

# **RAPPORT DE LA MISSION PIAUI 89**

---

**F. MAURY L. SALAUN J.F. PANCHOUT L. CROCHEMORE**

---

## **SOMMAIRE**

-----

### **I - LE SUMIDOURO DO SANSO**

- Le Réseau Estrem
- Le Réseau des Brésiliennes
- Le Réseau Schkloug
- La Salle Ultime

### **II - LA PROSPECTION DU SERROTE ET LES AUTRES CAVITES**

- La Zone Est
- La Zone Toca de Cima Dos Pilao - Toca do Boï
  - Le Sumidouro do Rafael
  - Le Sumidouro da Macambira
- La zone Sud de Toca de Cima dos Pilao
- Le Sumidouro da Gameleira

### **III - DONNEES MORPHO-GENETIQUES KARSTIQUES GENERALES**

- Essai de chronologie des évènements

### **IV - LA TOPOGRAPHIE**

- Les relevés de terrain
- Les reports

**ANNEXE 1 : Présentation de la feuille de calcul Excel  
pour les formules de l'Alidade Wild RK1.**

**ANNEXE 2 : Présentation des feuilles de calcul Excel  
pour les différents relevés topographiques.**

**ANNEXE 3 : Présentation des feuilles de calcul Excel  
des histogrammes et rosaces de fissuration et direction de galeries**

**ANNEXE 4 : T.A.O. La Topographie Assistée par Ordinateur**

- 1 - Les cheminements de surface.
- 2 - Les topographies souterraines.

## **RAPPORT DE MISSION 1989**

### **F. MAURY, L. SALAUN**

### **J.F. PANCHOUT, L. CROCHEMORE**

---

La mission de 1989 fait suite à une reconnaissance effectuée en avril et mai 1988 par J.Rodet et F.Maury. Elle s'est déroulée en deux temps:

- Une exploration poussée du Sumidouro do Sansao avec l'élaboration d'une topographie détaillée.

- Une prospection du serrote do Sansao mettant en évidence les secteurs qui présentaient un intérêt certain pour l'étude karstologique. Celle-ci a d'ailleurs permis la découverte d'un certain nombre d'autres cavités plus ou moins importantes.

### **I - Le Sumidouro do Sansao**

Le Sumidouro conforte sa position de cavité majeure du serrote comme nous le présentions l'année précédente (rapport 1989 F.Maury, J.Rodet). A notre connaissance il reste le gouffre le plus profond de l'état du Piauí. Il s'ouvre sur un double système de failles grossièrement orientées Nord-Sud et Est-Ouest. Il est indéniable que la phase de karstification principale est antérieure à ce jeu tectonique qui découpe et désorganise certains réseaux de la cavité.

La reprise de l'exploration en 1989 nous a permis de découvrir trois nouveaux réseaux et une salle :

#### **Le réseau Estrem**

Celui-ci est en fait une série de puits parallèles qui descendent jusqu'au dernier ressaut du puits principal. On y accède par une vire exposée sur la paroi Est à -10m (second fractionnement de l'équipement 89). Après le passage d'une étroiture dans laquelle ont été découvertes deux mues de serpents, une première verticale (5m) nous permet d'atteindre le grand porche intérieur visible à l'Est de la Salle qui

Chante, après une descente en pan incliné de quelques mètres, un second ressaut de 7m amène à une margelle et un renforcement qui marque le départ du réseau Estrem Inférieur.

Un puits très propre d'une dizaine de mètres se développe alors, derrière le puits principal de la cavité, dans la brèche de faille calcitée et débouche dans une petite salle double à fond particulièrement plat. On n'y trouve que quelques petits blocs au pied du puits. Une partie de la paroi (Nord et Est) est de la roche en place et nous laisse supposer que nous sommes dans les puits qui existaient avant le jeu des failles. On peut noter que quelques lucarnes impénétrables dans la brèche et la calcite (au Sud et à l'Ouest), ont permis une jonction visuelle et des bouclages topographiques avec le réseau général au niveau du grand puits incliné qui avait été équipé lors des toutes premières explorations de 1988.

### **Le réseau des Brésiliennes**

Ce réseau prend naissance une dizaine de mètres sous la Salle qui Chante. Nous avons délaissé ce départ en 1988, guidés par les impératifs d'exploration du fond de la cavité (méga faune, lac souterrain).

Une première galerie (2m X 1,5m) se développe quasi-horizontalement dans les planchers de calcite et sa forme en "trou de serrure" ne laisse aucun doute sur son mode de formation paragénétique, des traces de colmatage argileux sont d'ailleurs visibles contre les murs à plusieurs niveaux. Parfois, nous devons enjamber de petits ponts de calcites, lambeaux de planchers retravaillés et effondrés. Le fond de la galerie est occupé par une petite salle à fond plat, où l'eau doit décanter lors des orages si l'on en croit l'épaisseur de sédiments fins au sol. Nos explorations ont eu lieu après les pluies de début Mai et le sol à cet endroit était encore passablement humide.

Un petit passage, rapidement désobstrué, donne accès à une seconde galerie exempte de planchers de calcite sauf quelques lambeaux contre les murs et dont le sol présente la même apparence que la salle précédente. Après une quinzaine de mètres durant lesquels le plafond s'abaisse progressivement, la galerie n'est plus qu'un laminoir, mais nous avons atteint la roche en place. Notre exploration s'est arrêtée là, car des traces fraîches de serpents au sol ont refroidi notre ardeur. Cinq ou six mètres plus loin, on peut voir la galerie amorcer un tournant vers l'Est. La direction

générale de ce réseau nous ramène à 7 ou 8 mètres sous le système de la Salle qui Chante puis sous le premier replat du puits d'entrée.

### **Le réseau Schkloug**

Le réseau Schkloug se développe dans la brèche de faille principale, vers l'ouest, au niveau du chaos juste au dessus de l'étranglement final du grand puits (voie normale). On remonte en fait dans la faille sur une quinzaine de mètres dans un petit couloir fortement concrétionné et incliné pour atteindre une petite salle habitée par une colonie de chauve-souris. La salle fait trois mètres de diamètre et l'on peut voir deux arrivées d'eau temporaires. L'une d'elles est une imposante trémie d'argile. Le réseau est très instable et nous avons plusieurs fois essuyé de petits effondrements. Une fois encore, la paroi de l'extrémité Ouest est constituée de la roche en place.

### **La salle Ultime**

Contrairement aux trois autres réseaux précédemment exposés, la Salle Ultime ne se situe pas dans la descente, mais complètement au fond de la cavité. On y accède en se rendant d'abord dans la grande salle allongée où nous avons découvert en 88 la micro-faune prise par la calcite. Au niveau du sol, un départ en laminoir (hauteur 40cm) permet, après une courte reptation, d'atteindre une superbe petite salle (7 X 3m) dans laquelle se développe un petit lac. Nous sommes à cet endroit dans l'une des parties les plus basses du Sumidouro do Sansao. A la surface du lac, de la calcite flottante prolifère et toutes les parties du sol non inondées sont des amas de calcite flottante échouée. La température dans cette salle est très élevée car elle est très mal ventilée. Il faut noter que seul un niveau très bas de l'eau permet d'atteindre cette salle. En 88, le passage n'était pas visible.

Nous avons aussi exploré d'autres petits diverticules mineurs qui s'avéraient être soit des jonctions entre deux réseaux déjà connus, soit des départs complètement obstrués par les remplissages. Le niveau d'eau était assez bas cette année et nous a permis de découvrir la salle Ultime mais nous pensons qu'il existe peut-être d'autres salles qui étaient cette année encore sous le niveau d'eau, en

particulier après les passages siphonnants de la Salle Victoria.

Enfin, nous avons descendu le zoologue Fabio Olmos qui nous a dit avoir fait d'intéressantes observations concernant la faune de ce gouffre...

## **II - La prospection du serrote et les autres cavités**

Nous avons commencé une prospection systématique du serrote qui s'est avérée assez fructueuse.

Lorsqu'on engage une prospection, il faut faire très attention aux informations délivrées par les guides car si effectivement ils connaissent la zone, ils la sillonnent toujours par les mêmes sentiers et ne s'aventurent que très rarement ailleurs sauf pour aller dans des lieux particuliers (caldeirao, nids d'abeilles) ou pour des activités particulières (recherche d'animaux perdus, cueillette de plantes médicinales, établissement de clotures). En fait, ils connaissent très bien les bordures du massif mais beaucoup moins le centre, ils ont éprouvé d'ailleurs une certaine réticence au début à s'engager au coeur du massif.

