

C.I.P.S.

MODELE MATHEMATIQUE DE LA
POLLUTION EN MER DU NORD.

TECHNICAL REPORT

1974/Instrumentation 01

This paper not to be cited without prior reference to the author

CALIBRATION DES COMPAS DES COURANTOMETRES

par

Henri PICARD

* Institut de Mathématique
Avenue des Tilleuls, 15
4000 LIEGE

En vue de la meilleure utilisation des données courantométriques, il est indispensable d'effectuer la calibration des compas des courantomètres. Une première calibration s'est effectuée avec l'aide des spécialistes du Fisheries Laboratory de Lowestoft à l'occasion d'une visite que nous leur avons rendue en janvier 1974.

Les appareils calibrés sont les Plessey n° 234 et 290, les NBA n° 212, 220, 221 et 222 de notre Programme Mer, ainsi qu'à titre de comparaison, les Aønderaa n° 573 et 574 utilisés à Stareso (Calvi).

I. Principe de la calibration de direction

La calibration se fait à l'aide d'une table tournante munie de quatre supports diamétralement opposés et sur chacun desquels se fixe un courantomètre. Cette table, parfaitement de niveau et construite en matériau amagnétique, est située à l'extérieur des bâtiments, pour éviter les champs magnétiques parasites.

Son orientation est établie par rapport à des repères géographiques, par visée optique. Des champs magnétiques parasites peuvent induire, pour chaque support et pour chaque direction, de légères déviations que l'on peut déterminer en alignant, dans chaque support et pour chaque direction, un compas de relèvement.

Le mouvement de la table se fait soit manuellement soit mécaniquement par l'intermédiaire d'un moteur électrique. Le pas de rotation usuel est de 10°.

Pour les courantomètres Plessey, on fait la moyenne, pour chaque station, des 4 mesures prises à 2,5 minutes d'intervalle (36 stations = 6 heures). Les bandes magnétiques sont traduites en bandes perforées qui sont alors décodées sur ordinateur. Après correction éventuelle de la déviation magnétique, on obtient la courbe de calibration de l'appareil donnant la déviation du courantomètre, en fonction de son orientation.

Pour les autres courantomètres, deux problèmes se sont posés à Lowestoft. D'une part, la fixation imparfaite des Aanderaa et des N.B.A. sur une table conçue pour les Plessey a été la cause d'erreurs difficiles à évaluer. D'autre part, comme il n'y avait pas d'interface bande magnétique - bande perforée pour les N.B.A., les mesures de calibration ont été à la fois enregistrées sur bande magnétique, renvoyées pour traduction chez le constructeur (délai 2 mois) et lues directement à l'aide du test set N.B.A. Nous détaillons plus loin les précautions à prendre pour obtenir une calibration précise par lecture directe.

II. Calibration des Plessey

Le matériel du laboratoire de Lowestoft étant essentiellement conçu pour les Plessey, cette calibration a pu se faire de manière rapide, complète et précise.

Les résultats du Plessey n° 234 sont donnés table I. Pour chacune des 36 stations, il y a 4 mesures dont la dispersion est très faible. En effet, pour 15 stations, les 4 mesures sont identiques ; pour 19 stations, une mesure diffère des 3 autres identiques (*) et pour 2 stations, il y a 2 groupes de 2 mesures identiques (**).

La différence maximale entre les mesures d'une même direction est de $1,639^\circ$ pour la station 10° . Elle est inférieure à $0,5^\circ$ pour toutes les autres stations.

La courbe de calibration de cet instrument est donnée fig. 1. Signalons ici que le constructeur garantit les mesures avec une précision de $\pm 2^\circ$.

Pour le Plessey n° 920, l'essai de calibration a mis en évidence une défectuosité importante dans le système d'encodage de l'instrument qui doit donc être révisé.

III. Calibration des courantomètres Aanderaa

La calibration des Aanderaa a été réalisée par enregistrement sur bande magnétique d'une mesure tous les trente degrés répétée pour trois tours de la table. On constate, à quelques exceptions près, une répétition des mêmes valeurs pour chaque direction des trois tours consécutifs. Cette calibration peut être supposée exacte et donc utilisable.

Les résultats et les courbes de calibration des Aanderaa n° 573 et n° 574 sont donnés respectivement tables II et II et figures 2 et 3. Le constructeur garantit, pour les mesures de direction, une précision de $\pm 5^\circ$.

IV. Calibration des courantomètres NBA

Pour les N.B.A., la mesure de direction se fait par lecture optique sur un disque jouant le rôle de compas. Cette lecture est donnée par un mot binaire de sept bits. La résolution de la lecture est donc d'un bit, c'est-à-dire de $\frac{360^\circ}{128} = 2.813^\circ$. La mesure fournie par l'instrument étant une moyenne arithmétique de 128 lectures, la précision de la mesure, théoriquement équivalente à la résolution de la lecture, devient 2 fois meilleure. Comme la mesure est arrondie au degré (par défaut) lors de la traduction de la bande magnétique, la précision sera donc de $\pm 2^\circ$ (3°).

Pour la calibration, les mesures ont été relevées à la fois par lecture directe à l'aide du test-set et par enregistrement sur bande magnétique. La lecture directe n'a été relevée que de une à quatre fois tous les 20, 30 ou même 50 degrés. Ce petit nombre de lectures et le grand écart entre les stations rendent très difficile le tracé des courbes de calibration, à partir des lectures directes.

Les résultats et les courbes de calibration des NBA n° 212, 220 et 222 et 221 sont donnés respectivement table IV, V, VI et VII et figures 4,5,6,7. Pour les 3 premiers courantomètres, la courbe est tracée à partir des données enregistrées sur bande magnétique et pour le quatrième, à partir des mesures relevées par lecture directe. Dans chaque cas, on a tracé en plus la courbe de calibration proposée par le constructeur.

