

ANOMALIE GRAVIMETRIQUE
PRODUITE PAR UN BOMBEMENT
DE LA CROUTE OCEANIQUE

J. Y. COLLOT - Fr. MISSEGUE

7 MAI 1976

Centre ORSTOM - NOUMEA

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

sp. 8425 geol.

ANOMALIE GRAVIMETRIQUE PRODUITE PAR UN
BOMBEMENT DE LA CROUTE OCEANIQUE

I. - INTRODUCTION

De nombreux profils sismiques perpendiculaires aux zones de subduction active montrent une déformation de la plaque plongeante par bombement de la croûte. Ce phénomène dynamique se produit avant la fosse océanique. Dans cette note on essayera de déterminer l'ordre de grandeur théorique de l'anomalie à l'air libre produite par ce type de bombement.

Deux cas particuliers sont ensuite envisagés :

- . le bombement de la plaque Pacifique au niveau de la fosse des TONGA-KERMADEC,
- . Le bombement de la plaque Australo-Indienne au niveau des îles Loyauté.

2. - MODELE THEORIQUE DE BOMBEMENT

2.1. - Description du modèle (Fig. 1)

2.1.1. - Modèle proposé avant déformation

On considère une tranche de la croûte océanique de 250 km de large et formée de quatre couches horizontales reposant sur le manteau supérieur rigide :

- 5 000 m d'eau de mer de densité $d_1 = 1,03$
- 1 000 m de sédiments de densité $d_2 = 2,03$
- 2 000 m de sédiments de densité $d_3 = 2,63$
- 3 000 m de basaltes de densité $d_4 = 3,13$
- Manteau supérieur rigide de densité $d_5 = 3,30$ au delà de - 11 000 mètres.

2.1.2. - Modèle obtenu après déformation

Après déformation on se trouve en présence des modèles des figures 2A et 2B selon l'amplitude de déformation envisagée.

- . une couche d'eau de mer de densité $d_1 = 1,03$
- . une couche de sédiments de densité $d_2 = 2,03$ de forme convexe, formant le fond marin
- . une couche de sédiments de densité $d_3 = 2,63$ de forme convexe
- . une couche de basaltes de densité $d_4 = 3,13$ de forme convexe
- . une couche lenticulaire de manteau supérieur rigide de densité $d_5 = 3,30$.

2.2. - Anomalie théorique

2.2.1. - Méthode utilisée

L'anomalie à l'air libre théorique a été calculée, selon la méthode citée et utilisée dans "Modèle gravimétrique à deux dimensions sur la zone : Nouvelle Calédonie, Iles Loyauté, Fosse des Nouvelles Hébrides (Collot et al., 1976)", sur IBM 370-145 pour une déformation de :

- longueur d'onde 250 km
- amplitude de 150 mètres (fig. 2A)

et

- longueur d'onde 250 km
- amplitude de 400 mètres (fig. 2B)

L'anomalie recherchée est égale à la somme des anomalies produites par les lentilles (fig. 2A et 2B)

- A de contraste de densité $\Delta d_1 = d_2 - d_1 = 1,0$
- B de contraste de densité $\Delta d_2 = d_3 - d_2 = 0,6$
- C de contraste de densité $\Delta d_3 = d_4 - d_3 = 0,5$
- D de contraste de densité $\Delta d_4 = d_5 - d_4 = 0,17$

../..

On a défini une déformation de même amplitude pour toutes les couches, quoique les matériaux les formant n'aient pas les mêmes propriétés mécaniques. On considère dans le cas présent, ces différentes couches comme formant un ensemble subissant et réagissant de façon uniforme en tout point de même abscisse ; la flexure, étant extrêmement faible, ne peut entraîner de glissements aux interfaces.

2.2.2. - Résultats

Les différentes valeurs de l'anomalie ont été calculées selon un pas de 5 km. Le tableau ci-dessous résume les valeurs en milligals des anomalies à l'air libre produites par chacune des lentilles et par l'ensemble des lentilles pour 150 m et 400 m d'amplitude de déformation.

Lentille	Amplitude = 150 m	Amplitude = 400 m
A	5,83	15,62
B	3,45	9,26
C	2,80	7,53
D	0,92	2,47
A+B+C+D	13,00 mgals	34,89 mgals

Les courbes complètes étant données sur les figures 2A et 2B.

3. - CAS PARTICULIERS

3.1. - Tonga-Kermadec

3.1.1. - Modèle à géométrie simple (fig. 3A)

Certains paramètres utilisés sont ceux donnés par les résultats des profils sismiques réflexion GEO III, 318 et GEO III, 319 levés lors de la campagne GEORSTOM III Est en décembre 1975.

à savoir :

- épaisseur d'eau moyenne de 5750 m
- Déformation d'une amplitude de 240 m pour une longueur d'onde de 362 km
- couche sédimentaire d'épaisseur négligeable.

