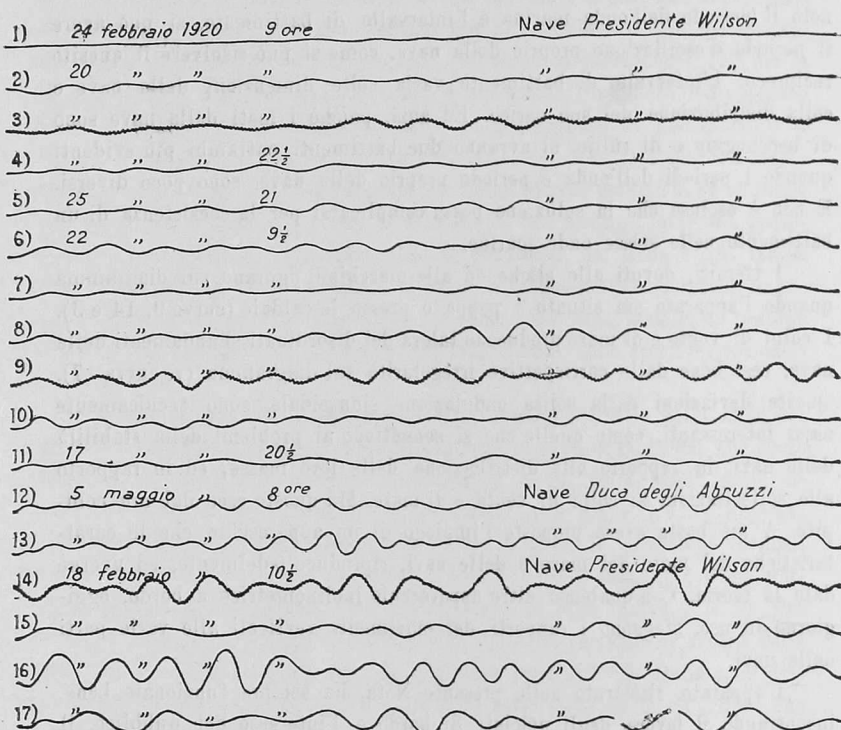
È raro che le ondulazioni verticali dell'onda riprodotte sul diagramma, si seguano con uguale ampiezza: generalmente e specie a poppa, a prua ed ai lati, il diagramma segnala onde crescenti o decrescenti, i cui massimi d'onda sono separati da netti intervalli di riposo (v. i diagrammi 12, 14 e 16). Questo comportamento prova la coesistenza di due movimenti:

(1) Nella crociera antartica del Dr. Charcot, dietro suggerimento del Dr. Richard, direttore del Museo Oceanografico di Monaco, erano state incluse nel programma della spedizione, le misure del moto verticale della nave. J. Rouch attese a queste misurazioni con uno statoscopio registratore. Egli conviene che lo statoscopio ha dei difetti che lo rendono inadatto a questo genere di determinazioni ogni qualvolta non vi sia calma di vento. Trovò delle altezze d'onda fino a 6 metri, ed il dì 28 gennaio 1910, m. 8, m. 9 e fino m. 10,50. (Comptes Rendus de l'Acad. des sciences, Paris, T. 170, I sem., 15 marzo 1920).

quello dell'onda e quello proprio della nave. Dalla teoria dei battimenti, noto il periodo dell'onda marina e l'intervallo di battimento, si può avere il periodo d'oscillazione proprio della nave, come si può risolvere il quesito reciproco. L'intervallo di battimento varia colle dimensioni della nave e colla distribuzione del suo carico. Ed anzi, poichè i moti della nave sono di beccheggio e di rullio, si avranno due battimenti, entrambi più evidenti quando i periodi dell'onda e periodo proprio della nave, sono poco diversi. E non è escluso che la soluzione possa complicarsi per la coesistenza di un battimento nelle stesse onde marine.

I tremiti, dovuti alle eliche od alle macchine, figurano sui diagramma quando l'apparato era situato a poppa o presso le caldaie (curve 9, 14 e 3). I colpi di vento e di mare producono talora dei disordinati sbandamenti della nave, resi bene dalle corrispettive irregolarità sul diagramma (v. curva 17). Queste deviazioni dalla solita ondulazione sinusoidale, sono tecnicamente assai interessanti, come quelle che si connettono ai problemi della stabilità delle navi, in rapporto alla distribuzione delle loro masse, ed in rapporto alle sollecitazioni ai colpi di vento e di mare. Ma questo esce dal mio compito. A me basta avere proposto l'impiego di un apparecchio che le caratteristiche del moto del mare e delle navi, riproduce fedelmente, ed averne dato la teoria. Con qualsiasi altro apparecchio inclinometrico a bordo, oggi-giorno in uso, sfuggono i rapporti dei movimenti verticali alle varie parti delle navi.

L'apparato, illustrato nella presente Nota, ha sempre funzionato bene, incontrando il favore degli ufficiali di bordo e l'interesse del pubblico, il quale notava, ad esempio, l'esatta corrispondenza tra le onde a più forte accelerazione ed i più accentuati spasimi fisiologici di coloro che soffrivano del mal di mare. La semplicità di costruzione, la bontà dei risultati e le applicazioni cui può dar luogo, ne consigliano la divulgazione. Oggi non basta definire lo stato del mare coi brevi aggettivi graduatori di calmo, mosso, agitato e molto agitato, ma è giunta l'ora di fissare in misura l'entità del dinamismo del mare. Del pari non basta che una nave abbia la nomea di essere più stabile di un'altra. Occorre indicare il grado della stabilità, tenendo conto che la stabilità è funzione della distribuzione delle masse e per la stessa distribuzione del carico e lo stesso stato dinamico del mare è in ragione inversa delle accelerazioni di moto che la nave sopporta. Le Compagnie avrebbero interesse a stabilire dei confronti grafici esatti, che mettessero in evidenza i vantaggi di certe navi di fronte ad altre concorrenti. Il pubblico tiene a viaggiare col minor disagio per via delle oscillazioni del mare, ed un documento sperimentale che guidasse nella scelta della nave, tornerebbe di vantaggio alle buone Società di navigazione, e gradito ai viaggiatori.



Velocità del tamburo 7<sup>cm</sup>,8 al minuto primo.

- (1) Registrazione con mare calmo. Cabina centrale N. 121.  
 (2), (3), (4) " " " poco mosso. Coffa, caldaie (i tremiti sono dovuti alle macchine) e Cabina centrale N. 121.  
 (5) Registrazione con mare a brevi onde superficiali. Cabina cen. N. 121.  
 (6), (7), (8), (9), (10) " " " morto, non molto molesto. Astern, Middle-side, Louange, Bow (i tremiti sono dovuti alle eliche), Bridge.  
 (11) Registr. con mare morto, a lunghe onde, molesto. Cab. cen. N. 121.  
 (12) " " " agitato, assai molesto. Fumoir.  
 (13) " " " " " " Prua.  
 (14), (15), (16), (17) " " " molto agitato, molestissimo. Poppa (i tremiti sono dovuti alle eliche). Salone centrale, Prua, Fumoir (accusa gli sbandamenti della nave).