

DETECTION DE PHENOMENES KARSTIQUES PAR MICROGRAVIMETRIE

par

Albéric MONJOIE¹, Christian SCHROEDER² & Jean-François THIMUS³

(5 figures)

RESUME.— Les phénomènes karstiques se traduisent par l'existence de vides, éventuellement comblés par des matériaux de remplissage peu denses et souvent entourés par une zone déconsolidée.

La prospection microgravimétrique, basée sur la mesure du champ de la pesanteur, intègre en fait l'effet des vides proprement dits et de la zone déconsolidée.

Cette dernière, étant plus étendue en volume, entraîne une extension spatiale importante de l'anomalie, permettant de visualiser celle-ci, même avec un réseau de maille assez lâche. L'ampleur maximum de l'anomalie est, elle, plus directement fonction de l'emplacement et de la géométrie du vide proprement dit.

Quelques exemples de prospections illustrent ces phénomènes.

ABSTRACT.— *Detection of karst phenomena by microgravimetry.*

Karst phenomena give rise to rock voids, which may be filled with low density materials and which are often surrounded by a deconsolidated zone.

Microgravimetric surveys, based on measurement of the gravitational field, take the effect of the deconsolidated zone, as well as that of the actual voids, into account.

Due to its volume, the deconsolidated zone causes an important spatial extension of the gravity anomaly related to a karst phenomenon. It is therefore possible to visualise these anomalies, even with a relatively wide spaced survey grid. The maximum amplitude of the anomaly is more a direct function of the location and the shape of the actual rock void.

Several survey examples are given, illustrating these phenomena.

1.- PRINCIPE DE LA MICROGRAVIMETRIE

La méthode microgravimétrique consiste à mesurer en surface le champ de la pesanteur. Elle est particulièrement bien adaptée à la détection des phénomènes karstiques car elle mesure directement la diminution de la valeur de la pesanteur "g" (anomalie gravimétrique), résultant de la présence de vides ou de zones de moindre densité. L'ampleur de l'anomalie est fonction de la différence de densité entre les terrains en place et le phénomène karstique recherché, ainsi que du volume et de la profondeur de celui-ci.

Compte tenu de la faible ampleur des phénomènes recherchés, les mesures sont faites au μgal ($1 \text{ gal} = 1 \text{ cm/s}^2$), c'est-à-dire au milliardième de la pesanteur qui dans nos régions est de l'ordre de 981 gals.

L'espacement entre les points de mesure est fonction de la dimension et de la profondeur des phénomènes recherchés, un espacement élevé convenant pour investiguer des phénomènes profonds, une maille plus serrée étant nécessaire si les "vides" sont proches de la surface. A titre d'exemple, une maille de 5 m permet de repérer des zones de dissolution situées sous 2 à

3 m de profondeur mais ne détecte pas des vides subaffleurants entre 2 points de mesures.

En recherche de cavités, on ne s'intéresse qu'aux variations de l'attraction terrestre. Les mesures sont donc faites par rapport à un point arbitrairement considéré comme "base" où la lecture est prise égale à zéro.

Il convient d'éliminer des mesures toutes les causes de variation de "g" autres que les changements de densité du sous-sol. Les corrections doivent tenir compte :

- de l'altitude du point de mesure (une différence de 1 cm de la surface topographique entraîne environ 2,25 μgal de différence de "g");

1 Université catholique de Louvain, Unité de Construction, Pl. du Levant, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve. Université de l'Etat, 7, place du Vingt-Août - 4000 Liège (Belgique).

2. Université de l'Etat, 7, place du Vingt-Août - 4000 Liège (Belgique).

3. Université catholique de Louvain, Unité de Construction, Laboratoire du Génie Civil, Pl. du Levant, 1 - 1348 Louvain-la-Neuve (Belgique).

- de la latitude (1 m vers le Nord augmente "g" de 0,8 μgal environ);
- de la topographie, c'est-à-dire des masses environnantes et des vides connus (caves par exemple);
- de l'attraction luni-solaire (marées terrestres);
- de la dérive de l'instrument.

A cet effet, on réalise des "programmes" consistant à prendre un certain nombre de mesures puis à revenir à un point fixe, en général le point de "base", toutes les heures environ de manière à définir la variation de "g" au cours de la journée.