..//..

La sismologie indique une croûte de 6 000 m d'épaisseur pour une densité moyenne estimée à $d_2 = 2,84$.

D'autre part on suppose l'intrusion d'une lentille B, de manteau supérieur rigide de densité $d_3 = 3,27$, d'épaisseur maximum 240 m dans la couche de densité $d_2 = 2,84$.

3.1.2. - Résultats

Le maximum de l'anomalie à l'air libre calculée pour :

- . la lentille A de contraste de densité $d_1 = d_2 - d_1 = 1,81$ est égal à 17,46 mgals
- . la lentille B de contraste de densité $d_2 = d_3 - d_2 = 0,43$ est égal à 3,98 mgals
- . l'ensemble A+B est égal à 21,44 mgals.

Voir courbe complète sur figure 3A.

3.1.3. - Modèle expérimental

On tient compte ici de la bathymétrie du progil GEO III 318 afin d'avoir une géométrie exacte du bombement tout en conservant les autres paramètres :

- longueur d'onde 362 km
- amplitude de la déformation 240 m
- $d_1 = 1,03$ - $d_2 = 2,84$ - $d_3 = 3,27$ (fig. 3B).

3.1.4. - Résultats

Le maximum de l'anomalie à l'air libre calculée pour :

- . la lentille A est égal à 17,32 mgals
- . la lentille B est égal à 3,91 mgals
- . l'ensemble A+B est égal à 21,23 mgals

3.1.5. - Comparaison des deux modèles traités

On observe une différence d'amplitude maximum de 0,21 mgals entre les deux anomalies calculées ; ce qui est négligeable.

En fait les deux courbes obtenues reflètent exactement la bathymétrie donnée à chacun des modèles.

3.2. - Iles Loyauté

On évalue ici l'effet de bombement en retranchant d'une anomalie à l'air libre connue expérimentalement l'anomalie à l'air libre produite par une masse schématisant la chaîne des Loyauté dont la coupe transversale passe par l'île de LIFOU.

3.2.1. - Anomalie à l'air libre observée

La courbe 1 de la figure 4, avec un minimum à l'ouest de + 150 mgals, un maximum au centre 176 mgals et un minimum de 160 mgals à l'est a été construite grâce à la carte d'anomalie à l'air libre de l'île de Lifou (Collot et al. 1975).

Considérant ici, que l'équilibre isostatique est réalisé, on admettra que l'anomalie observée est due d'une part au bombement et d'autre part à la masse volcanique de la chaîne des Loyauté.

3.2.2. - Modèle proposé

Le manque de données bathymétriques autour des îles Loyauté ne nous permet pas de calculer l'effet topographique d'une des îles, limitée à la profondeur des fonds environnants, en combinant correction de plateau et correction topographique; nous avons calculé l'anomalie à l'air libre produite par une chaîne volcanique infiniment longue, surmontée d'une couronne corallienne dont les paramètres sont schématiquement ceux d'une coupe de l'île de Lifou (fig; 4). On se trouve en réalité en présence d'une île surmontant une chaîne et non d'une chaîne seule, et cela introduit une erreur certaine, le calcul permet toutefois d'établir des éléments de comparaison.

Les calculs ont été faits avec trois valeurs différentes pour la densité $d_3 = 2,80$, $2,85$ et $2,90$ et selon un pas de 1 km.

3.2.3. - Résultats

Courbe	Minimum	Maximum
Courbe II $d_3 = 2,90$	32,25 mgals	148,51 mgals
Courbe III $d_3 = 2,85$	31,41 mgals	144,48 mgals
Courbe IV $d_3 = 2,80$	30,57 mgals	140,45 mgals

Voir courbes complètes sur figure 4.

..//..

En faisant varier la densité du support volcanique de la chaîne de $d_3 = 2,80$ à $d_3 = 2,90$, l'anomalie obtenue présente pour son minimum un écart de 1,68 mgals et pour son maximum un écart de 8,06 mgals.

3.2.4. - Comparaison entre l'anomalie à l'air libre observée et l'anomalie à l'air libre théorique due à l'île.

En retranchant de l'anomalie à l'air libre observée, (courbe I figure 4) l'anomalie calculée pour une densité $d_3 = 2,85$ (courbe III figure 4) on obtient la courbe A donnée en figure 5.

Cette courbe est en fait due à l'hétérogénéité du support volcanique ainsi qu'à sa morphologie et sans doute au bombement de la croûte à cet endroit.

Les connaissances actuelles sur la morphologie du socle à Lifou ne nous permettent pas d'évaluer l'anomalie due à cette morphologie pour l'extraire de l'anomalie résiduelle représentée par la courbe A figure 5 et d'en déduire l'anomalie due uniquement au bombement. Il est toutefois possible de déterminer l'ordre de grandeur de la pente de l'anomalie régionale à cet endroit en l'assimilant à la pente de la droite de régression de la courbe A.

