

L'UTILISATION DE LA PHOTOGRAMMETRIE DANS
LA DETERMINATION DU "RATING" POUR YACHT
DE HAUTE MER.

Brioli R.M.

Folloni G.

Lombardini G.

Pieri L.

Unguendoli M.

Istituto di Topografia-Facoltà di Ingegneria-Università di Bologna-Italy

INTRODUCTION

Comme chacun sait, dans les régates de voiliers, les classifications sont établies sur la base du temps effectif réalisé par les bateaux, temps compensé par le "rating" attribué à chaque bateau après avoir effectué les opérations de jaugeage.

Ce dernier est généralement calculé selon des méthodes traditionnelles plutôt complexes et délicates dont la précision est souvent liée à des évaluations subjectives dans la conduite des essais et dans l'estimation des résultats.

D'autre part, ces opérations et les valeurs de "rating" qu'elles fournissent, sont souvent déterminantes pour fixer le résultat final d'une compétition et sont parfois source de contestations et de plaintes.

On comprend donc combien il est important de confier les opérations de jaugeage à des formes de levé qui garantissent objectivité et haute précision et qui fournissent une documentation permanente consultable pour toute nécessité de vérification.

Dans ce but, il nous a semblé intéressant d'expérimenter les capacités d'un levé photogrammétrique, venant remplacer les relèvements de type traditionnel, pour effectuer les mesures nécessaires à la détermination du "rating" des bateaux de régates: nous avons ainsi effectué des levés photogrammétriques sur des bateaux de fabrication italienne, de différentes longueurs et présentant des caractéristiques géométriques qui rendent les opérations particulièrement difficiles et complexes si l'on adopte les méthodes traditionnelles de jaugeage.

Cet article présente de façon détaillée les opérations de levé photogrammétrique et les résultats obtenus sur l'un de ces bateaux, de 37 pieds de long et de conception récente.

OPERATIONS DE LEVE'

Le levé photogrammétrique de ce bateau a été effectué selon trois différentes distances de prise de vues: l'une très rapprochée (env. 4,5 m.) qui a requis 5 stéréogrammes pour avoir une couverture stéréoscopique de l'ensemble de la coque; une seconde à distance moyenne (env. 7,5 m.) avec 3 stéréogrammes; une troisième enfin plus éloignée (env. 12 m.) avec seulement 2 stéréogrammes.

Dans chacun des cas cités, la base de prise (distance entre les

deux appareils photographiques) a été choisie de façon à avoir un rapport moyen $\frac{\text{base}}{\text{distance}}$ égal à environ $\frac{1}{3}$.

Le but que l'on s'est proposé, en adoptant différentes distances, est celui de vérifier à posteriori la distance optimale depuis laquelle effectuer les levés en fonction des dimensions de la coque, des caractéristiques de l'appareil utilisé, du degré de précision désiré ainsi que de la difficulté de l'entreprise.

Il est, d'ores et déjà, possible de faire les considérations suivantes:

- a) Le levé rapproché (env. 0.4 de la longueur de la coque) n'apporte pas d'amélioration significative dans le résultat final de la restitution, dans la mesure où, la majeure précision dans la détermination de la position de chacun des points tend à être altérée par les erreurs inévitables d'enchaînement des modèles, naturellement nombreux, composant la bande. Ces raisons s'ajoutant à la difficulté des opérations de levé et de restitution amènent à déconseiller le choix de si faibles rapports entre la distance appareil-bateau et la longueur de la coque.
- b) Les levés effectués à la distance maximale (env. égale à la longueur de la coque) permettent de simplifier nettement les opérations, mais offrent une restitution de l'objet d'une précision insuffisante pour ce type d'application.
- c) La distance intermédiaire est celle qui répond le mieux aux exigences de précision et de rapidité des opérations de levé et de restitution: selon nous ce résultat peut être généralisé, la distance optimale étant approximativement égale aux $\frac{2}{3}$ de la longueur de la coque.