Les mesures obtenues par lecture directe sont difficiles à interpréter. Pour une même direction, les déviations peuvent être très dispersées et la déviation moyenne peut prendre une valeur exagérée. La figure 8 relative au N.B.A. n° 220 montre qu'une différence significative subsiste entre les valeurs lues et enregistrées.

Pour le N.B.A. n° 221 (fig.7) qui ne possédait pas de bande enregistreuse, il a été nécessaire d'interpréter les lectures directes en ne retenant pour une même station que les lectures identiques ou la dernière lecture si elles sont toutes différentes. De plus, pour avoir les mêmes conditions que pour les trois autres instruments, la direction retenue a été arrondie par défaut au degré entier.

Comme, dans les prochains mois, la calibration des N.B.A. devra se faire, à l'Unité d'Ostende, par lecture directe en test set, il est indispensable de prendre les précautions suivantes :

- avant la lecture, attendre que les valeurs affichées soient stabilisées depuis trois cycles de mesure au moins, pour éviter de lire une valeur dont le temps d'intégration couvre, en partie, celui de rotation de la table ;

- éviter la proximité de toute masse magnétique pendant la calibration ;

- effectuer trois tours de table en sens alternés pour constater la répétition de valeurs lues ou éventuellement certaines différences ;

- effectuer une station tous les 10 degrés.

Conclusions

1. Certaines expériences de notre Programme, comme l'étude de la diffusion, la courantométrie le long des côtes où la rose des marées est très aplatie etc... requièrent une grande précision dans les directions des courants. La calibration des compas des courantomètres est donc indispensable. Celles-ci montrent que les erreurs de mesures varient d'un instrument à l'autre et irrégulièrement suivant les directions et qu'elles dépassent parfois les limites garanties par les constructeurs.
2. Ces calibrations doivent être fréquentes. En effet, les courbes de calibrations varient dans le temps. Ce phénomène ne trouve pas d'explication plausible et les techniciens de Lowestoft ont même montré qu'en faisant la moyenne de toutes les courbes de calibration utilisées régulièrement pour un instrument sur une période de deux ans, on obtenait une courbe de calibration identiquement nulle. C'est peut-être la raison pour laquelle on trouve des différences significatives entre les courbes de calibration de N.B.A. que nous avons établies et celles proposées par le constructeur.
3. Il n'est pas possible de présenter une comparaison rigoureuse des trois types de courantomètres, car les procédures de calibration sont très différentes dans les trois cas.

TAB. I. CALIBRATION DU PLESSEY 234

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE	DEVIATION MOYENNE
0°	356.536 *	- 3.464
10°	6.557 **	- 3.443
20°	16.764	- 3.236
30°	26.798	- 3.202
40°	36.496	- 3.514
50°	50.326 *	+ 0.326
60°	59.322 *	- 0.678
70°	70.394	+ 0.394
80°	81.120	+ 1.120
90°	92.192	+ 2.192
100°	102.918	+ 2.918
110°	113.644 *	+ 3.644
120°	123.332	+ 3.332
130°	133.712	+ 3.712
140°	143.746 *	+ 3.746
150°	153.424 *	+ 3.424
160°	162.776 *	+ 2.776
170°	172.118	+ 2.118
180°	181.806 *	+ 1.806
190°	190.456	+ 0.456
200°	199.798 *	- 0.202
210°	209.140	- 0.860
220°	218.828 *	- 1.172
230°	228.516 *	- 1.484
240°	239.588 *	- 0.412
250°	249.622 *	- 0.378
260°	259.656	- 0.344

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE	DEVIATION MOYENNE
270°	270.036 *	+ 0.036
280°	279.760 *	- 0.240
290°	289.758 *	- 0.242
300°	299.446 *	- 0.554
310°	308.788	- 1.212
320°	318.130	- 1.870
330°	327.472 *	- 2.528
340°	336.987 **	- 3.013
350°	346.848 *	- 3.152
(360° 0°)	(356.536 *)	- 3.464

* 1 mesure diffère des trois autres identiques

** 2 groupes de 2 mesures identiques.

TAB. II. CALIBRATION DE L'AANDERAA N°573

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE	DEVIATION MOYENNE
006	2	- 3.9
036	31.7	- 4.3
066	59.8	- 6.2
096,5	88.7	- 7.8
127	119	- 8
157	149.2	- 7.8
187	181.3	- 5.7
216	212.3	- 3.7
246,5	244.3	- 2.2
276	274.9	- 1.1
306,5	304.8	- 1.7
337	337.6	+ 0.6

TAB. III. CALIBRATION DE L'AANDERAA N° 574

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE	DEVIATION MOYENNE
005	0.4	- 4.6
035	28.8	- 6.2
065	58.1	- 6.9
095,5	89.8	- 5.7
126	119	- 7
156	148.5	- 7.5
185	189.4	- 5.6
215	210.8	- 4.2
244.5	241.8	- 2.7
274.5	273.5	- 1
305	305.9	+ 0.9
334.5	334	- 0.5

TAB. IV. CALIBRATION DU NBA N° 212

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE DU COMPAS	DEVIATION MOYENNE	DEVIATION (CONSTRUCTEUR)
50	53	+ 3	+ 2
70	73	+ 3	+ 3
90	92	+ 2	+ 2
110	115	+ 5	+ 3
140	140	0	+ 5
170	168	- 2	+ 4
200	196	- 4	+ 2
230	225	- 5	+ 3
260	258	- 2	+ 1
290	289	- 1	+ 2
320	317	- 3	+ 2
360	357	- 3	+ 5