### **La zone Est**

Nous entendons par zone Est, toute la partie qui englobe le site dit de "Morro do caldeirao" qui est l'extrême pointe de cette région. Le sommet du massif est occupé par un magnifique lapiaz découvert aux formes remarquablement travaillées. Les lames de calcaires très aiguisées (attention aux chutes) découpent en tous sens le calcaire Bambui gris bleu. Localement, des micro-canyons à fond plat (profondeur maximum 2m pour une largeur à peu près égale à 50cm) entaillent le lapiaz et débouchent dans des dolines de dissolution peut profondes (jusqu'à cinq mètres) mais aux bords particulièrement verticaux et au fonds très plats. Parfois quelques gouffres s'ouvrent à la faveur d'une fissure mais sont rapidement obstrués par des blocs, du sédiment et un conglomérat grossier très dur.

Nous n'avons relevé que deux cavités importantes dans cette zone. La première (dev. 40 à 50m) a déjà fait l'objet de petits sondages archéologiques et avait été explorée lors de la première reconnaissance en 88. Il s'agit en fait d'une paléo-résurgence qui se comporte actuellement (selon les guides) comme une perte. Nous avons d'ailleurs vu des traces d'écoulement vers le fond de la grotte. Cette

inversion du sens de l'écoulement n'est pas unique dans ce secteur du serrote. Nous avons exploré beaucoup de petites cavités de ce type, qui se développent au pied du massif, de section lenticulaire, présentant de nombreuses traces d'enneigement temporaire. On y trouve quasi systématiquement des ossements de chèvres, de petits rongeurs, de chauves souris et d'oiseaux. L'inclinaison générale du pédiment favorise l'écoulement vers les bordures Nord du massif même si les rios temporaires ont creusés des vallées plus ou moins marquées dans la plaine d'érosion au pied de la cuesta. Dans certains cas d'ailleurs, la structure du calcaire se prête plus facilement à l'introduction de l'eau (stratigraphie propice) mais ces phénomènes restent très locaux.

La seconde grotte se situe sur le sommet, en bordure des falaises. Elle a été aménagée par Sansao afin de servir de réservoir naturel mais celui-ci ne s'en sert presque plus car d'après ses fils, l'exploitation n'est pas rentable.

Enfin, tout le long des falaises, nous avons rencontré un grand nombre de conduits et de puits trépanés par l'érosion ou en partie détruits par la décompression. Il serait intéressant d'effectuer une topographie de détail (extérieure et intérieure) de cette zone pour essayer de mettre en rapport ces différents conduits car il est indéniable qu'il s'agit du même paléo-système qui a été complètement détruit par l'érosion. Notons que dans cette zone se développe des veines de calcites importantes et massives.

### **La zone Toca de Cima dos pilao - Toca do Boï**

Nos recherches se sont surtout portées sur le lapiaz du sommet des falaises de cette aire. Celui-ci d'un aspect moins "lunaire" que son homologue de la zone Est, occupé par une végétation importante (gameleiras, macambiras, favellas...) se présente sous la forme d'une succession de marches largement marquées par des réseaux fossiles égueulés et rabotés par l'érosion. Par endroits, de larges plaquages de conglomérat à tendance bréchiq nous conforte dans l'hypothèse d'un enneigement du serrote à une époque postérieure à la phase massive de karstification et même d'érosion des calcaires. Deux cavités dignes d'intérêt ont été recensées.

### - Le sumidouro do Rafael

C'est un puits de 10m s'ouvrant conformément à la structure très inclinée à cet endroit qui nous a permis d'accéder aux galeries de cette grotte (*B12*). Les dimensions de ces dernières sont relativement imposantes : 4 à 6 mètres de large pour plus d'une dizaine de mètres de haut. Vers le nord, alors que l'une des parties les plus profondes de la cavité est atteinte (- 20m par rapport au point zéro du puits d'entrée, *C15*), un petit passage bas, sali par une épaisse couche de guano de chauve-souris, nous emmène vers un réseau légèrement remontant qui est en fait une salle allongée dans le sol (fins sédiments argilo-sableux) de laquelle une colonie de Mocos a élu domicile. Contrairement au reste de la grotte, cette salle terminale est fortement concrétionnée (stalactites, colonnes, coulées et choux-fleurs). A cet endroit, la qualité de la calcite permet d'espérer des résultats corrects si nous la faisons dater. Mal ventilée, il y fait très chaud.

Vers le Sud, en s'enfonçant dans le coeur du massif, on accède à une très grande salle qui redonne en surface par une pente fortement inclinée. Cette entrée plus aisée que le puits que nous avons découvert au préalable était en fait cachée par une épaisse végétation d'épineux (*Entrée 2, E6*). Juste avant cette seconde entrée, nous avons rencontré un petit aven d'effondrement (*D7*) de cinq mètres sur quatre. Le Sumidouro do Rafael est donc la seconde traversée souterraine pour ce serrote, après celle de Toca de Boĩ. Si l'on veut pousser plus loin la comparaison avec cette cavité, il faut noter nous avons observé des traces de brèche allochtone au plafond de certaines parties du Sumidouro do Raphael (*C12, D12*) bien qu'aucune trace du dégagement de celle-ci ne soient visibles au sol. On pourrait envisager un sondage dans le sol de la grande salle pour tenter de retrouver des traces de cette brèche sous les sédiments plus récents.

Deux réseaux prennent naissance sur la paroi Est de la grande salle. Le premier est un petit méandre (*C11, D11*), monté sur la fissuration, fortement remontant qui se divise en deux branches en arrivant dans la grande salle. Au niveau de la fourche entre les deux galeries nous avons relevé une coupole de corrosion, trace d'une phase de creusement par le bas en régime noyé.

On accède au second réseau par une escalade exposée sur des coulées de calcite en décomposition dans la partie Sud de la grande salle (*D10*). Après avoir



pris pied dans une salle en balcon (E9), on remonte celle-ci sur quelques mètres pour butter sur un départ en conduit impénétrable. L'épaisseur de calcite au sol ne laisse aucun doute, cette partie a été un affluent majeur du système.

A l'extérieur de la cavité (C2,D2,E2,C3,D3,E3,E4) sur le sol et contre les falaises, on peut suivre les traces de cette grotte qui a été en grande partie décimée par l'érosion.

Même si l'influence de la fissuration est très nettement marquée dans la morphologie du Sumidouro do Rafael, le rôle de la structure a été prépondérant. Il a permis un enfoncement rapide du réseau à la faveur des joints de stratification et le développement en longueur de la cavité, entre deux bancs massifs de calcaire.

#### **- Le Sumidouro da Macambira**

Ce dernier est beaucoup moins imposant que le Sumidouro do Raphael mais il présente l'intérêt de se développer préférentiellement sur la fissuration. Après un petit puits de 7m, la progression se poursuit sur le ventre avec le passage de deux chatières successives, encombrées de racines. Alors que cette partie avait une orientation plutôt Nord-Sud, la galerie tourne résolument vers l'Est et se transforme en un micro-méandre d'une quarantaine de centimètres de large, tapissé de choux-fleurs. Le passage d'une nouvelle étroiture conduit à la salle terminale où l'on peut tenir à deux personnes. La suite est impénétrable à l'homme.

#### **La zone au Sud de Toca de Cima dos Pilao**

Une prospection rapide de cette zone nous a révélé un grand nombre de départs plongeant avec la structure; malheureusement la plupart de ceux-ci est bouchée par les sédiments. Ici, le lapiaz est généralement recouvert d'un sol et d'une végétation assez dense. Nous avons toutefois exploré deux grandes dolines d'effondrement qui faisaient plus de 25 mètres de long pour une dizaine de large et de profondeur. Aucune entrée de cavité n'a pu être trouvée.

Un peu plus au Sud, une doline dissymétrique permet d'accéder à une cavité très basse (50cm) en partie effondrée qui, après une dizaine de mètres débouche en front de falaise.

Dans la même zone, une fissure élargie nous a permis d'observer un microkarst temporairement actif qui se développe à moins de cinquante centimètres sous terre. Curieux de connaître l'ampleur du phénomène, nous l'avons suivi ainsi que ses diverticules sur plusieurs dizaines de mètres de regards en regards.