Les photographies ont été réalisées avec un appareil Veroplast Galileo ayant une focale de 151,93 mm et un format 13x 18 cm; le support d'emulsion utilisé est constitué par des plaques en verre rectifiées de façon à ce que l'image se trouve sur un plan.

Les points d'appui nécessaires pour l'orientation absolue des modèles ont été obtenus, selon une méthode déjà expérimentée [1], utilisant des signaux soutenus par des tiges à plomb en "invar" (fig.1): la distance verticale de ces signaux a été au préalable fixée en laboratoire en utilisant un cathétomètre au centième de mm. Les tiges ont été suspendues devant la coque, en mesurant à terre les distances respectives et en contrôlant l'alignement et le parallélisme par rapport au plan de symétrie longitudinale du bateau: pour éviter, d'éventuelles oscillations au moment des levés, un système d'amortissement à huile a été prévu au pied de chacune des tiges.

Les repères ainsi utilisés permettent l'orientation absolue des modèles et la matérialisation d'un plan vertical parallèle à la section longitudinale de la coque servant de référence aux

coordonnées de tous les points objets du levé.

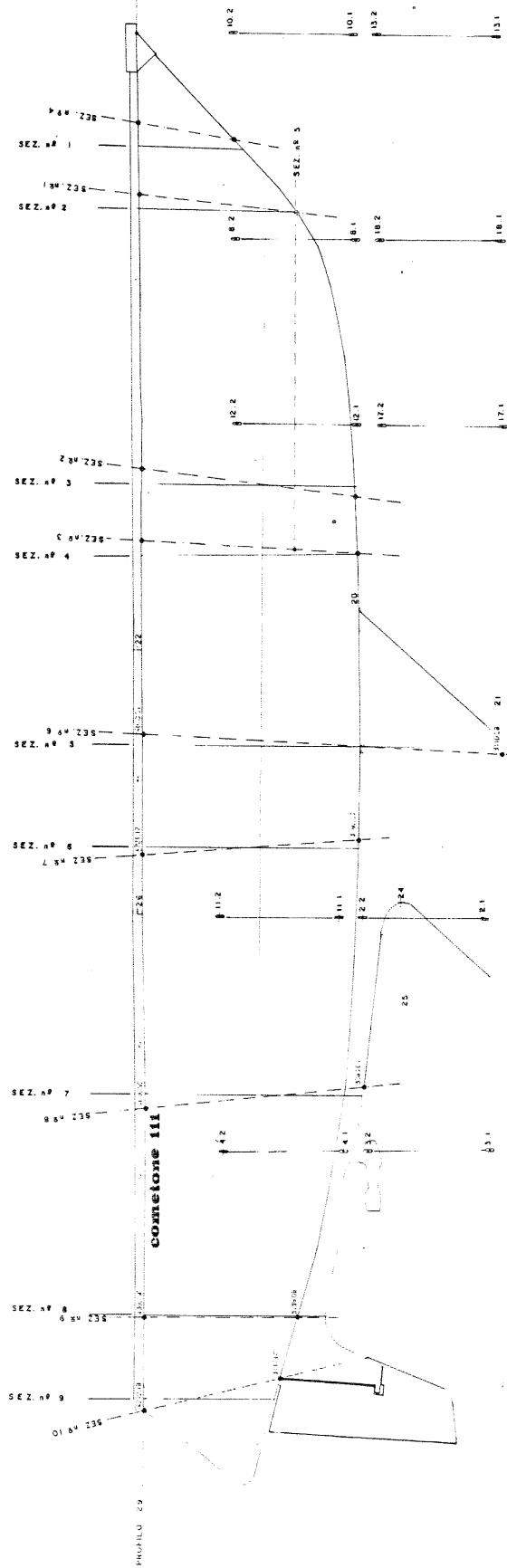


FIG. 1

OPERATIONS DE RESTITUTION

Les opérations de jaugeage nécessitent substantiellement la détermination d'un certain nombre de sections verticales de la coque, dont la position et la distance qui les sépare ont été fixées.

Dans ce but, il apparaît nécessaire de recourir à une restitution numérique qui décrive les sections intéressées à partir des coordonnées spatiales du plus grand nombre de points possible.