TAB. V. CALIBRATION DU NBA N° 220

DIRECTION DE LA TABLE	DIRECTION MOYENNE DU COMPAS	DEVIATION MOYENNE	DEVIATION (CONSTRUCTEUR)
50	47	- 3	+ 3
70	69	- 1	+ 3
90	90	0	- 3
110	106	- 4	+ 2
130	129	- 1	0
150	143	- 1	0
170	168	- 2	+ 1
190	188	- 2	- 2
210	208	- 2	- 2
230	227	- 3	- 1
250	244	- 6	- 3
270	264	- 6	- 4
290	284	- 6	- 5
310	306	- 4	- 5
330	326	- 4	- 4
360	357	- 3	- 6

TAB. VI. CALIBRATION DU NRA N° 222

DIRECTION DE LA TABLE (CORRIGEE)	DIRECTION MOYENNE DU COMPAS	DEVIATION MOYENNE	DEVIATION (CONSTRUCTEUR)
50	47	- 3	- 4
70	64	- 6	- 3
90,5	87	- 3,5	- 3
111	104	- 7	- 1
131	126	- 5	- 1
151	143	- 8	- 1
170,5	163	- 7,5	- 2
190	185	- 5	- 1
210	205	- 5	+ 1
229,5	225	- 5,5	+ 1
249,5	244	- 5,5	+ 3
269,5	264	- 5,5	+ 1
289,5	284	- 5,5	0
310	300	-10	0
329,5	329	- 0,5	0
360	357	- 3	- 3

TAB. VII. CALIBRATION DU NBA N° 221

DIRECTION DE LA TABLE (CORRIGEE)	DIRECTION MOYENNE DU COMPAS	DEVIATION MOYENNE	DEVIATION (CONSTRUCTEUR)
50	50	0	- 1
70	70	0	0
90,5	90	0,5	0
111	108	3	- 1
141	140	1	- 1
170,5	168	2,5	0
200	196	4	- 1
229,5	227	2,5	0
259,5	255	4,5	+ 2
289,5	286	3,5	- 1
319,5	317	2,5	+ 1
360	357	3	- 3

Seules les lectures directes étant disponibles, une interprétation a été effectuée, de manière à éliminer autant que possible les erreurs de lectures (cfr. § 5).

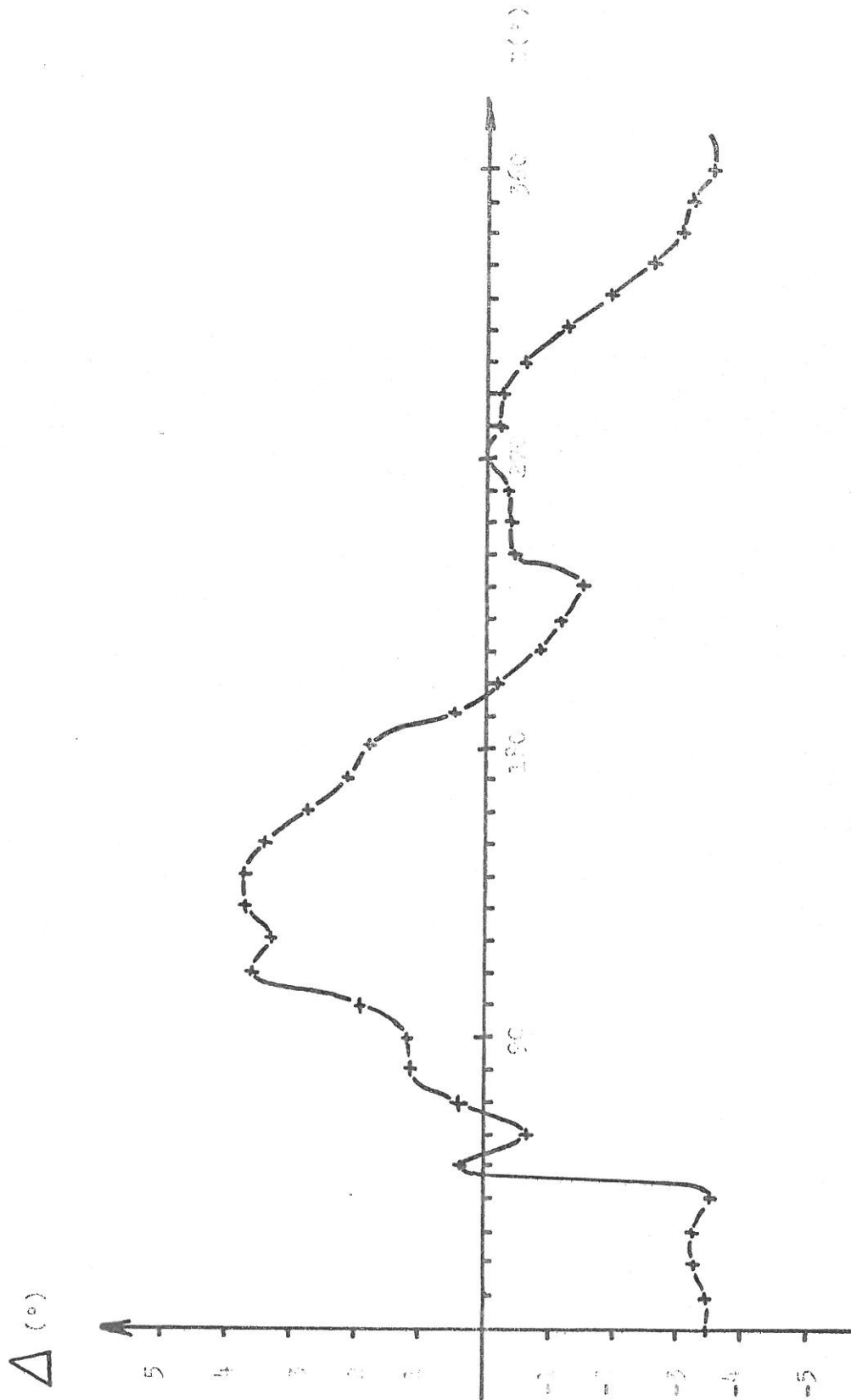


Fig. 2.