### **Le Sumidouro da Gameleira**

Enfin, une seconde cavité majeure a été découverte et explorée sur ce serrote. Le Sumidouro da Gameleira s'ouvre à moins d'une centaine de mètres du Sumidouro do Sansao, au sommet d'un petit lapiaz incliné. Sa profondeur relative de 60 mètres n'excède évidemment pas celle de son aîné mais la profondeur absolue est sensiblement égale si l'on en croit la comparaison des niveaux d'eau.

Par contre, ce Sumidouro a réellement l'allure d'un gouffre. Un petit puits de 3 mètres bute sur une étroiture verticale qui donne accès à un grand puits de soixante mètres coupé en deux par un ressaut incliné d'une dizaine de mètres. Une courte escalade à l'amont de ce toboggan permet de remonter la galerie jusqu'à ce que la calcite obstrue le passage (une désobstruction pourrait être payante...).

En continuant le puits, on descend le long d'une brèche qui est le lit d'un ruisseau temporaire. Le bas du puits est une vaste zone de décantation encore active en période de hautes eaux. De par son activité temporaire, ce gouffre présente un intérêt incontestable pour l'étude karstologique et hydrogéologique de la région.

Le Gameleira est donc un gouffre original pour la région. Sa morphologie évoque incontestablement un creusement par enfoncement progressif à la faveur de la fissuration principale. Les traces d'écoulements actuels ne font aucun doute sur son activité en période de pluie. Il est intéressant de voir que le lit de l'écoulement souterrain temporaire est formé par une brèche en place mais que par endroits on trouve des galets de grès. Dans la partie amont, nous avons trouvé une marmite de géant témoin d'un ancien régime torrenciel.

### **III - Données morpho-génétiques karstiques générales**

Nous commençons à avoir un certain nombre d'indications sur les phases de génèse de ces cavités mais celles restent encore fragmentaires.

Incontestablement, nous nous trouvons en présence d'un karst fossile très ancien. Une grande partie de système a été tronqué par l'érosion. Les traces visibles en surface ne laissent aucun doute sur l'importance du développement des karsts. Nous pouvons suivre, parfois sur plusieurs centaines de mètres, les ruines de paléo-réseaux qui ne sont plus que des traces de conduits au sol. Sur certaines zones il est facile de relier ainsi deux ou trois cavités entre elles. L'ampleur des réseaux et l'importance des galeries encore existantes témoignent d'une ancienne activité hydrique longue et importante.

Les cavités souterraines encore existantes ne sont en fait que des fonds de paléo-réseaux, d'anciens collecteurs remaniés par l'évolution morphogénétique locale. Pour certains gouffres comme le Gameleira ou le Sumidouro do Sansao, les zones verticales sont encore visibles. Nous pouvons noter que le Gameleira représente une mine d'informations car du fait de sa petite entrée il a été plus ou moins protégé.

D'autre part, le développement des réseaux est vraisemblablement postérieur à la phase tectonique majeure de la mise en place du massif calcaire. En effet, des cavités comme le Sumidouro do rafael sont montées sur la structure à cet endroit subverticale (cf pendage dans le puit d'entrée), la fissuration n'intervenant que pour des chagements de direction locaux ou du modelage de détail des salles et des conduits. D'autre part, les stalactites effondrées (témoins de mouvements importants) sont très rares sauf dans le Sumidouro do Sansao qui est un cas particulier. Evidemment, les cavités ont été largement remaniées ultérieurement, soit par des phases de faille (Sumidouro do Sansao) soit par la fissuration liée à la décompression du massif (Toca de Cima dos Pilao).

Cette dernière cavité ne présente pas une lecture aisée dans la mesure où sa position sur un éperon du massif a entraîné un remaniement (lié à la décompression) considérable. Toutes les parois de la cavité ont basculé, modifiant considérablement la morphologie générale. Les remplissages importants mis à jour lors des fouilles archéologiques ne présentent pas de stratification caractéristique. Nous pensons plutôt à un dépôt de type lacustre relativement constant sur une

période plus ou moins longue, sans circulation marquée, suivi d'une phase de retrait progressif accompagné de ruissellements qui ont permis la mise en place des planchers de calcite; puis une reprise de l'activité et un soutirage des remplissages par endroits. Des traces de niveau sur les parois et la présence de concrétions caractéristiques témoignent d'un ennoiement de la cavité, postérieur à une phase de concrétionnement à l'air libre. Il est possible que les remplissages soient montés beaucoup plus haut, ce qui expliquerait la mise en place des chenaux de voûte visibles à l'entrée Sud-Est. Mais ils peuvent être de faux chenaux de voute, et simplement des conduits dont la partie inférieure aurait été détruite lors de la décompression.

Il existe aussi une autre catégorie de cavités tel que le Sumidouro da Macambira plus récente. En effet, celui-ci est monté sur des fissures de décompression élargies. Ce type de karst est donc plus jeune, postérieur au début de la décompression du massif. On peut toutefois relever la présence de concrétions en choux-fleurs, marques d'une période d'ennoiement et de stagnation de l'eau.

D'autre part, comme nous l'avons dit précédemment, certaines cavités présentent des inversions de circulation d'eau. Ce changement de dynamique est vraisemblablement contemporain de la mise en place de la topographie de la dépression subséquente de la cuesta, d'autant plus que l'importance du bassin versant des calcaires régressait par érosion.

Enfin, nous avons relevé à différents endroits sur le massif mais aussi sous terre en particulier dans le Sumidouro do Rafael et dans Toca do Boï (1988) la présence de brèches à ciment puissant et à gros blocs de calcaire, calcite et plus rarement quartz. Celles-ci nous laissent supposer un recouvrement total de la zone par une étendue d'eau peu profonde dont nous ne connaissons pas l'origine (paléo lit majeur du Rio Sao Francisco ?). Cette brèche se présente sous la forme de plaquages ou de plafonds dans les cavités. Cela suppose une phase de forte dynamique postérieure pour permettre le soutirage.

Comme nous pouvons le constater, plusieurs phases commencent à s'organiser, alternant des périodes d'ennoiement complet, d'autres de régimes à forte dynamique voire torrentiels, et des phases de ralentissement de l'activité hydrique; l'activité tectonique venant parfois perturber ces cycles. Il serait hasardeux de tenter de donner des datations à ces phases mais on peut essayer de présenter une chronologie de base qui nous tenons à le préciser n'est que l'ébauche d'une

hypothèse...

## **ESSAI DE CHRONOLOGIE DES EVENEMENTS**

- 1- Phase de tectonique générale régionale
- 2- Creusement paragénétique des cavités, régime hydrodynamique lent.
- 3- Abaissement du toit de la zone noyée, évolution vadose des parties supérieures des réseaux (Gameleira, Sansao), concrétionnement, début d'érosion du toit des cavités.
- 4- Colmatage progressif des conduits, formation des planchers de calcite (Toca de Cima dos Pilao), épisode de dynamique faible sous climat tropical sec (apparition de stone lines) évolution tectostatique et thermo-clastique des salles. Début de la décompression du massif, épisode des failles du Sumidouro do Sansao ?
- 5- Phase d'ennoiement régional total, formation des brèches sur les remplissages.
- 6- Reprise d'une dynamique forte, soutirage de certains remplissages et reprise d'un creusement de type syngénétique.
- 7- Nouvelle période de creusement paragénétique qui se termine par un ralentissement du régime hydrodynamique jusqu'à l'arrêt total. Fossilisation des cavités puis dégénérescence, état actuel du karst.

Les épisodes 2,3,4 peuvent s'être répétés plusieurs fois avant la phase cinq.

## **IV - La topographie**

Indépendamment des explorations proprement dites, la topographie des cavités que nous avons découvertes a été une grande partie de notre travail durant cette mission. On peut noter d'ores et déjà que le manque de carte topographique de la zone étudiée a considérablement gêné notre travail.

En effet, il est impossible de faire la triangulation des cavités et nous étions obligés d'effectuer un cheminement de surface pour les relier les unes aux autres. Ce dernier engendre des erreurs et une perte de temps que nous pourrions facilement éviter. Il était impératif pour nous de pouvoir faire des comparaisons altimétriques pour pouvoir avoir non seulement des profondeurs relatives mais aussi des profondeurs absolues (par rapport à notre zéro local). Il serait souhaitable, même si une topographie de détail complète n'est pas levée, de faire au moins une polygonation fine du serrote rattachée aux bornes géodésiques locales pour que nous puissions caler les cavités et les sites archéologiques par rapport à une origine commune fiable.