Pour ces raisons et dans le but également de garantir la précision exigée, on s'est orienté vers une restitution analytique en utilisant le stéréocartographe D.S., produit par la maison Officine Galileo de Florence, qui est constitué d'un stéréocomparateur de précision, relié à un ordinateur et à un coordinatographe. Le D.S. peut, par conséquent, restituer, tant sous forme graphique que numérique, des photographies aériennes ou terrestres faites avec des appareils de focale quelconque, quelles que soient l'échelle et l'orientation.

Le D.S. utilisé est équipé d'un ordinateur DIGITAL PDP 11/34 avec 16 K de mémoires, d'une unité Dual Floppy disk, d'un téléscripteur et d'une table de dessin électronique Galileo E.T. System.

L'orientation relative et l'orientation absolue sont, dans cet instrument, obtenues directement au moyen de l'ordinateur qui utilise pour cela les coordonnées du photogramme mesurées au stéréocomparateur; une fois l'orientation obtenue, l'ordinateur calcule, dans le système de référence préfixé, les coordonnées de chaque point observé, en mettant dans le même temps en mouvement un système optique et un chariot porte-plaques du stéréocomparateur en fonction des paramètres d'orientation calculés. Il est ainsi possible de suivre le modèle stéréoscopique comme s'il s'agissait d'un modèle formé sur un stéréorestituteur analogique.

Les données recueillies au moyen de l'unité Dual Floppy disk ont été en même temps imprimées par le téléscripteur afin de pouvoir contrôler immédiatement toute anomalie éventuelle dans les mesures.

Les parallaxes résiduelles, mesurées sur certains points des photogrammes, ont des valeurs d'un ordre toujours inférieur à 8μ , ce qui est tout à fait satisfaisant.

Une fois obtenue l'orientation absolue, les erreurs résidues sur les coordonnées des points d'appui, relatifs aux 3 modèles restitués, ont été déterminées: ces erreurs résidues ont toujours été inférieures aux $\frac{4}{10}$ de mm. ce qui ne remet pas en cause la qualité du levé effectué.

Le même calcul, effectué sur 5 points de la coque pour chacun des 3 modèles restitués, a donné les valeurs suivantes pour

les erreurs résidues de coordonnées des points, exprimées en $\frac{1}{100}$ de mm:

Modèle 1 POUPE				Modèle 2 POUPE			Modèle 3 POUPE		
	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz
1	-109	24	0	4	-10	-30	1	-3	-6
2	2	78	42	-23	-13	32	-6	-10	7
3	93	-63	18	-119	-10	-23	-6	0	-2
4	14	-38	31	6	60	-30	4	7	-7
5	0	0	-64	0	0	-31	42	-8	0

Le résultat nous semble amplement satisfaisant pour ce type d'application même si dans certaines zones, en particulier celles de poupe et de centre bateau, les erreurs résidues présentent des valeurs relativement élevées.

Selon nous, ce manque d'homogénéité des résultats est à attribuer en majeure partie aux difficultés que l'on rencontre souvent dans la collimation de certains points des modèles:

l'homogénéité chromatique et la nature des surfaces, évidemment dépourvues de tout relief ou point de repère, représentent un obstacle non négligeable pour la réalisation de visées stéréoscopiques optimales.

Il est permis de penser que les visées et donc les résultats, puissent être améliorés en matérialisant au moyen de signaux les sections verticales à lever, même si ceci comporte un supplément d'opérations préliminaires aux levées photogrammétriques. Une seconde solution plus simple et rapide pourrait être celle de rendre la surface plus facilement observable stéréoscopiquement, en y projetant des images appropriées. Pour expérimenter les possibilités offertes par ces méthodes de repérage, des essais de levé sont en cours sur d'autres bateaux ou sur des surfaces présentant des caractéristiques analogues.