Δ (°)

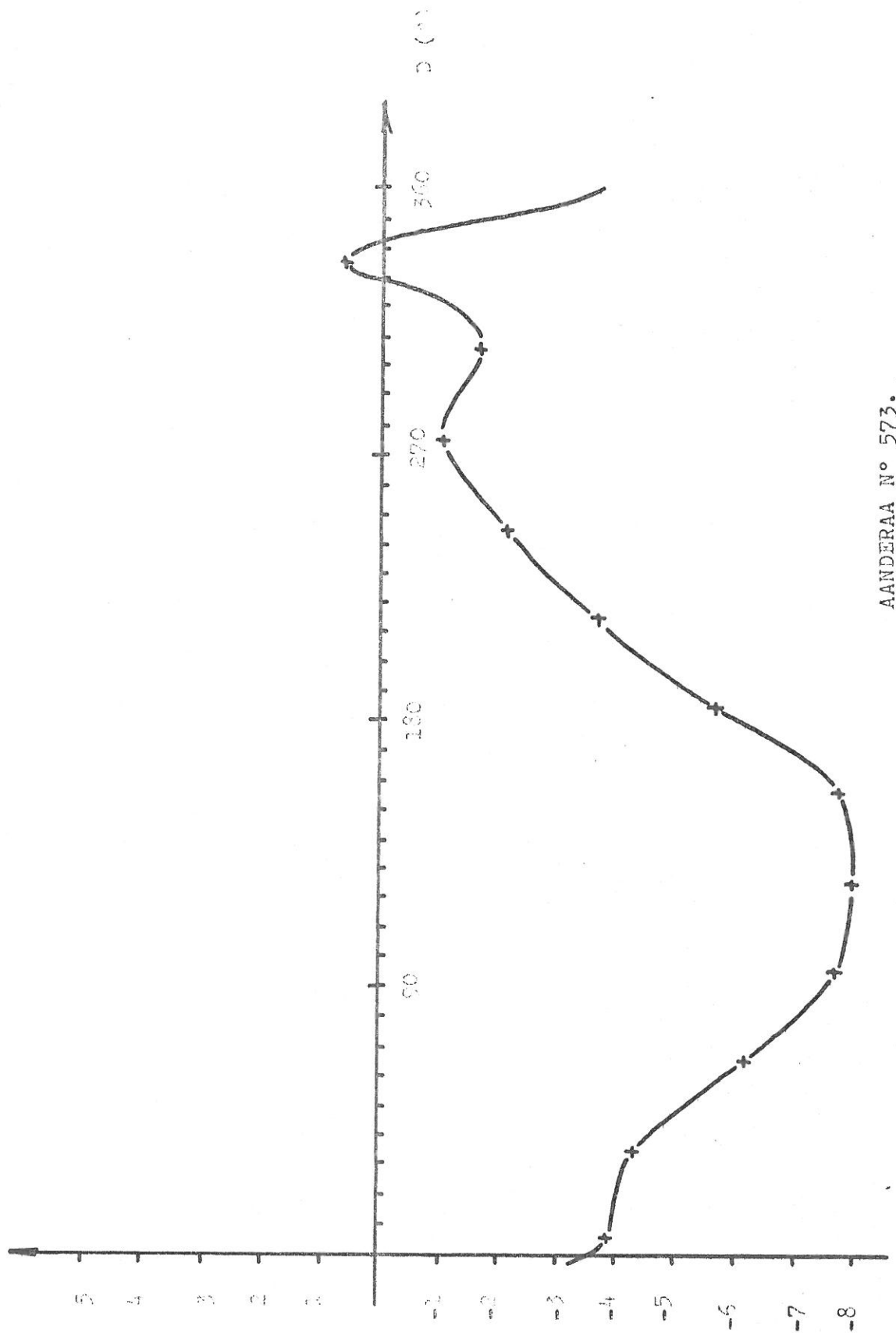
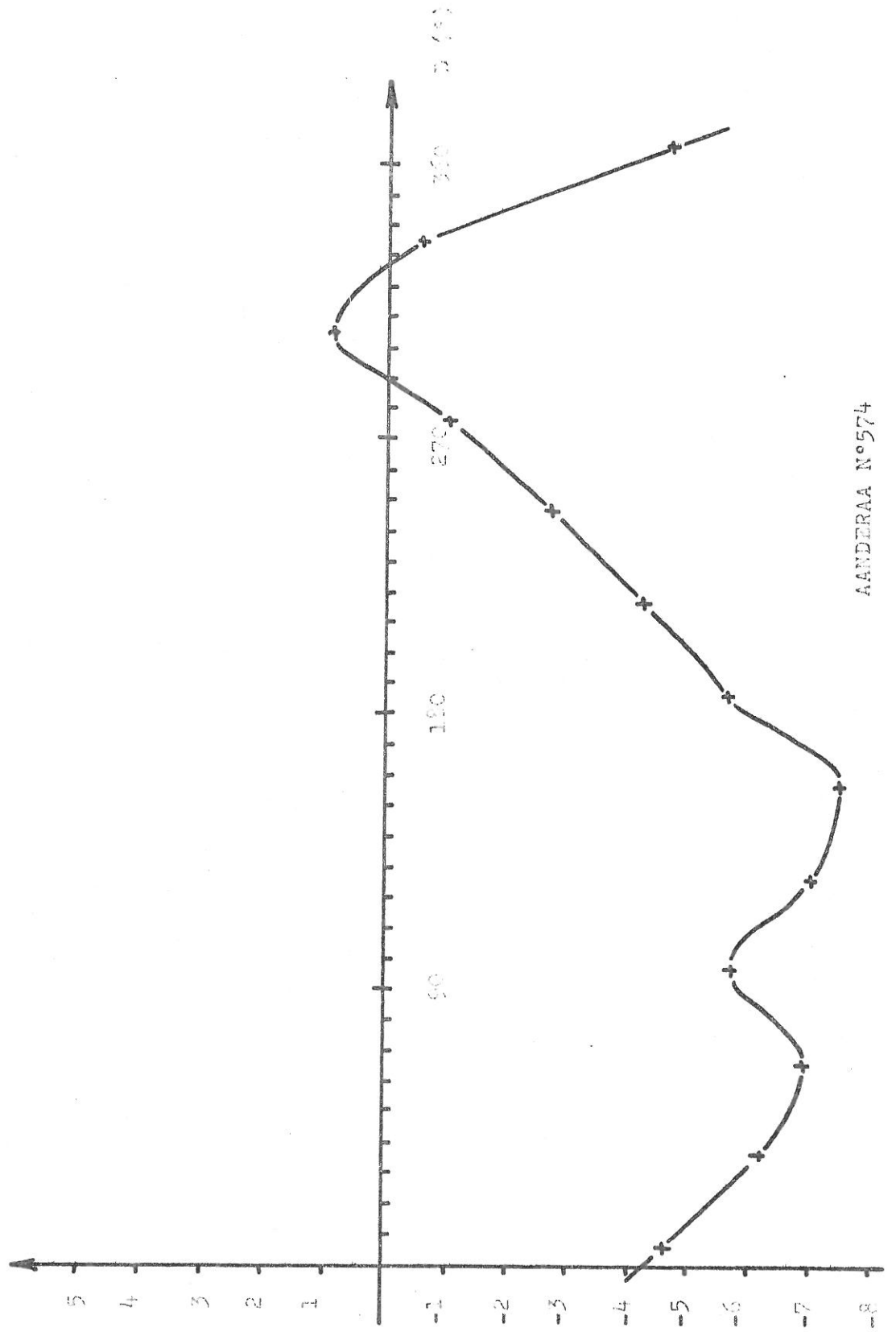