Après ces corrections, on obtient l'anomalie de Bouguer brute traduisant la variation de la pesanteur

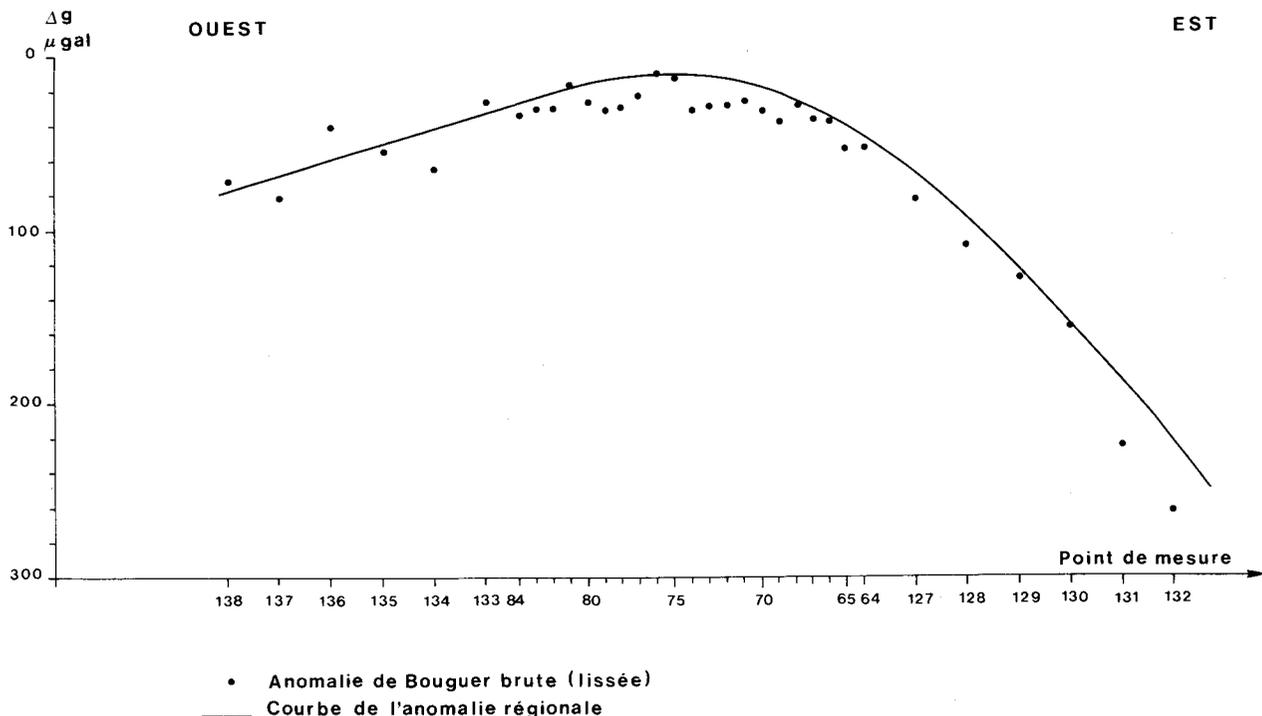


Figure 1

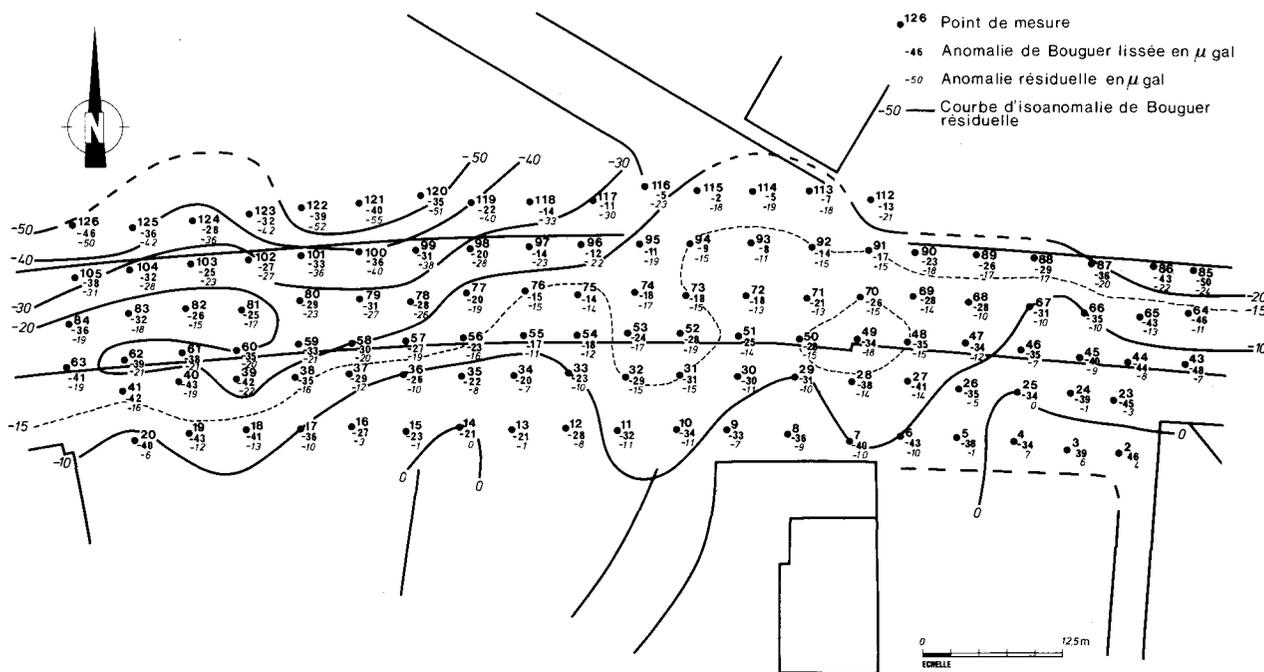


Figure 2

PLAN DE SITUATION

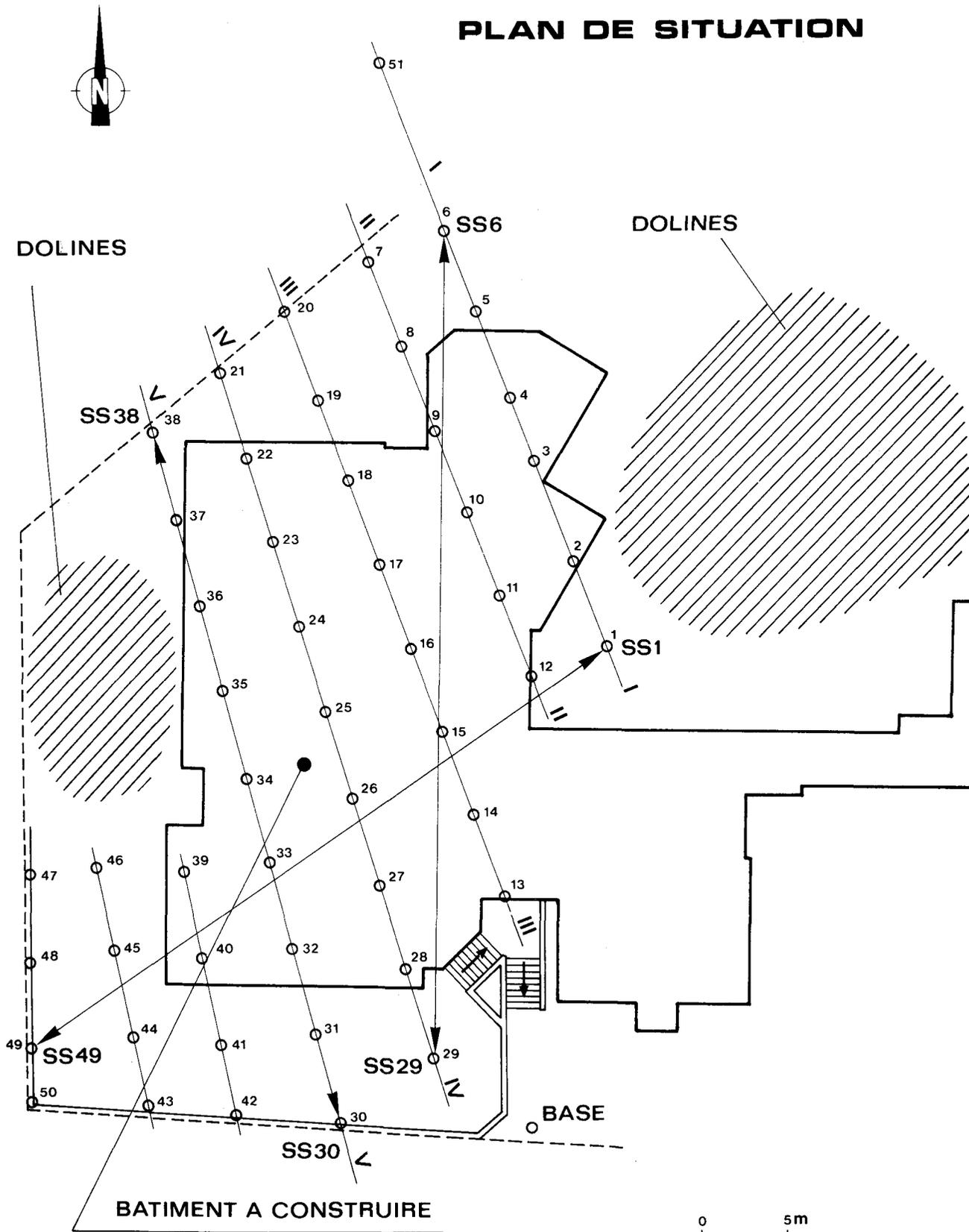


Figure 3

due aux différences de densité du sous-sol. Celles-ci se répartissent :

- en une anomalie régionale due aux phénomènes lithologiques et structuraux profonds et de grande extension;
- en une anomalie résiduelle engendrée dans ce cas-ci par les vides recherchés.

La première est détectée par la réalisation de points de mesure couvrant une zone étendue mais à espacement lâche (antennes), la seconde par un mailage serré fonction de la géométrie du phénomène.

Nous illustrerons cette méthodologie par deux exemples de prospection microgravimétrique.

Le premier exemple se situe dans les calcaires du Viséen, le second dans les calcaires du Frasnien.

2.- PHENOMENES KARSTIQUES DANS LES CALCAIRES DU VISEEN A FONTAINE-L'EVEQUE