### **Les relevés de terrain**

Nous nous sommes beaucoup servi du cheminement général entre le Sumidouro do Sansao et le site de Toca de Cima dos Pilao effectué l'année dernière par F. Parenti, J.Rodet et F. Maury. Celui-ci existe au 1/1000° à Sao Raimundo et nous en avons réduit une partie au 1/5000° qui correspond à une échelle plus facilement utilisable. Il faut noter que ce cheminement n'est pas parfaitement exact mais comme c'est le seul qui existe, il nous a permis d'avoir une base de travail.

Tous nos cheminements ont été effectués au compas et clinomètre Suunto en grades, avec un double décamètre et deux mires étalonnées. Chaque visée était associée à une ou plusieurs visées inverses puis une moyenne était effectuée. D'autre part, un bouclage triangulaire était systématiquement associé à la visée. Pour les relevés souterrains, nous avons utilisé la même méthode sauf lorsque le terrain ne le permettait pas (verticales, conduits trop étroits) et dans ce cas il en a été tenu compte lors des mises au propre.

Enfin, il faut aussi noter que lorsque que nous avons effectué les relevés topographiques des coupes dans Toca de Cima dos Pilao (à paraître dans la thèse de

Fatima Luz), nous avons relevé un écart de presque 3 grades durant la journée nous empêchant de valider certaines mesures. Nous ne savons pas si cet incident était exceptionnel ou si la zone présente souvent des déviations magnétiques. Nous ne pouvons que conseiller aux chercheurs de travailler en Nord relatif le plus souvent possible tant que nous ne serons pas fixés sur l'origine de cette aberration magnétique.

### **Les reports**

Pour les reports, nous avons tenté d'utiliser au maximum l'outil informatique pour d'une part minimiser les risques d'erreur, gagner du temps et de la précision dans les calculs et d'autre part, avoir un support d'archive facilement consultable et transportable (disquettes).

L'unité centrale que nous avons à notre disposition était un Mac Plus de 640 Ko de mémoire vive. Nous avons pu utiliser le logiciel Excel qui est un tableur et nous avons mis au point un certain nombre de feuilles de calculs types en fonction des différents matériels (y compris l'alidade) et des différentes conditions que nous pouvions rencontrer.

L'intérêt de ces feuilles de calculs est que les résultats sont chaînés et que dès nous apportons une modification à une cellule, tous les résultats sont recalculés. D'autre part, même si les résultats sont arrondis à l'affichage tous les calculs sont effectués avec 24 chiffres après la virgule qui restent d'ailleurs en mémoire.

## **ANNEXE 3**

---

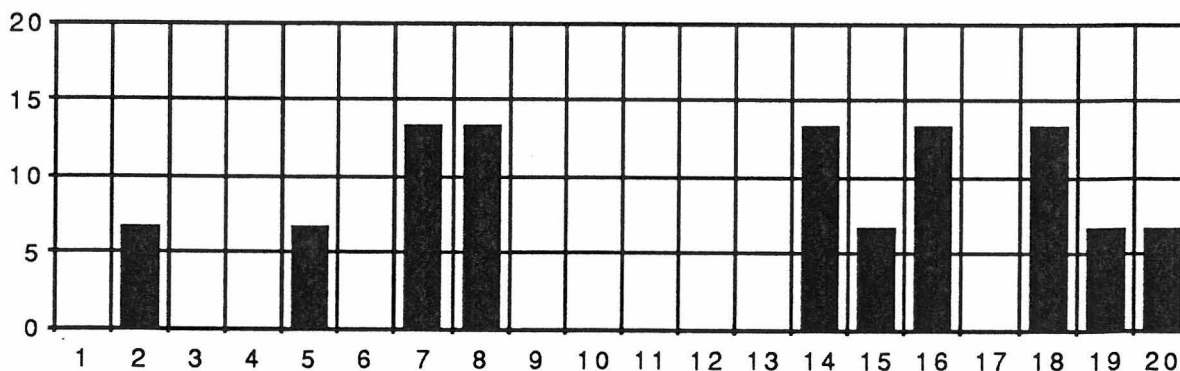
**PRESENTATION DES FEUILLES DE CALCUL EXCEL  
DES HISTOGRAMMES ET ROSACES  
DE FISSURATION ET DIRECTION DE GALERIES**

---



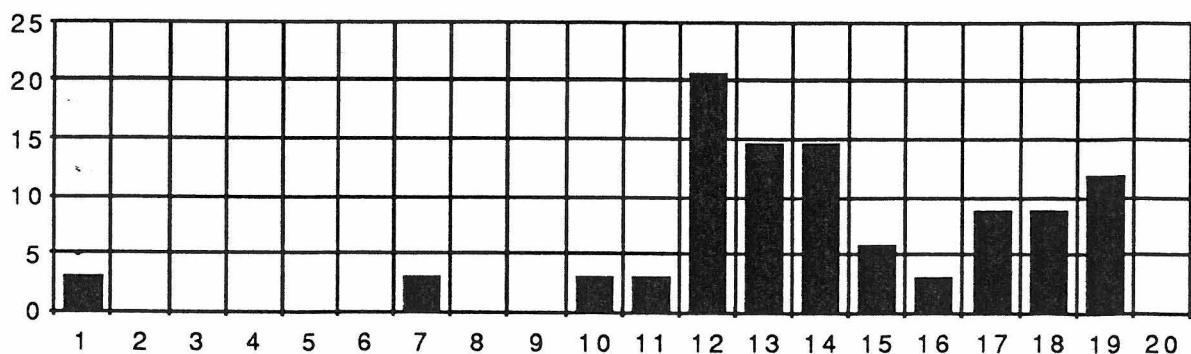
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>RELEVÉ DE FISSURATION DE TOCA DE CIMA DOS PILAO</b>							
2	F.MAURY, J.F. PANCHOUT, JUIN 1989							
3	COMPAS GRADES SUUNTO							
4	Noms	Directions	Pentes	Réduction	Classes N1	compteur	classes N2	pourcentages
5	1	78	68d	78	70	0-10	0	0
6	2	139	48g	139	130	10-20	1	6,66666667
7	3	158	53g	158	150	20-30	0	0
8	4	137	52g	137	130	30-40	0	0
9	5	173	60g	173	170	40-50	1	6,66666667
10	6	153	48g	153	150	50-60	0	0
11	7	69	81d	69	60	60-70	2	13,33333333
12	8	62	87,5d	62	60	70-80	2	13,33333333
13	9	10	89v	10	10	80-90	0	0
14	10	182	74g	182	180	90-100	0	0
15	11	197	100v	197	190	100-110	0	0
16	12	142	60g	142	140	110-120	0	0
17	13	170	76g	170	170	120-130	0	0
18	14	72	84d	72	70	130-140	2	13,33333333
19	15	47	77g	47	40	140-150	1	6,66666667
20						150-160	2	13,33333333
21						160-170	0	0
22						170-180	2	13,33333333
23						180-190	1	6,66666667
24						190-200	1	6,66666667
25						Total :	15	100

**Fissuration de Toca de Cima dos Pila  
Pourcentages par classes de 10  
J.F. Panchout F. Maury**



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	RELEVÉ DE FISSURATION DU SUMIDOURO DO SANSÃO							
2	F. MAURY, J.F. PANCHOUT, JUIN 1989							
3	COMPAS GRADES SUUNTO							
4	Noms	Directions	Pentes	Réduction	Classes N1	repérage	classes N2	pourcentages
5	1	73		73	70	0-10	1	2,9411765
6	2	134		134	130	10-20	0	0
7	3	129		129	120	20-30	0	0
8	4	129		129	120	30-40	0	0
9	5	129		129	120	40-50	0	0
10	6	184		184	180	50-60	0	0
11	7	158		158	150	60-70	1	2,9411765
12	8	396		196	190	70-80	0	0
13	9	12		12	10	80-90	0	0
14	10	180		180	180	90-100	1	2,9411765
15	11	120		120	120	100-110	1	2,9411765
16	12	360		160	160	110-120	7	20,588235
17	13	343		143	140	120-130	5	14,705882
18	14	340		140	140	130-140	5	14,705882
19	15	192		192	190	140-150	2	5,8823529
20	16	385		185	180	150-160	1	2,9411765
21	17	179		179	170	160-170	3	8,8235294
22	18	179		179	170	170-180	3	8,8235294
23	19	121		121	120	180-190	4	11,764706
24	20	121		121	120	190-200	0	0
25	21	395		195	190		34	
26	22	195		195	190			
27	23	351		151	150			
28	24	149		149	140			
29	25	179		179	170			
30	26	142		142	140			
31	27	130		130	130			
32	28	130		130	130			
33	29	130		130	130			
34	30	106		106	100			
35	31	123		123	120			
36	32	132		132	130			
37	33	147		147	140			
38	34	111		111	110			