Fig. 2.

Δ (°)



AANDERAA N° 574

+ Calibration Lowestoft

o Calibration d'usine

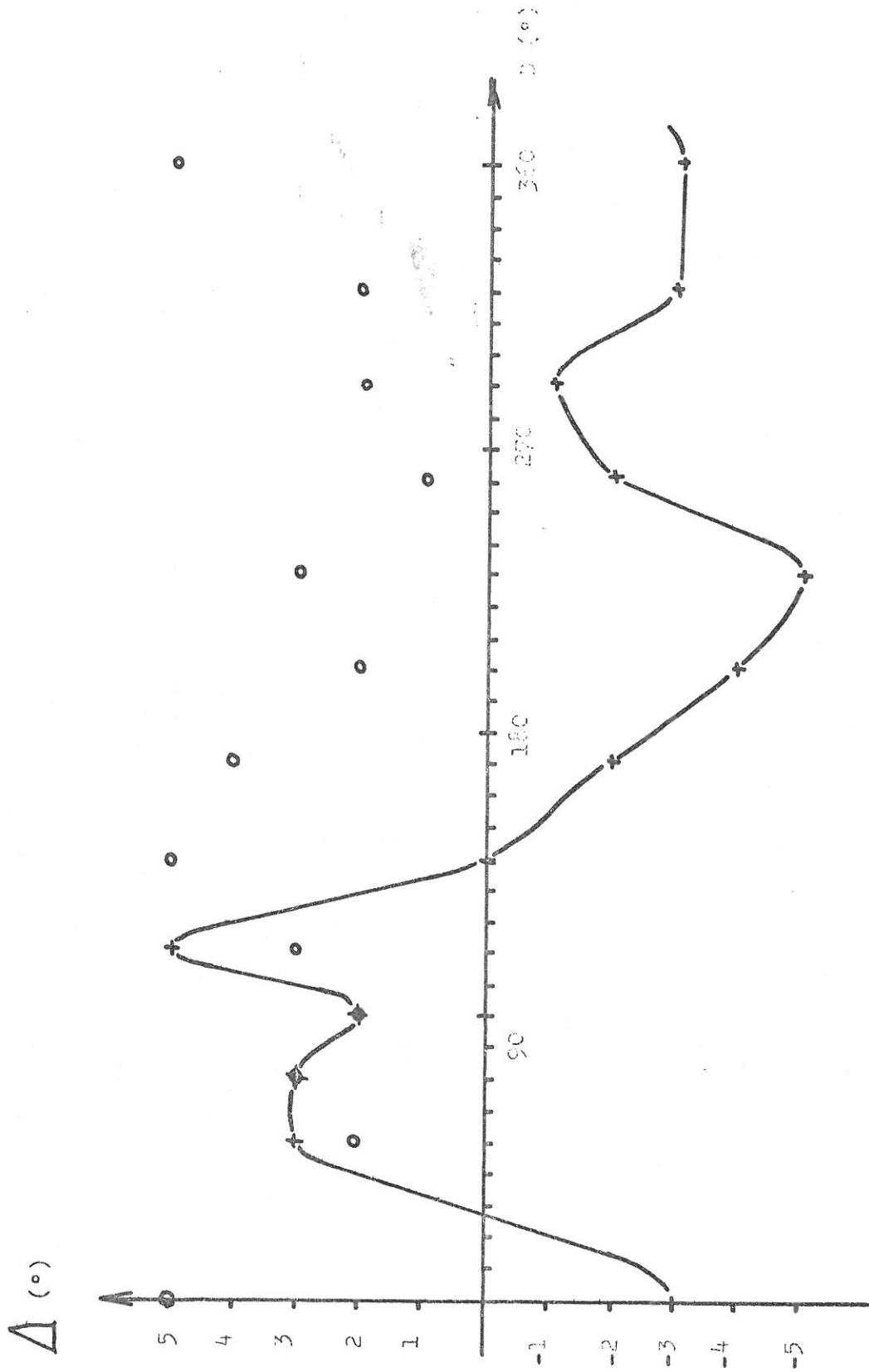