Le site appartient à un massif du Carbonifère orienté approximativement NW-SE, large d'environ 1 km et limité à 300 m au NE et à 600 m au SW par les deux branches d'une faille de charriage.

Les roches sont d'âge viséen (V2) avec, au-delà des deux branches de la faille, les terrains de Houiller.

Suite à un effondrement du bas-côté de la route, une campagne microgravimétrique a été réalisée avec une maille de 5 m complétée par une antenne "E-W" de 100 m de long de part et d'autre du site et par une antenne "N-S" plus courte. La régionale, définie grâce à l'antenne E-W (figure 1) présente une allure bombée en relation avec la structure générale du site : écaillles calcaires enserrées dans les schistes.

Les courbes d'égal anomalies résiduelles de la figure 2 montrent :

- une variation assez régulière de la pesanteur, l'anomalie négative étant plus importante vers le NW;
- des zones à forte anomalie négative et gradient plus élevé, principalement vers les points 120 à 122, dans la partie NW du site.

Aux environs de l'effondrement (points 27 et 28), on ne note pas d'anomalie négative en raison du remblayage de l'effondrement.

Les forages de contrôle implantés dans la zone d'anomalie négative maximum et dans une zone d'anomalie plus faible ont permis de constater que :

- la variation régulière de la densité (diminution vers le NW) est en relation avec une modification d'épaisseur des terrains meubles plus épais vers le NW et de densité inférieure à celle de la roche sous-jacente;

- dans la zone de relativement faible anomalie négative (points 31 - 32), le forage n'a rencontré que des roches fissurées et légèrement déconsolidées;
- dans la zone de fortes anomalies négatives (points 120 à 122) et de gradients élevés, le forage a rencontré de nombreuses fissures, des terrains déconsolidés et quelques petits vides ou fissures largement ouvertes.

3.- PHENOMENES KARSTIQUES DANS LES CALCAIRES DU FRASNIEN A MONT-GODINNE

A Mont-Godinne, la construction d'une extension d'une école sur un terrain situé dans les calcaires frasniens (Frc) entre deux zones affectées par des dolines a justifié une prospection microgravimétrique de reconnaissance.