**Fissuration Sumidouro do Sansao  
Pourcentages par classes de 10  
J.F. Panchout F. Maury 1989**



## **ANNEXE 4**

---

**T.A.O**

**TOPOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR**

---

## LA TOPOGRAPHIE ASSISTEE PAR ORDINATEUR

---

Comme nous l'avons vu précédemment, tous les calculs préliminaires ont été effectués sur ordinateur. Nous ne nous sommes pas limités à cette utilisation courante de l'outil informatique. En effet, en calibrant certains softs existants, nous avons mis au point une Méthode de Topographie Assistée par Ordinateur (TAO).

### 1 - Les cheminements de surface

Pour les cheminements de surface, après quelques essais, nous avons opté pour l'utilisation du logiciel Mac Draw II. Ce dernier permet en effet une trace à l'écran très précise puisque nous travaillons à 0.002 mm et une impression sur laser de l'ordre de 300 ppp (Points Par Pouce). Nous sommes donc bien en deçà des capacités de discernement de l'oeil humain et bien au delà des possibilités offertes par les méthodes classiques de dessin.

Nous avons trouvé d'autres intérêts tel que le changement d'échelle automatique, plus besoin d'utiliser de compas réducteur et de recommencer le dessin. D'autre part, on peut retravailler à souhait la topographie sans altérer le support et enfin, on gagne énormément de place pour l'archivage.

Il est très facile de représenter des cheminements de surface ou autres polygonations qui sont toujours plus ou moins géométriques (cf schémas).

De la même façon, comme nous possédions les altitudes relatives, nous avons pu dessiner les projections orthogonales des cheminements sans trop de difficultés.

### 2 - Les topographies souterraines

Si l'informatisation des cheminements était facile, la topographie des cavités a présenté un certain nombre de problèmes que nous avons partiellement résolus. Nous travaillons encore actuellement à l'optimisation de certaines procédures en particulier avec le logiciel de DAO AutoCad (sous PC-DOS). Temporairement, nous avons choisi la solution MAC II avec le logiciel Adobe Illustrator 88. Ce dernier est fermé. Il ne présente donc pas de possibilité de traitement après la conception de la topographie. Avec Autocad, nous pourrions faire des calculs de surfaces, de volumes,

ou automatiser la construction des rosaces de fissuration.

Pour mettre au point la méthode, nous nous sommes largement inspirés des techniques de CAO architecturale en découpant la conception de la topographie en plusieurs "strates d'intérêts". La superposition de tous les plans donnant une topographie complète. L'avantage de cette technique est que l'on peut travailler sur un seul plan sans être gêné par les autres. De même, pour une étude ou une publication particulière, on peut choisir de ne sortir qu'une ou plusieurs strates pour améliorer la lisibilité ou pour mettre en évidence tel ou tel phénomène.

Nous avons défini six "couches informatives de base" :

### **1 - Le squelette**

Le cheminement et les visées de bouclage, infrastructure de la topographie ainsi que les numéros de point topographiques et toutes les informations concernant la topométrie proprement dite.

### **2 - Les contours**

N'apparaissent ici que les informations sur les contours réels de la cavité. Le lissage et les formes arrondies s'effectuent par la méthode des courbes de Bézier. Evidemment, ces traits qui représentent la forme de la cavité sont affectés d'un attribut d'épaisseur particulier.

### **3 - Habillage niveau 1 : Les éléments fixes**

Nous entendons par éléments fixes tous les types de remplissages au sol ou contre paroi à l'exclusion des blocs effondrés qui sont regroupés pour des questions de facilité sur un autre plan. Nous avons donc ici les remplissages et dépôts sédimentaires et les concrétions. Ils sont figurés par un symbole appartenant à une banque systématiquement chargée en mémoire.

### **4 - Habillage niveau 2 : Les blocs**

Comme nous venons de le dire, les blocs sont regroupés sous un plan.

### **5 - Habillage niveau 3 : La troisième dimension**

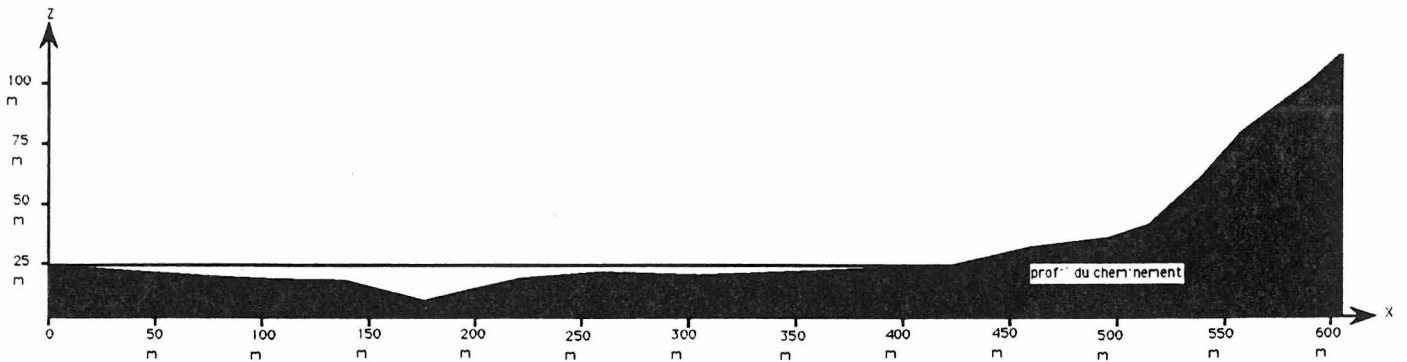
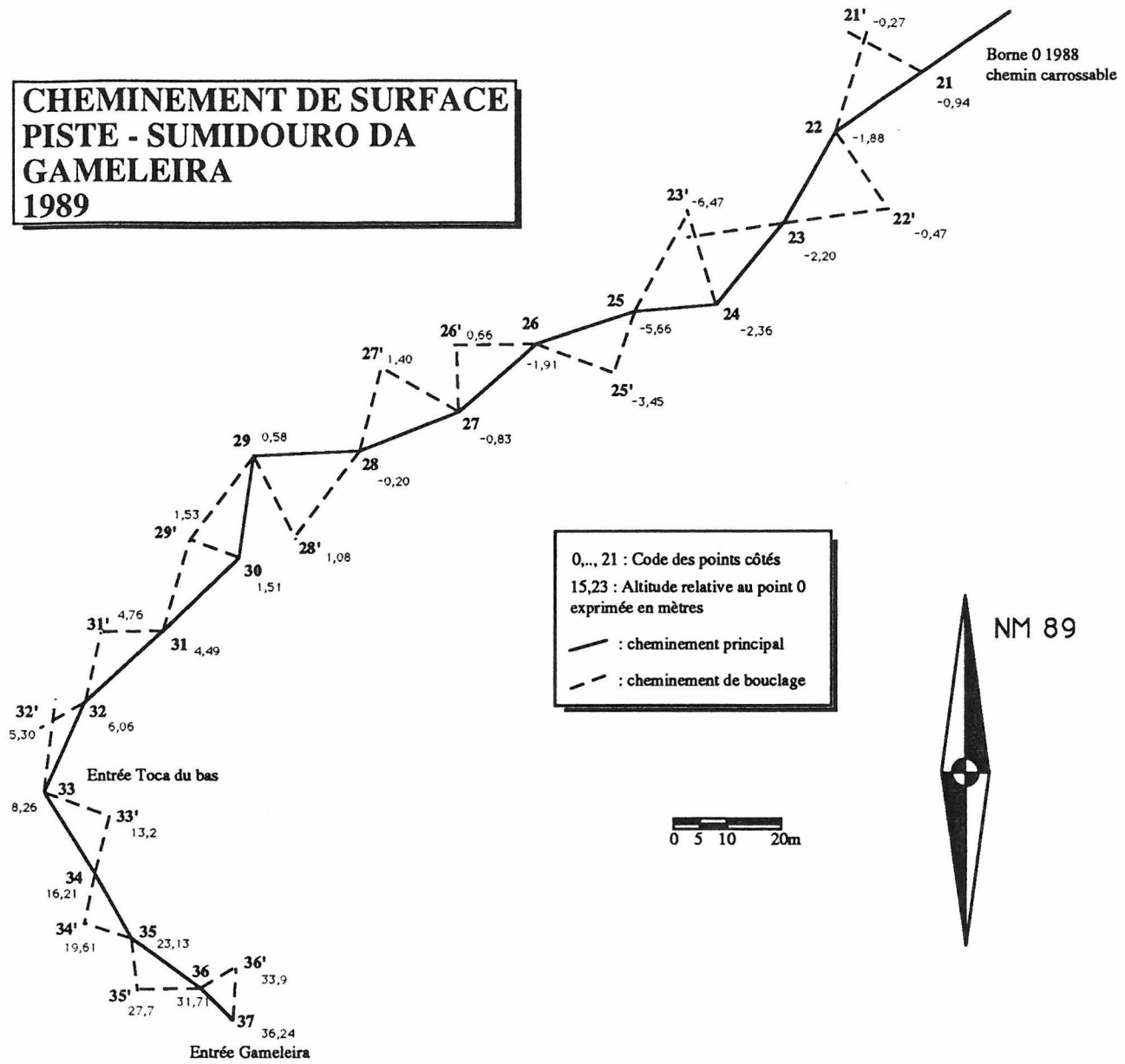
Le cinquième plan est réservé aux indications de pentes, puits et morphologie de détail, ainsi qu'aux indications sur la fissuration et la fracturation.