Fig. 4.

+ Calibration Lowestoft
 o Calibration d'usine

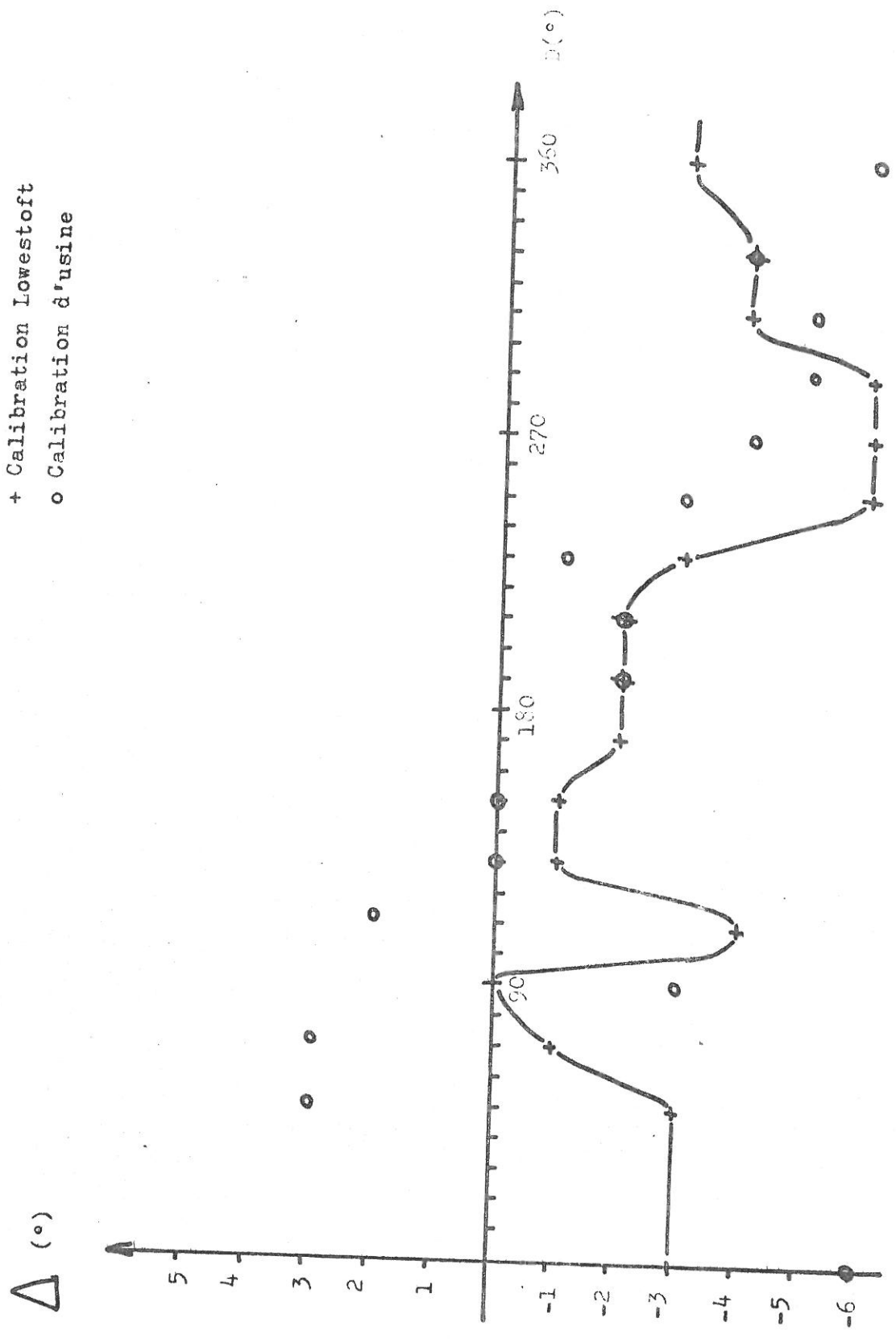


Fig. 5.