Pour reproduire sur graphique les sections levées, les informations mémorisées sur Floppy disk ont été élaborées numériquement et graphiquement par un ordinateur CDC-CY-730 lié à un Plotter Calcomp modèle 748. Les résultats ont été recueillis sur 9 tableaux relatifs à autant de sections verticales qui figurent dans le profil longitudinal de la coque (fig.1): nous nous limitons à présenter quelques exemplars (fig.2,3,4) appartenant aux trois zones de la coque indiquées.

CONCLUSION

Les résultats du levé nous semblent particulièrement intéressants et à même de suggérer une méthodologie analogue dans toutes les opérations de jaugeage pour déterminer le "rating" des bateaux de régate.

Les principaux avantages qu'offre la méthode photogrammétrique résident essentiellement, comme nous l'avons dit, dans la rapi-

dité des opérations, dans la précision et dans le caractère absolument objectif des résultats, dans la considérable quantité d'informations qu'il est possible d'obtenir et qui sont en mesure de décrire en détail toutes les lignes de la coque, dans la possibilité enfin d'avoir une documentation permanente qui puisse à tout moment être consultée.

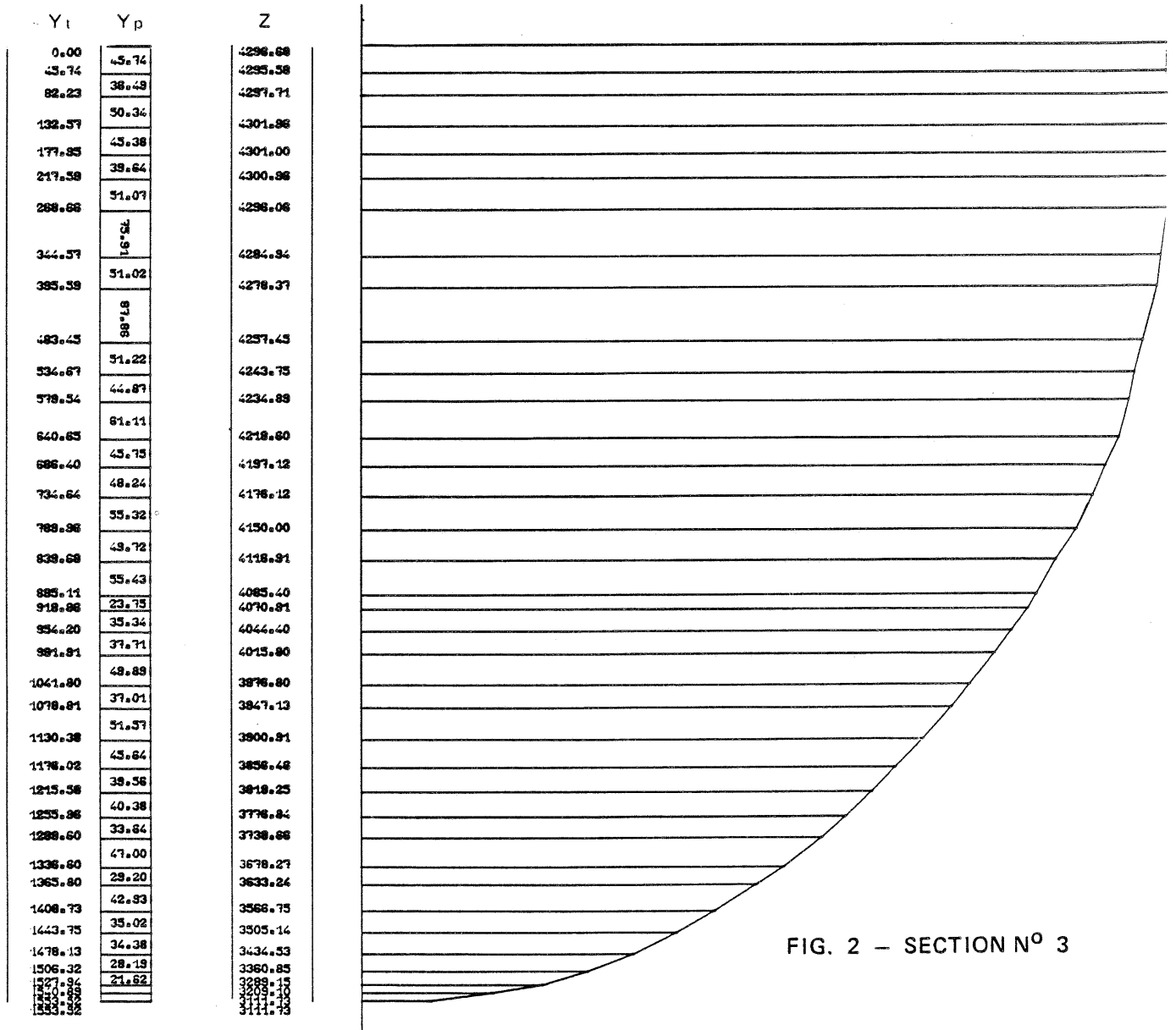


FIG. 2 - SECTION N° 3

Y _t	Y _p	Z
0.00	26.50	4874.86
26.80	31.41	4871.80
57.81	37.24	4868.13
95.15	37.51	4866.10
132.68	37.51	4701.42
165.20	32.54	4706.75
196.71	31.51	4709.39
222.51	25.80	4711.70
259.48	36.81	4712.82
291.62	22.14	4714.34
321.68	40.08	4715.78
356.30	34.82	4714.83
390.12	33.82	4712.87
415.72	25.80	4711.81
461.36	43.84	4705.78
507.40	48.04	4698.68
544.00	36.80	4682.43
585.28	41.28	4683.18
621.81	36.53	4676.05
684.73	38	4653.50
748.42	61.68	4629.52
806.07	38.65	4603.20
878.88	32	4568.04
950.06	31	4524.18
1017.85	28	4478.43
1088.58	49	4416.87
1148.35	60.78	4357.41
1185.71	46.38	4306.50
1253.27	57.38	4233.81
1290.82	37.33	4180.38
1327.32	38.70	4124.04
1371.68	44.17	4046.13
1401.08	29.37	3984.02
1434.25	33.18	3903.10
1454.53	20.88	3854.27
1478.38	24.53	3782.38
1497.01	23.83	3708.52
1518.87	22.38	3628.41
1537.31	19.41	3548.78
1558.52	14.74	3454.48
1574.58	11.73	3354.73
1574.58		3183.81
1917.48	34.12	
	78.12	
2339.33		3158.38
2398.18	56.83	3122.84
2480.44	77	3144.11
2525.44	50	3134.78
2583.87	38.53	3126.88
2595.08	31.12	3114.27