La pente obtenue est de + 9,58 %. Dans l'étude géomorphologique et gravimétrique des Iles Loyauté on proposait une pente moyenne de l'anomalie régionale de + 12,22 %.

4. - CONCLUSION

L'étude du modèle théorique de bombement de la croûte nous permet d'estimer l'ordre de grandeur de l'anomalie à l'air libre produite par la déformation d'un ensemble de couches supposé connu. Dans le cas Tonga-Kermadec le modèle expérimental étudié est construit à partir de diverses données parfaitement connues ce qui nous permet d'évaluer avec précision l'anomalie à l'air libre provoquée par le bombement de la croûte à cet endroit. Entre le modèle expérimental et le modèle théorique on remarque, un déplacement en abscisses du maximum de la courbe. La valeur maximum reste la même à 0,21 mgals près.

Pour l'étude du modèle Loyauté on constate la difficulté de dissocier, dans l'anomalie résiduelle obtenue, la part due au bombement de celle due à la morphologie du socle ; même en supposant comme dans cette étude, une homogénéité du support volcanique. En présence d'une structure simple non perturbée par des structures voisines ou superposées, l'anomalie à l'air libre due au bombement est facilement évaluée ; et inversement, si l'on dispose d'un profil gravimétrique coupant perpendiculairement le bombement on peut déterminer les paramètres de celui-ci avec quelque précision.

Dans le cas où plusieurs structures se superposent, le manque d'information sur l'une d'elle entraîne l'impossibilité d'isoler de façon certaine l'anomalie à l'air libre due uniquement au bombement.