Δ (°)

+ Calibration Lowestoft
o Calibration d'usine

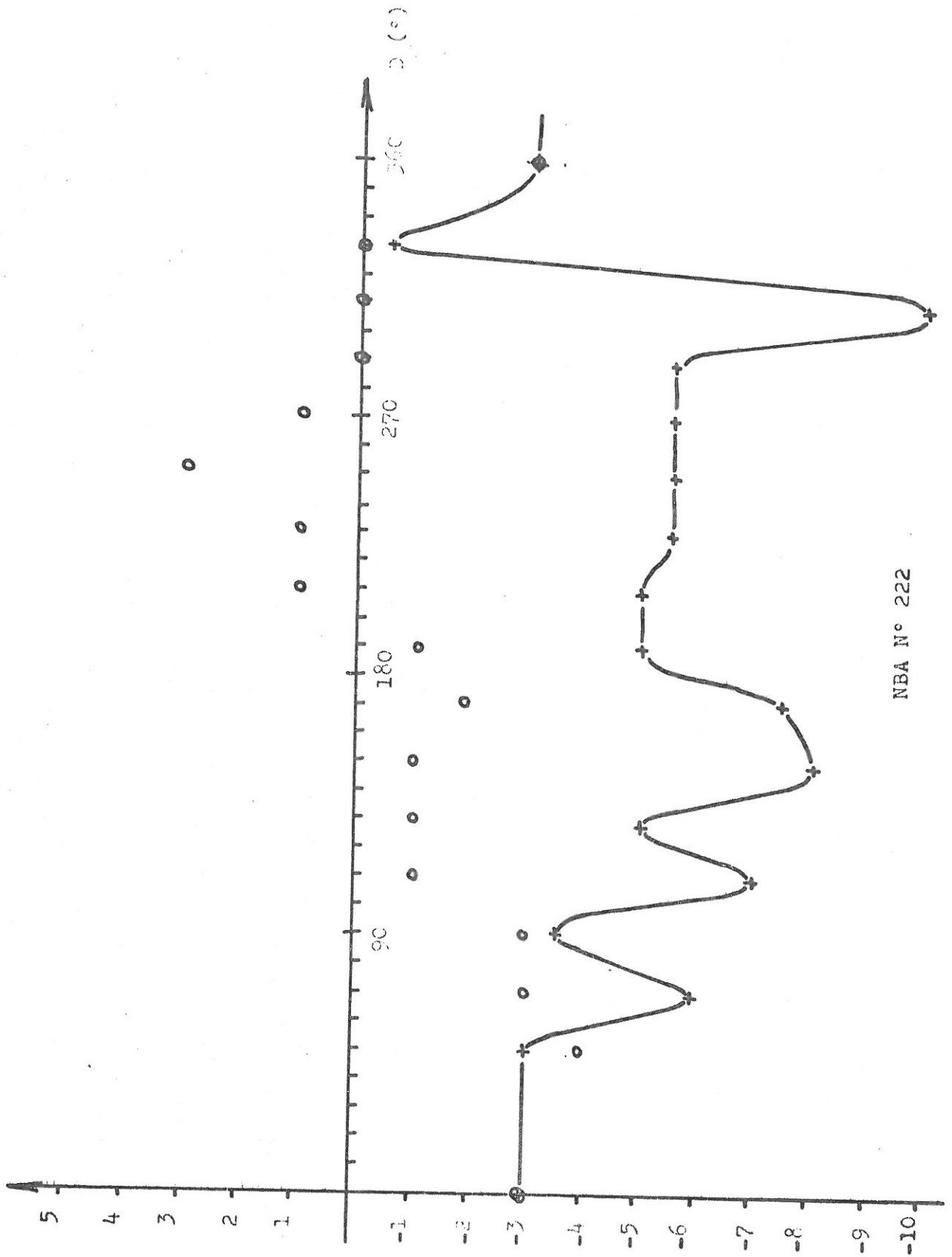


Fig. 6.