### **6 - Nomenclature**

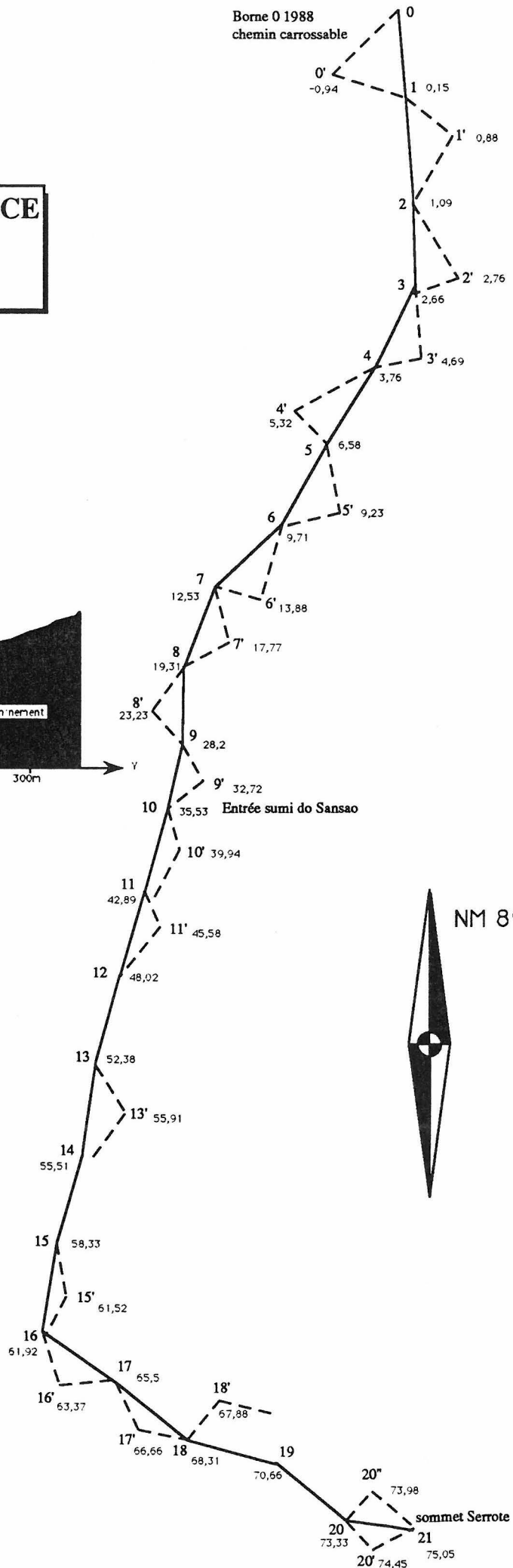
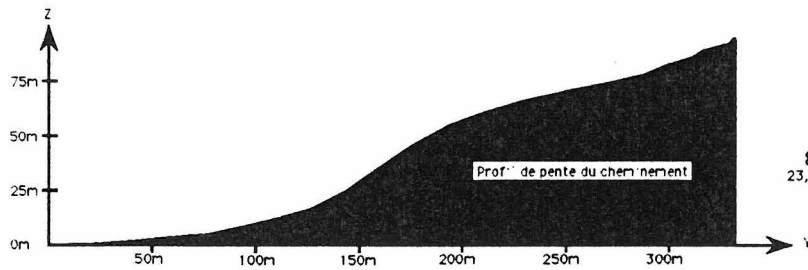
Comme l'indique son nom, la dernière strate intéresse les titres, la légende et toutes les indications écrites jugées nécessaires (nom de salle, profondeur,...).

- Bien sur, le nombre de plan n'est exhaustif et l'on peut en créer des spécifiques.