MODELE DE CROUTE OCEANIQUE

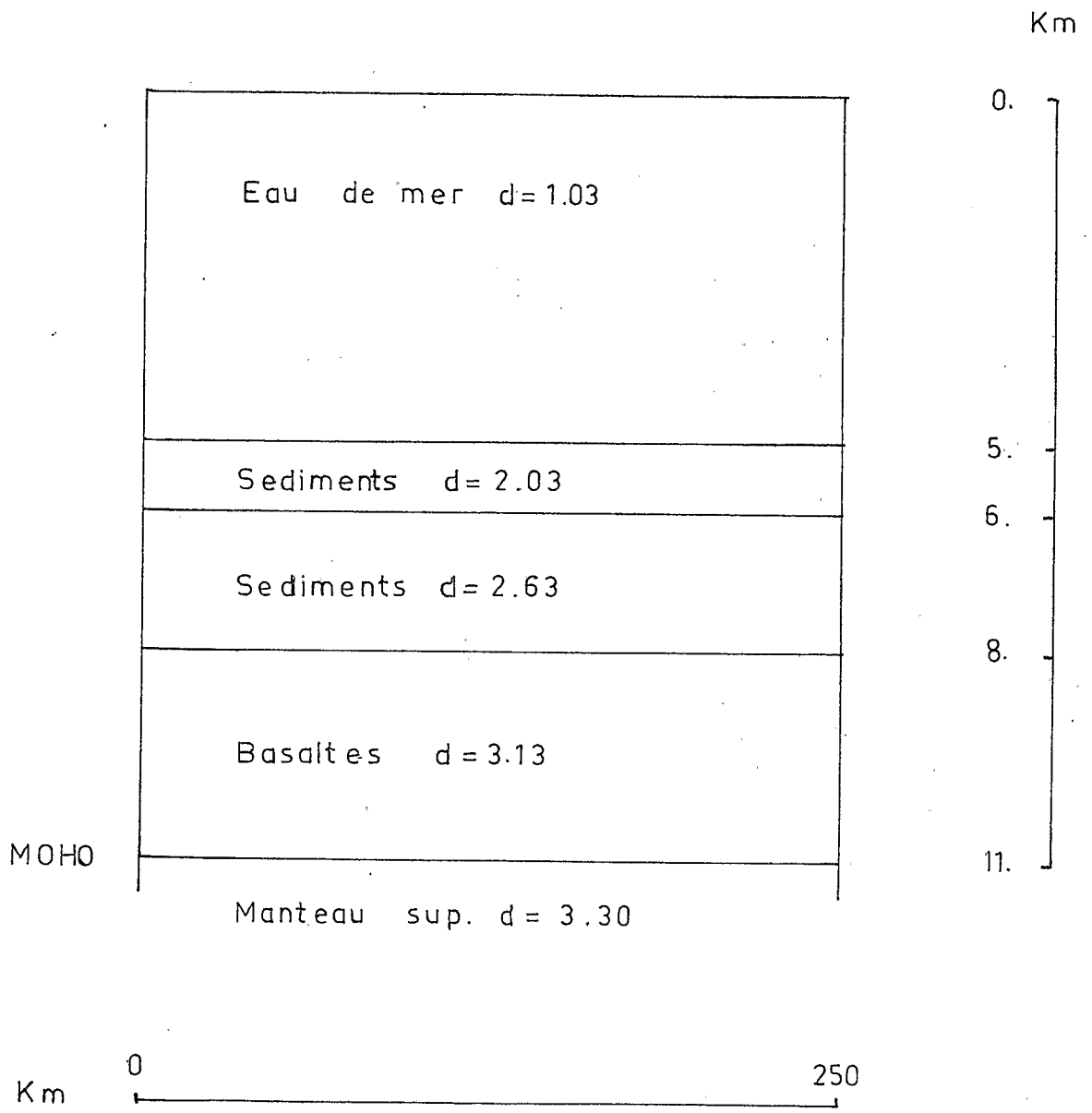


Fig. 1

ANOMALIE A L'AIR LIBRE due à
un bombement de la croûte de 150m

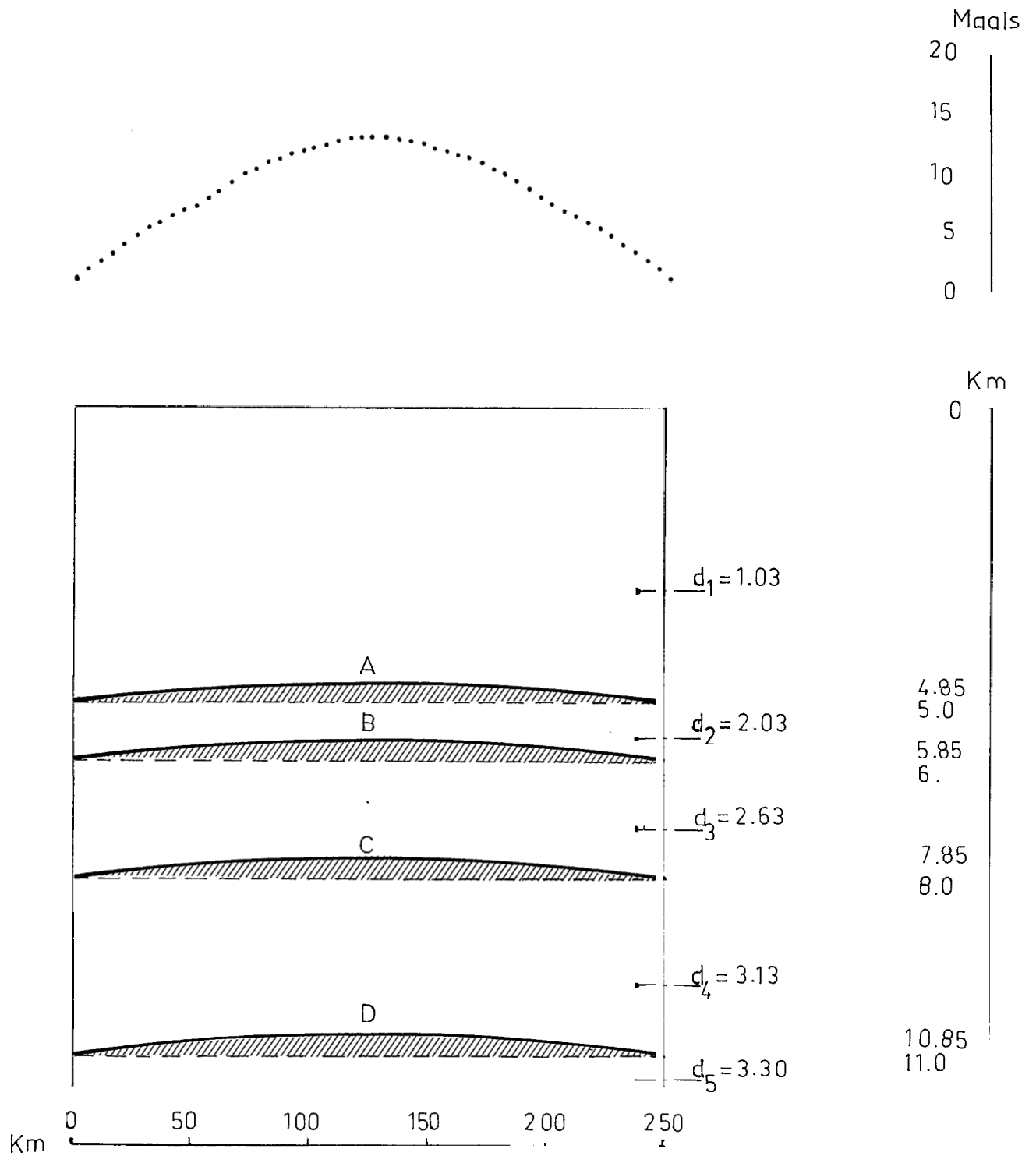