La zone (figure 3) a été prospectée suivant une maille de 5 m, l'exiguïté du terrain ne permettant pas la réalisation d'antennes N-S et E-W de grande extension. Parallèlement à cette prospection microgravimétrique, 3 profils sismiques réfraction ont été également exécutés (SS1-SS49, SS6-SS29, SS30-SS38).

La carte des anomalies de Bouguer et l'examen des différentes coupes gravimétriques N-S ont permis de déterminer l'anomalie régionale bien visualisée sur la figure 4 qui donne les coupes II-II et III-III, coupes parallèles et distantes de 5 m. De plus, la coupe II-II met en évidence une anomalie négative, de grande importance aux points 7 et 8 non décelée dans la coupe III-III.

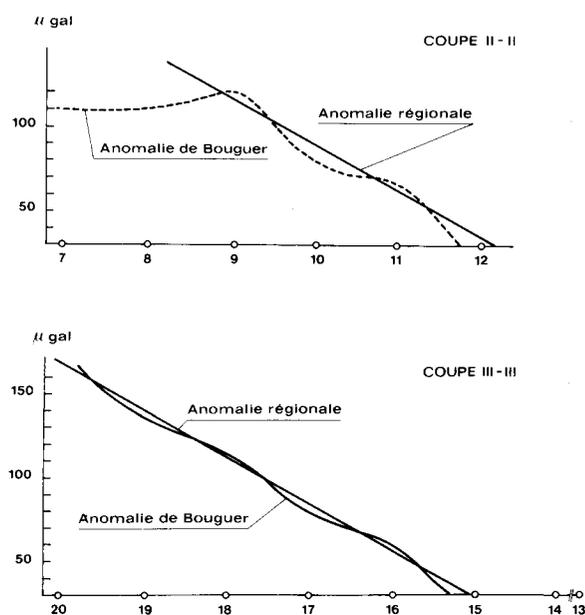
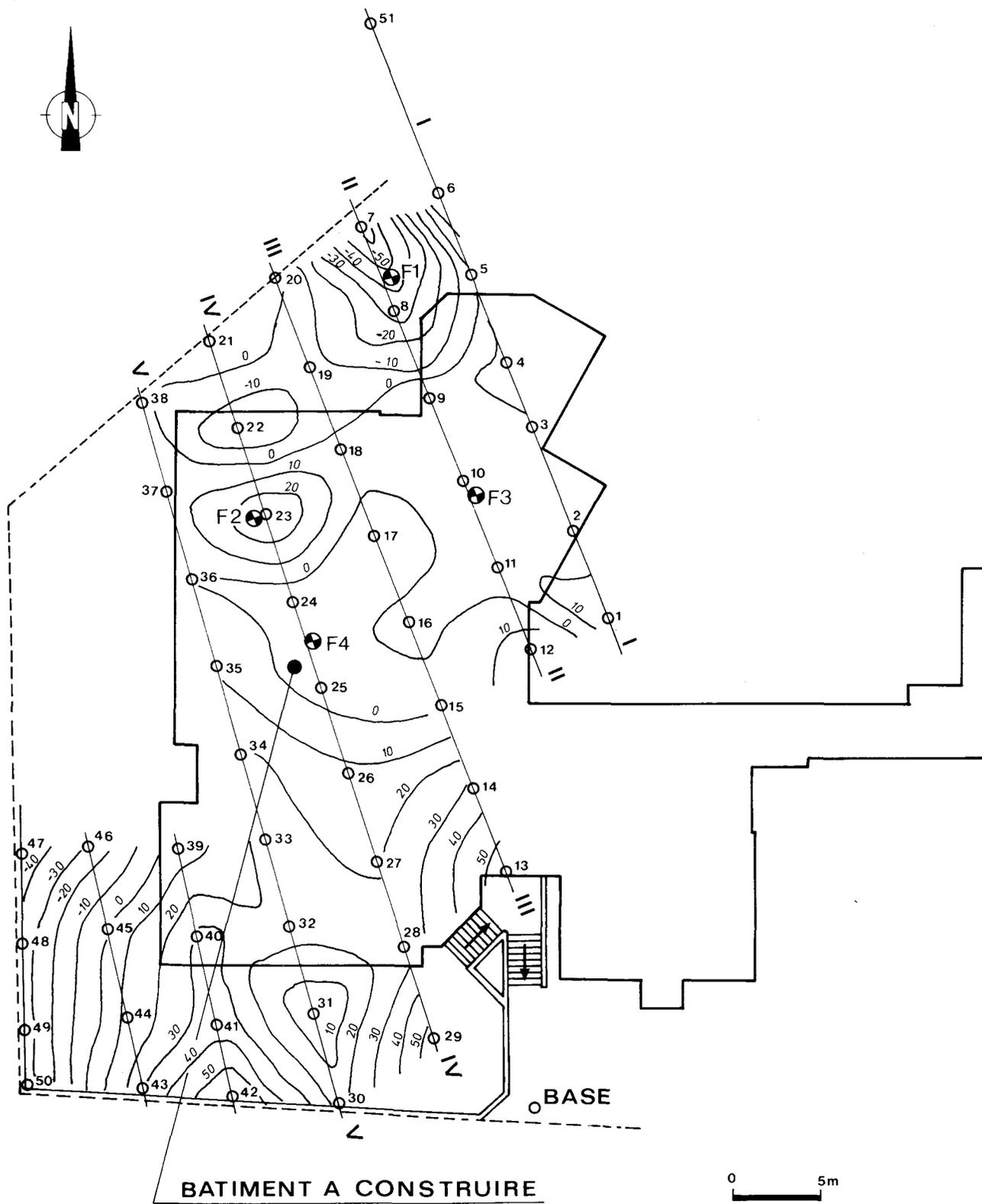