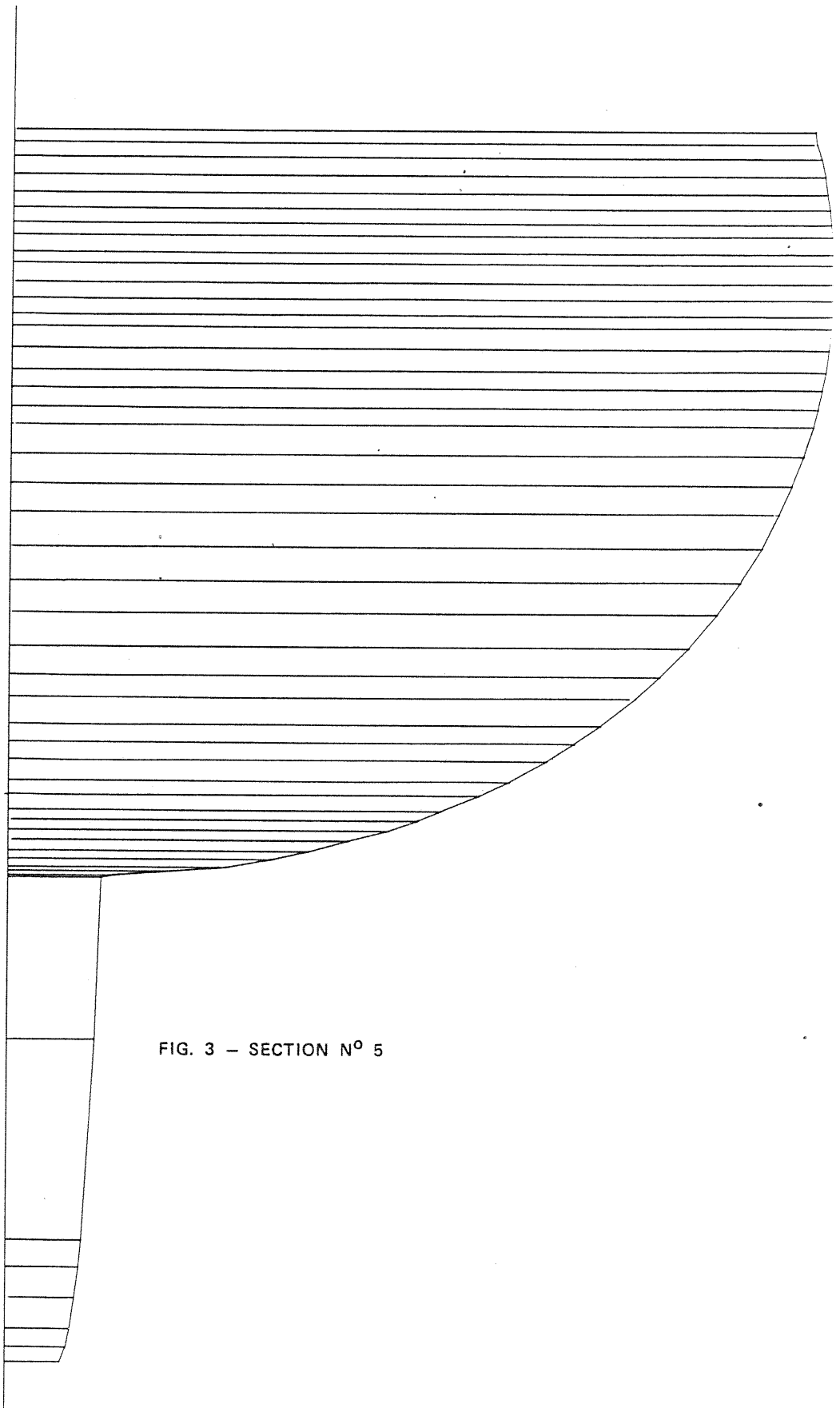


FIG. 3 - SECTION N° 5

Y _t	Y _p	Z
0.00		4848.37
66.48	69.47	4856.28
104.81	38.12	4862.34
158.58	56.88	4866.60
207.53	47.94	4866.73
283.64	78.11	4864.33
362.28	78.83	4858.27
440.81	78.82	4871.68
503.88	83.07	4843.11
555.48	51.51	4831.88
610.55	55.08	4818.15
675.44	67.85	4806.36
745.13	88.88	4802.27
822.38	71.26	4822.43
925.41	103.02	4451.26
1028.41	103.00	4363.56
1088.78	74.58	4281.03
1148.58	46.80	4230.32
1211.07	64.47	4135.03
1273.17	82.10	4025.00
1321.81	8.84	3813.88
1360.61	38.80	3784.07
1394.86	34.38	3658.48
1419.32	24.13	3443.76
1438.69	20.11	3222.84
1454.84	21.11	3117.80
1476.84	21.41	3133.83
1578.67	102.73	3078.58