Fig. 2A

ANOMALIE A L'AIR LIBRE due à
un bombement de la croûte de 400m

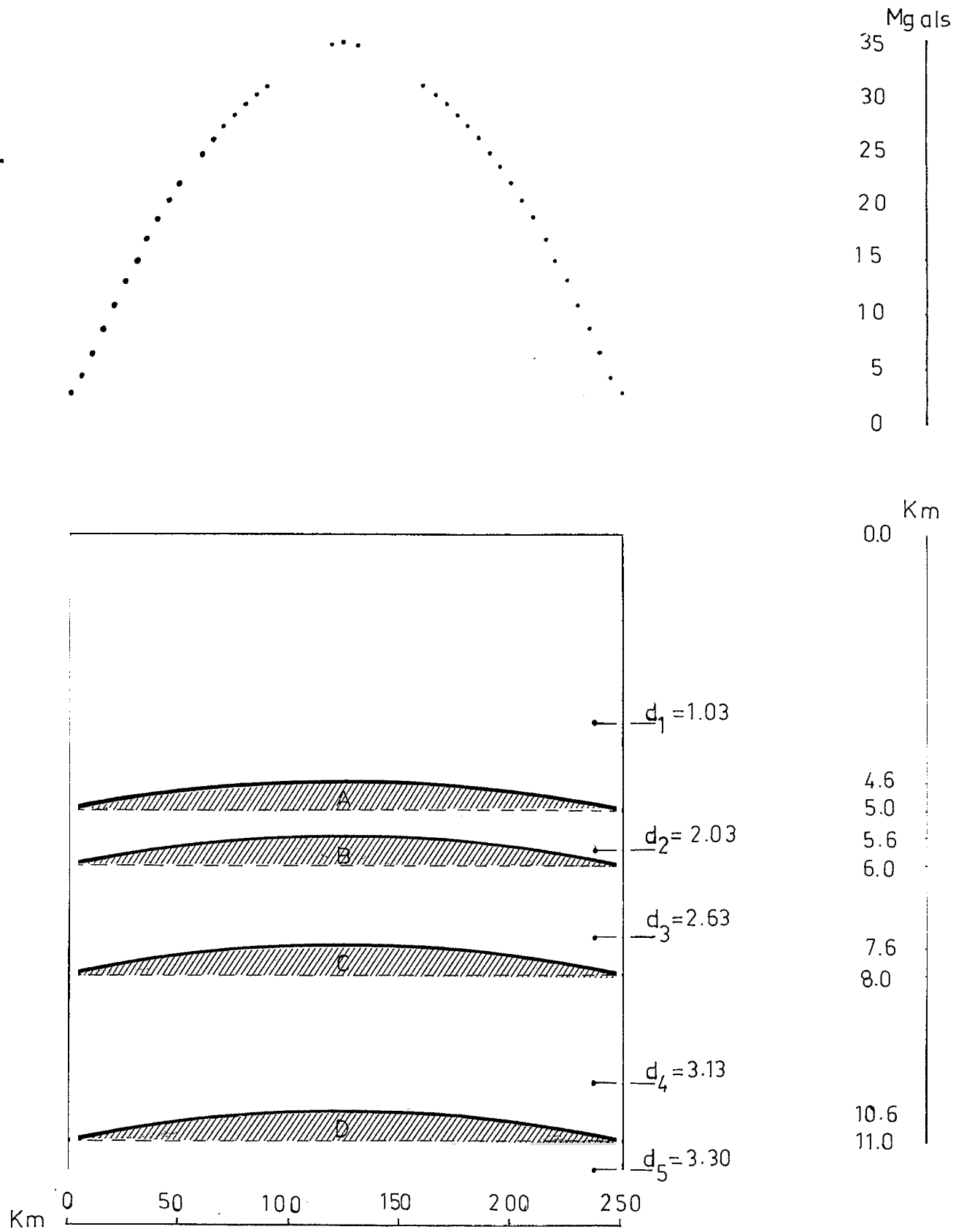


Fig 2B

ANOMALIE A L'AIR LIBRE due au
bombement d'une croute du type