# CHEMINEMENT DE SURFACE PISTE - SUMIDOURO DA GAMELEIRA 1989



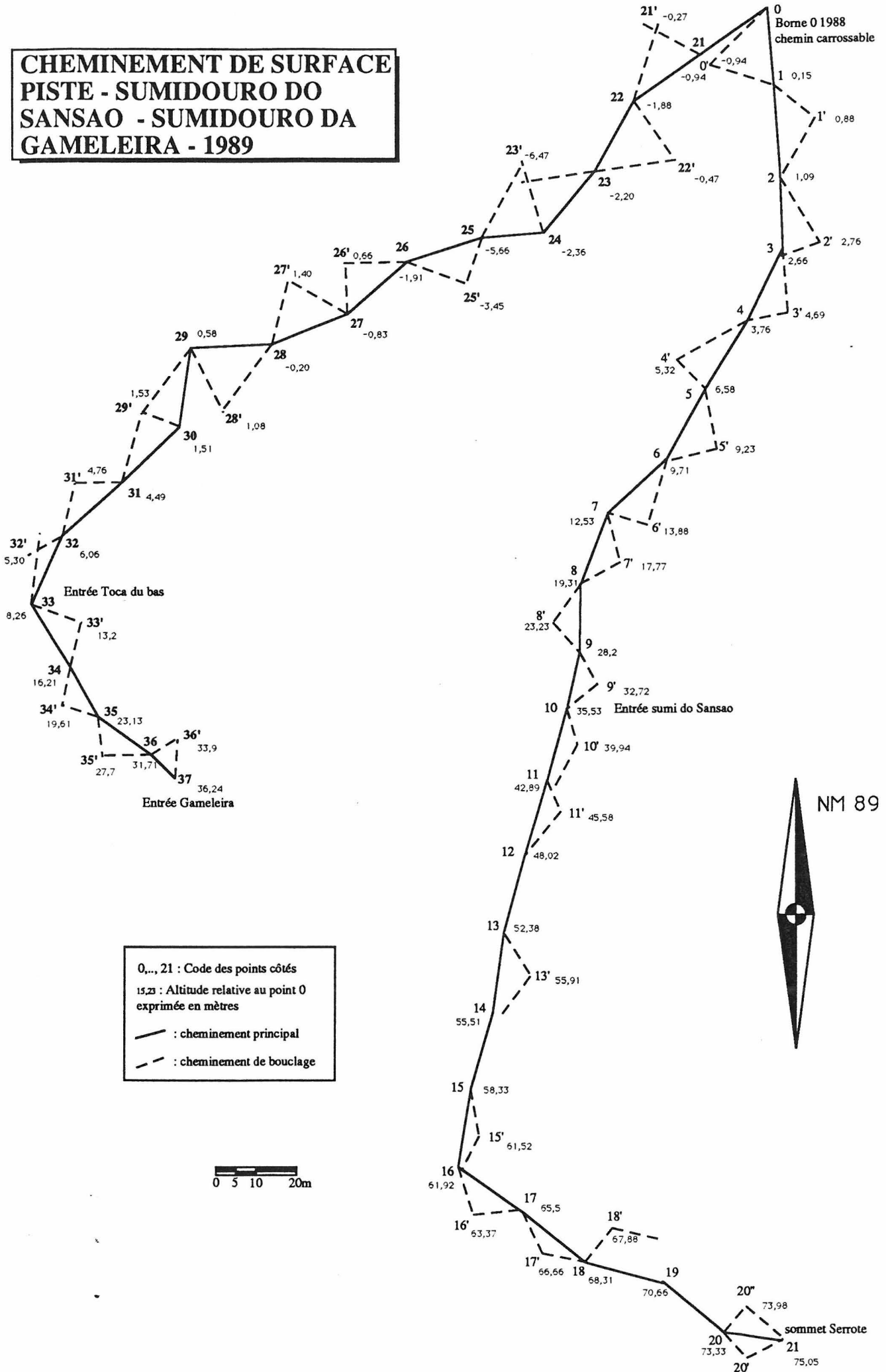
# CHEMINEMENT DE SURFACE PISTE - SUMIDOURO DO SANSÃO - 1989



0, ..., 21 : Code des points côtés  
15,23 : Altitude relative au point 0  
exprimée en mètres

— : cheminement principal  
- - - : cheminement de bouclage

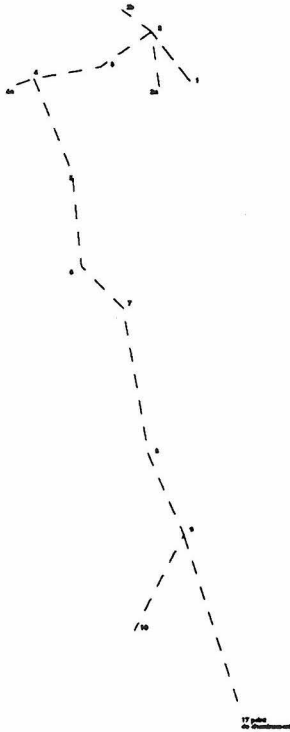
# CHEMINEMENT DE SURFACE PISTE - SUMIDOURO DO SANSAO - SUMIDOURO DA GAMELEIRA - 1989





## PRESENTATION DES SIX NIVEAUX DE CONCEPTION DE LA TOPOGRAPHIE

*NB : La topographie a été réduite de 2x50% donc les détails ne sont plus du tout visibles.*



### 1er PLAN :

Traçage du cheminement soit directement sur Adobe Illustrator soit sur Mac Draw II. La précision du tracé est de l'ordre de 0.002 mm à l'écran si l'on travaille en zoom maximum.

Les numéros des points topographiques et les symboles topographiques sont associés à la polyligne.



### 2 nd PLAN :

Dessin des contours de la topographie à partir des données de terrain et des schémas pris sur place. Ces contours sont une association de polylignes.



3 ème PLAN :

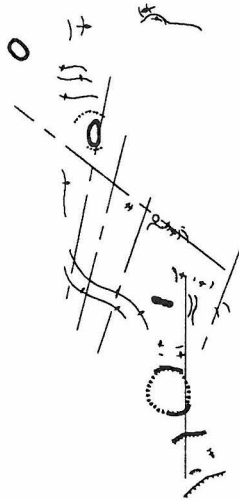
Figuration des remplissages et des dépôts, ainsi que des concrétions (coulées, stalactites, stalagmites,...). Les motifs sont soit issus de la banque existante soit créés spécifiquement.



4 ème PLAN :

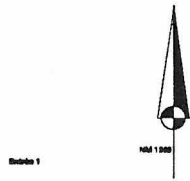
Symbolisation des blocs effondrés et des zones d'effondrement. Ces motifs existent aussi dans la banque de symboles.





5 ème PLAN :

Figuration des puits, des ruptures de pente et directions de pentes. La fissuration est aussi associée à ce plan.



6 ème PLAN :

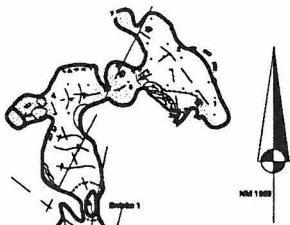
Exclusivement réservé à la nomenclature et à la légende.



Echelle 2

SUMICOURO DO RAFAEL  
 Serra de Sines - São Raimundo Nonato  
 PIAUÍ - BRASIL  
 PLAN - Report du 02/08/68  
 L. Crochemore, F. Mabry, J.F. Pencheud, L. Salán

est. br. 1



N 0° 15' 00''

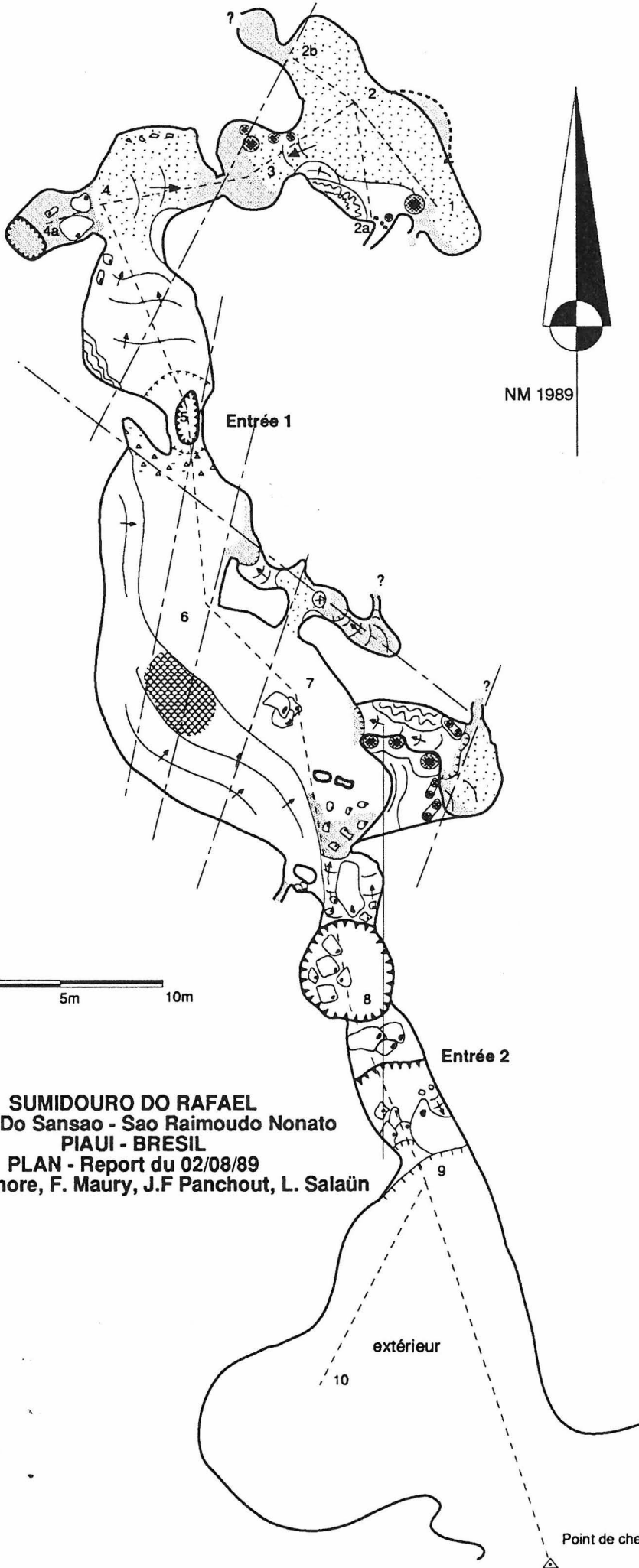


Echelle 2

SUMICOURO DO RAFAEL  
 Serra de Sines - São Raimundo Nonato  
 PIAUÍ - BRASIL  
 PLAN - Report du 02/08/68  
 L. Crochemore, F. Mabry, J.F. Pencheud, L. Salán

est. br. 1

Superposition des Six niveaux de conception pour avoir une image complète de la topographie.