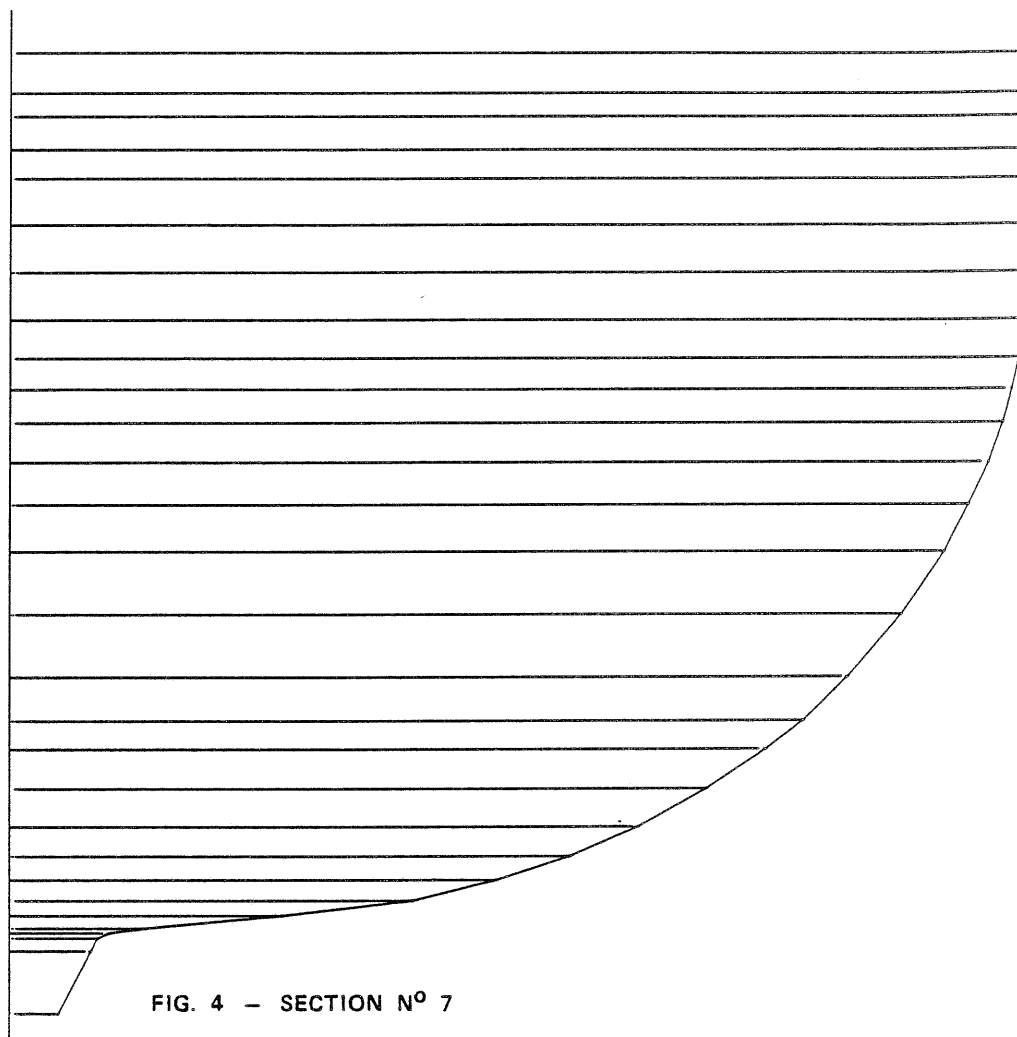


FIG. 4 - SECTION N° 7

BIBLIOGRAPHIE

- Lombardini G.: Controle des mouvements des structures au moyen des techniques photogrammetriques, dagli Atti del III Symposium International de mesures de Déformation avec des méthodes géodesiques, Budapest, 1982.
- Lombardini G., Folloni G.: Rilievo fotogrammetrico e restituzione grafica della peschiera; da Restauri a Sassuolo: il palazzo Ducale e la piazza Garibaldi, ed. Bologna, 1982.
- Lombardini G., Brioli R.M., Arpesella G., Mikus P.M.: L'utilisation de la photogrammétrie dans l'analyse de deux bioprothèses valvulaires de porc, dalla rivista R.B.M. Revue Européenne de technologie Biomedicale n.2/1983 vol.5 SEPFI.
- Lombardini G., Folloni G., Gavaruzzi R.: Rilievo di aste fluviali con metodi fotogrammetrici dal Bollettino della Società Italiana di Topografia e Fotogrammetria n.2, 1983.
- Lombardini G., Unguendoli M.: Metodologie applicate per il rilievo integrale di un complesso monumentale dalla rivista l'Ufficio tecnico anno IV n.3, marzo 1982.