TONGA - KERMADEC

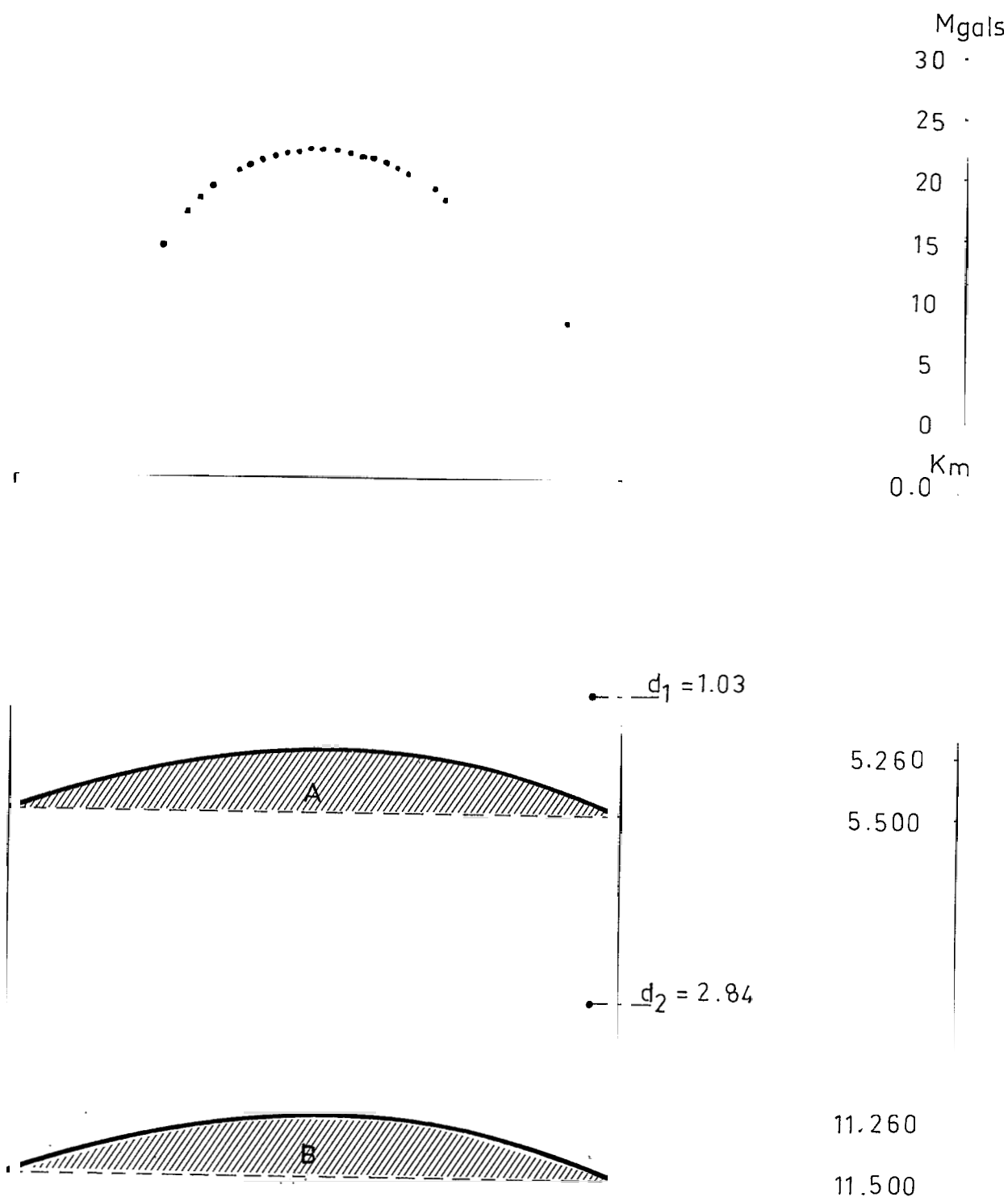


Fig.3A

ANOMALIE A L'AIR LIBRE due au
bombement de la croûte

TONGA-KERMADEC Profil GEORSTOM 318
Mgals