+ Calibration Lowestoft
 o Calibration d'usine

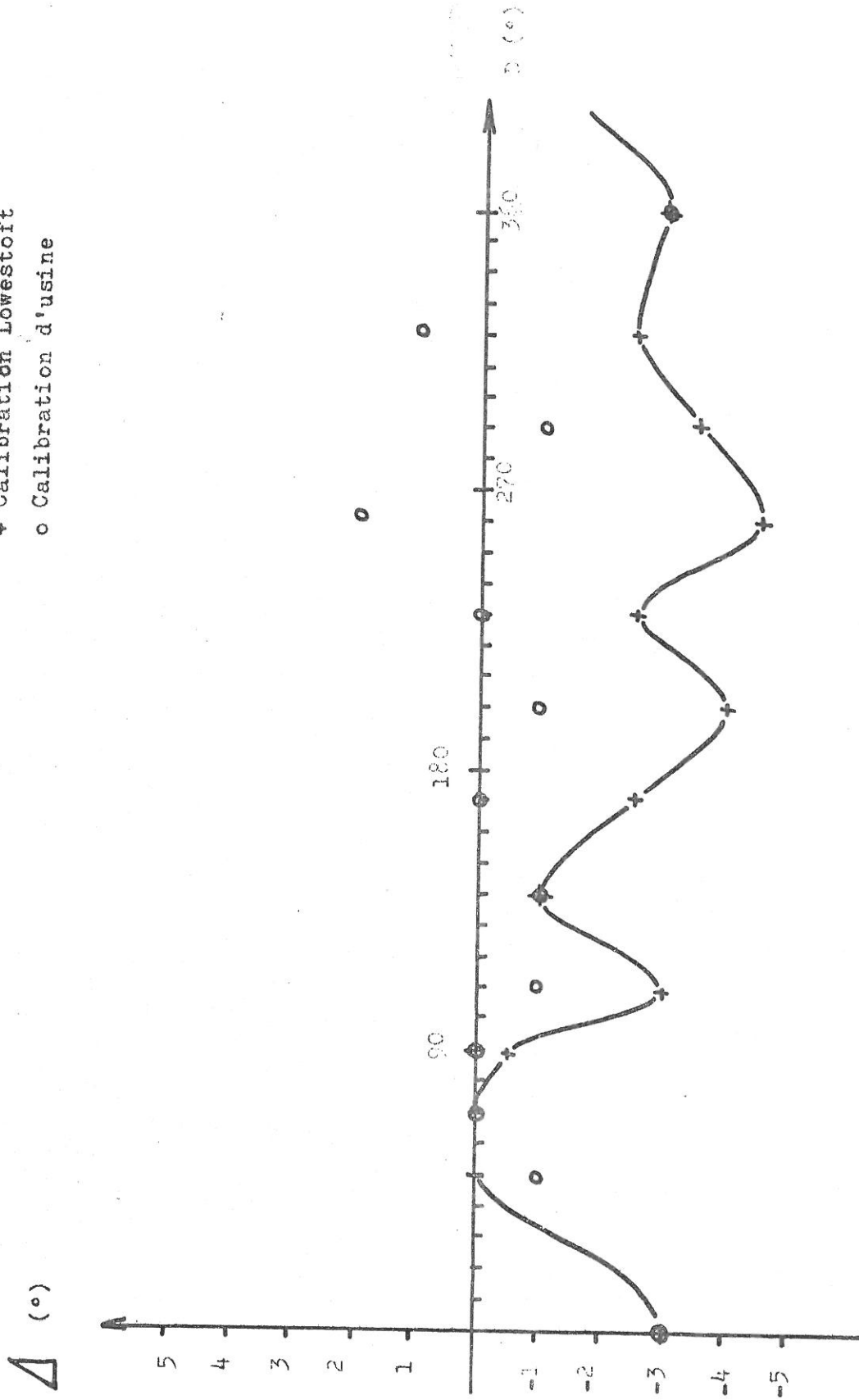


Fig. 7.

o Bande magnétique
+ Lecture directe

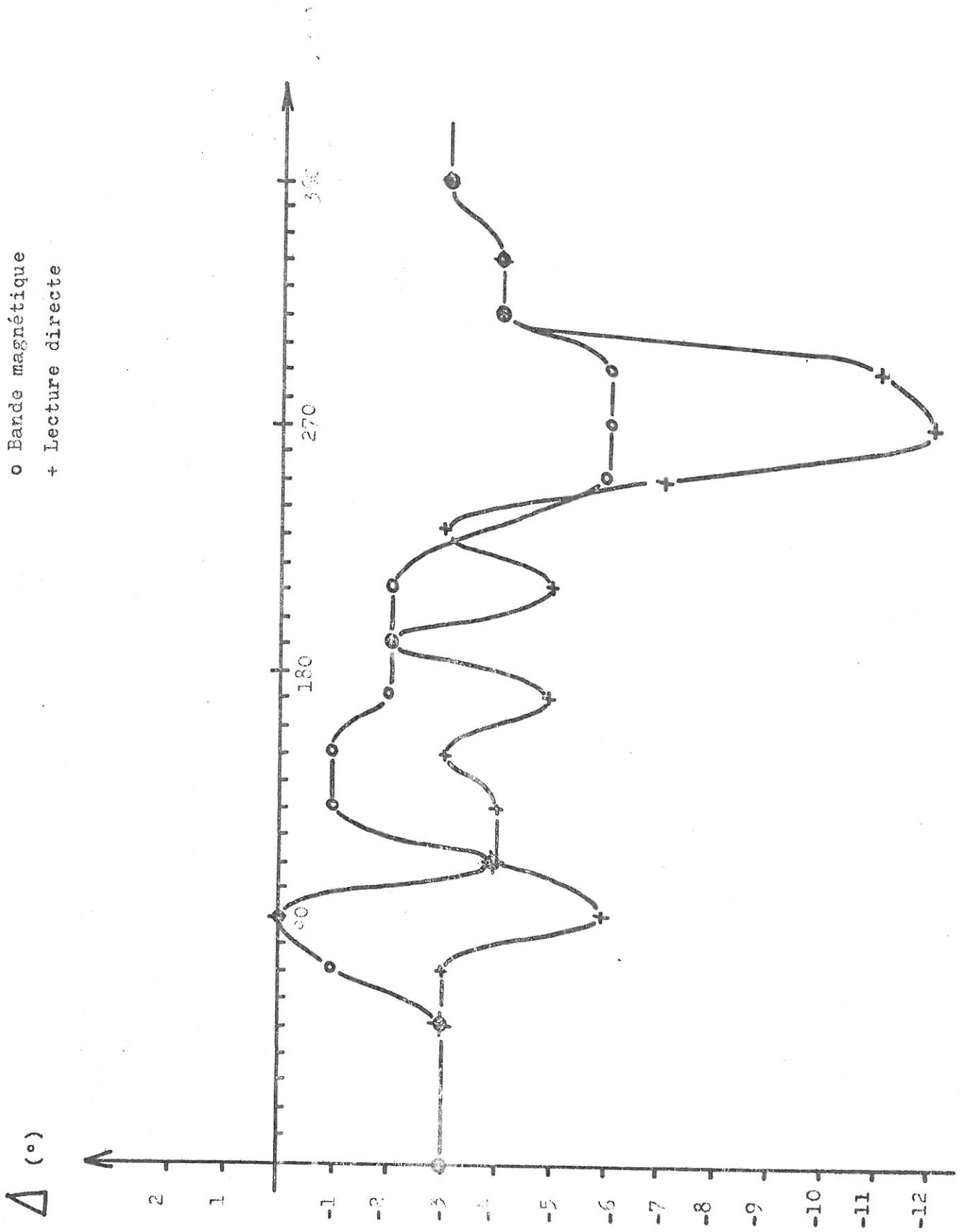


Fig. 2.