Figure 4



CARTE DES ANOMALIES RESIDUELLES

Figure 5

La carte d'anomalie résiduelle déterminée à partir des courbes précédentes est représentée à la figure 5.

On y remarque :

- des anomalies relativement faibles, inférieures à 10 μ gals dans la partie centrale du bâtiment à construire;
- une anomalie négative importante (- 60 μ gals) au nord de la zone prospectée;
- une anomalie faiblement positive très localisée (point 23);
- des anomalies plus irrégulières au sud de la zone à bâtir.

Des fouilles, réalisées à l'aide d'une pelle hydraulique, jusqu'à une profondeur de 4 m en F1, F2, F3, F4 ont confirmé les résultats de la prospection gravimétrique.

Il en est de même pour la prospection sismique : profils SS6-SS29, SS30-SS38, SS1-SS49. La dromochronique du profil SS29-SS6 montre un retard important de l'arrivée des ondes lorsque l'impact est donné à hauteur de l'anomalie négative (F1).

4.- CONCLUSIONS

Avec la précision actuelle des appareillages donnant le microgal, la méthode microgravimétrique a atteint une fiabilité permettant non seulement de re-

chercher les vides proprement dits mais également des phénomènes peu évolués. Sans intérêt pour les spéléologues, ils sont susceptibles d'affecter considérablement l'utilisation des terrains dans le domaine du génie civil de même que leur réserve en eaux souterraines.

L'anomalie mesurée est amplifiée par les processus annexes du karst proprement dit : décompression des terrains, lessivage par la pénétration de l'eau, . . .

Simple dans son principe, la méthode exige une grande expérience de façon à tenir compte des phénomènes profonds (régionale) ou superficiels (épaisseurs des morts terrains).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- CALEMBERT, L. & MONJOIE, A., 1979. Observations sur les phénomènes karstiques et bilan des recherches. Ann. Soc. géol. Belg., 102 : 125-135.
- COYETTE, J.P., FUNCKEN, L., MONJOIE, A. & THIMUS, J.Fr., 1985. La prospection microgravimétrique dans la détection des cavités souterraines. Colloque international de Karstologie appliquée, Liège 1984 : ce volume.
- LAKSHMANAN, J., BICHARA, M. & ERLING, J.C., 1977. Etudes de fondation en terrains cavernaux. Place de la gravimétrie. Bull. Liaison Labo. Ponts et Chaussées n° 92, Paris : 74-79.
- MONJOIE, A., 1979. Méthodes de prospection appliquées aux phénomènes karstiques. Ann. Soc. géol. Belg., 102 : 31-40.