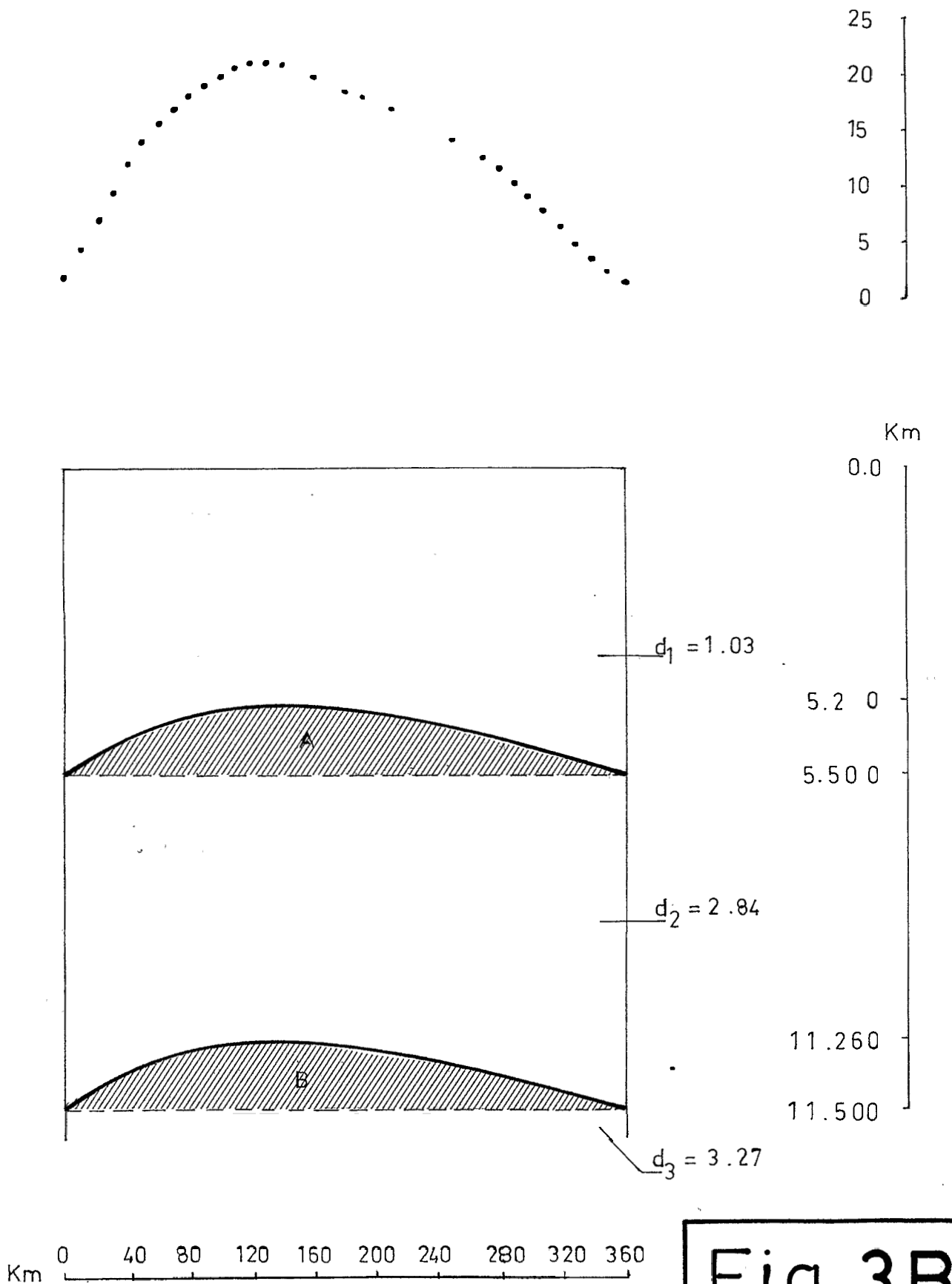


Fig. 3B

ANOMALIE A L'AIR LIBRE

due à une structure
schematisant la chaine des
LOYAUTE

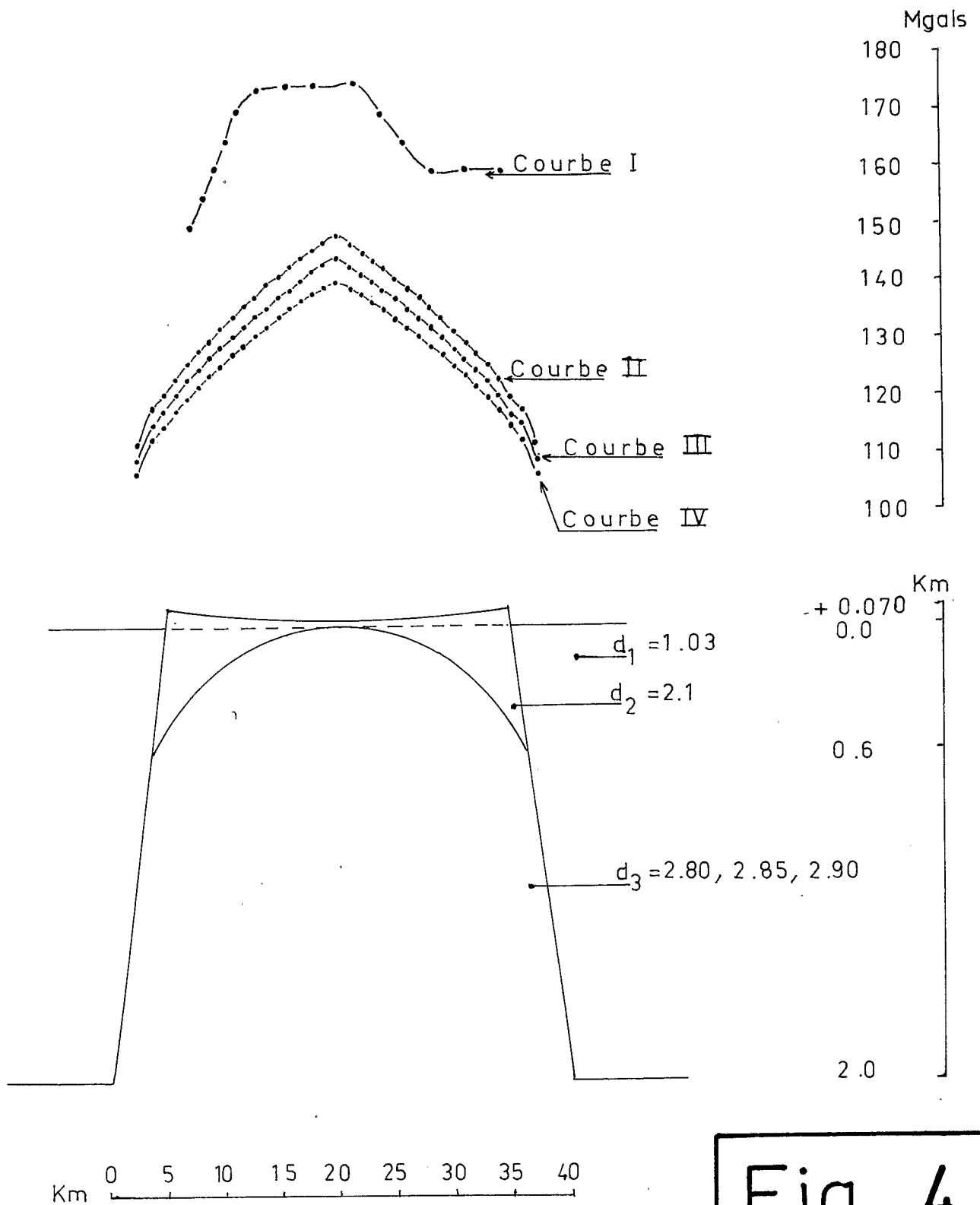
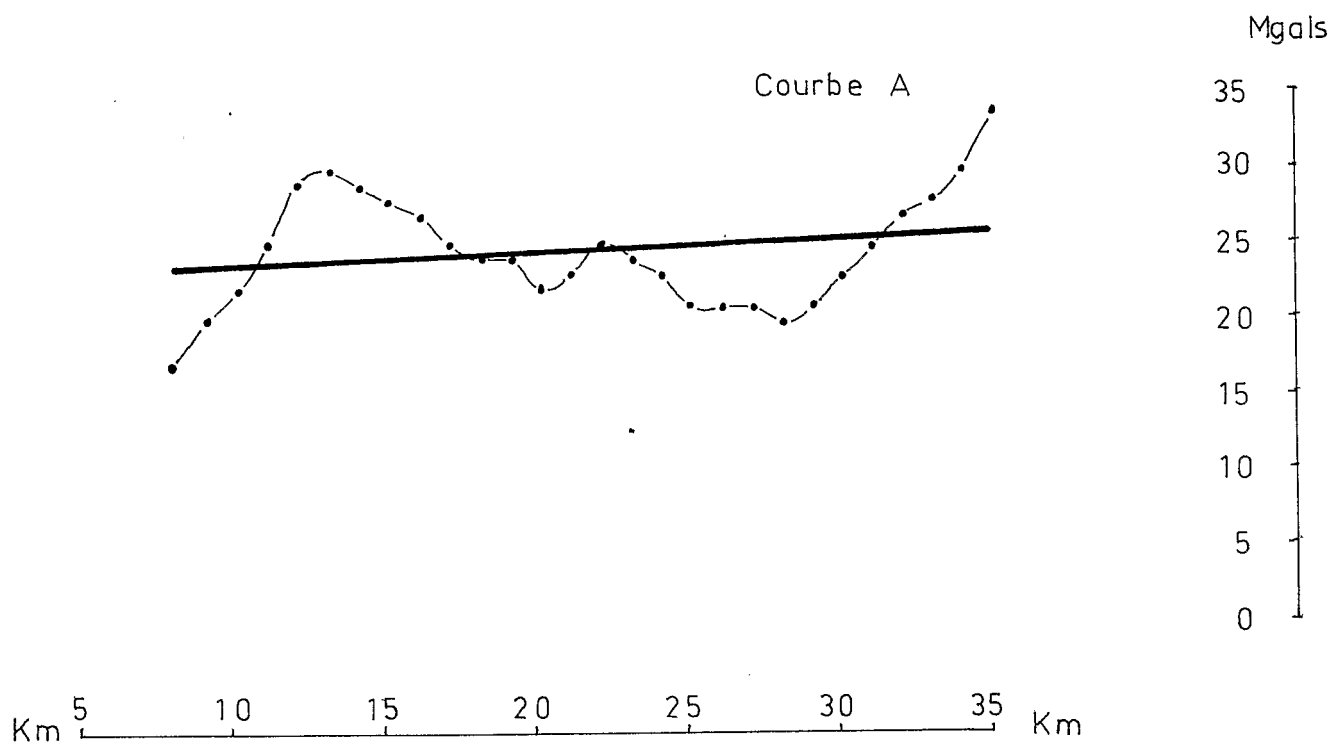


Fig. 4

ANOMALIE RESIDUELLE

anomalie à l'air libre observée sur l'île de LIFOU
moins anomalie à l'air libre calculée



Pente de la droite de regression 9.58%

Fig. 5