**SUMIDOURO DO RAFAEL**  
 Serrote Do Sansao - Sao Raimoudo Nonato  
 PIAUI - BRESIL  
 PLAN - Report du 02/08/89  
 L. Crochemore, F. Maury, J.F Panchout, L. Salaün

NM 1989

0m 5m 10m

extérieur

Point de cheminement 17

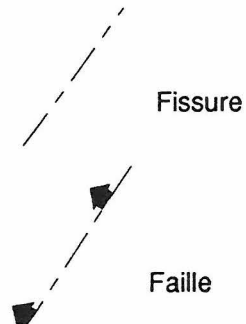
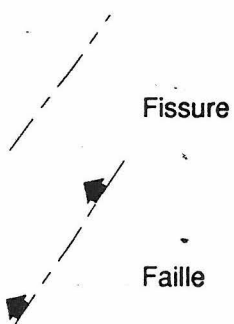
# Banque de symboles N°1

## Figurés noirs et blancs

	Remplissage argilo-sableux fin
	Remplissage argilo-sableux grossier
	Brèche
	Limons
	Micros-gours
	Poudingue
	Blocs effondrés
	Direction de la pente
	Coupole de corrosion en plafond
	Rupture de pente
	Puits
	Voute caractéristique
	Coulée de calcite
	Stalactites
	Stalagmites
	Ecoulement temporaire
	Ecoulement pérenne
	Cours d'eau
	Station topographique
	Point intermédiaire

## Figurés couleurs

	Remplissage argilo-sableux fin
	Remplissage argilo-sableux grossier
	Brèche
	Limons
	Micros-gours
	Poudingue
	Blocs effondrés
	Direction de la pente
	Coupole de corrosion en plafond
	Rupture de pente
	Puits
	Voute caractéristique
	Coulée de calcite
	Stalactites
	Stalagmites
	Ecoulement temporaire
	Ecoulement pérenne
	Cours d'eau
	Station topographique
	Point intermédiaire



# SUMIDOURO DA MACAMBIRA

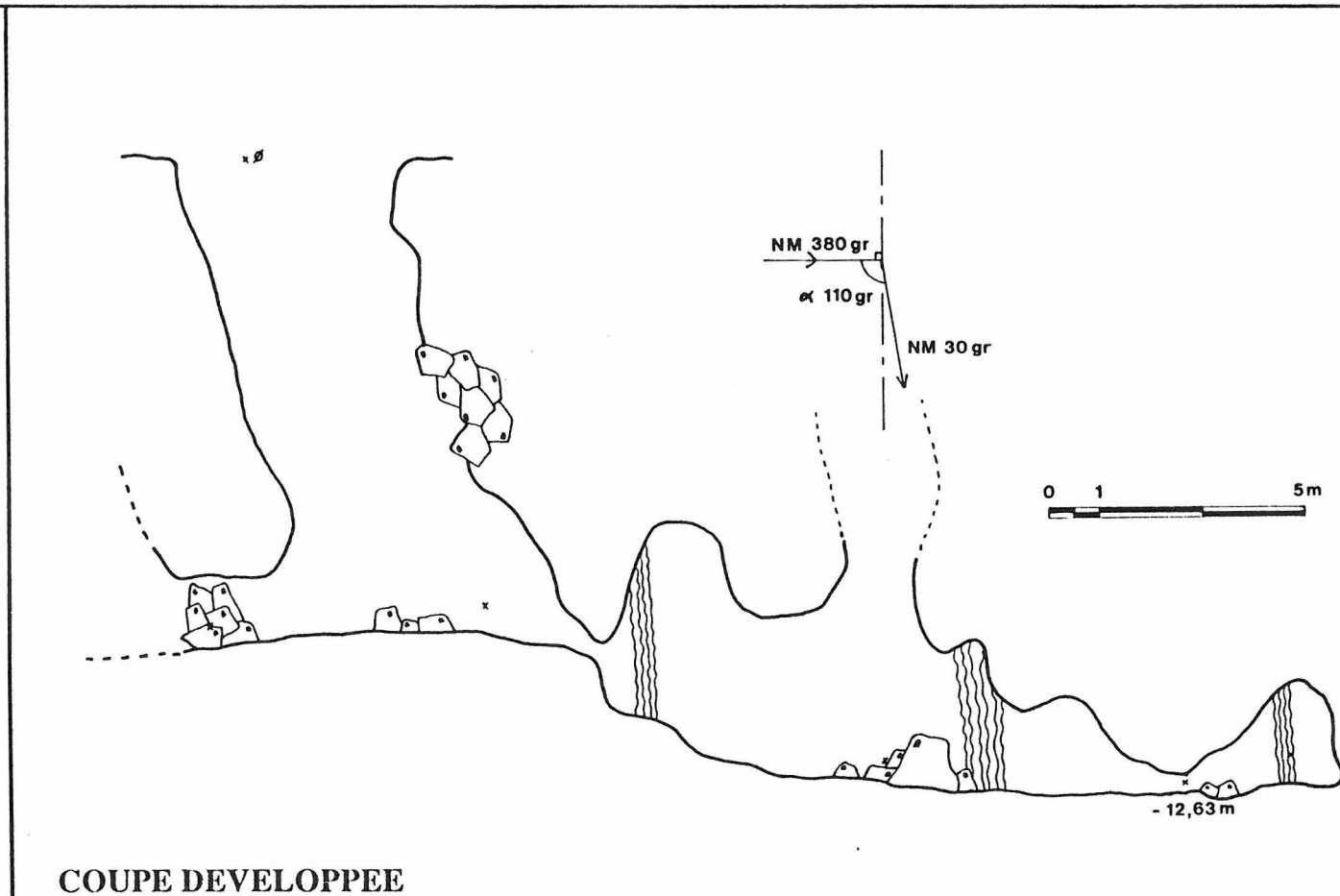
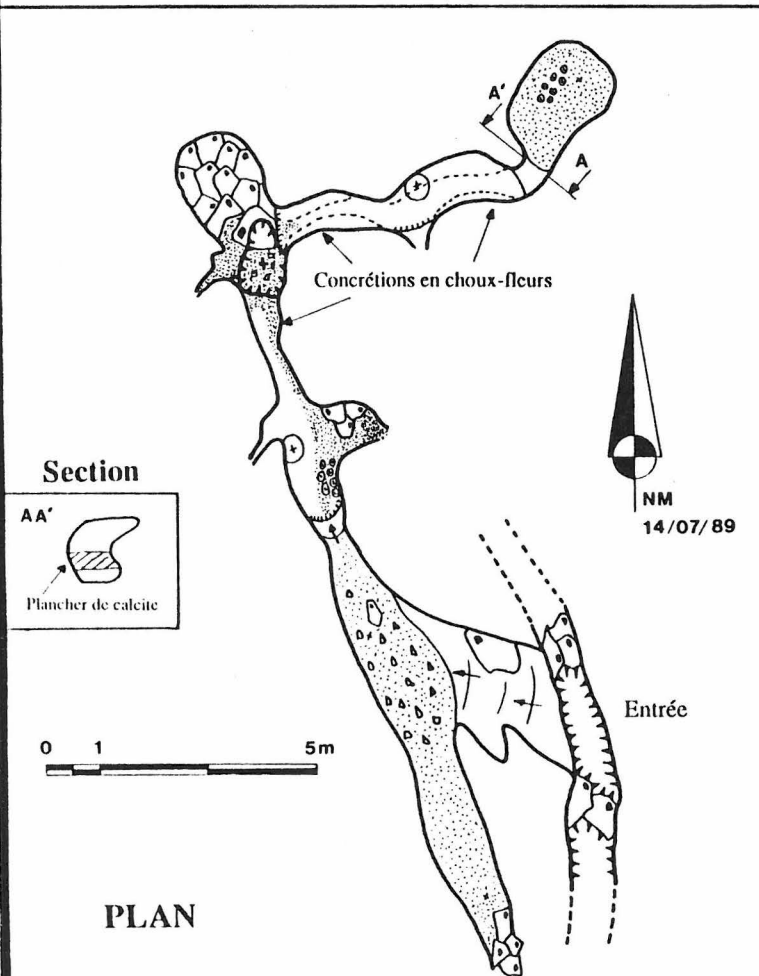
Serrote do Sansao - Sao Raimundo Nonato - Piaui - BRESIL

Report du 16/10/89

F.MAURY - L.SALAUN - L. CROCHEMORE - J.F. PANCHOUT (A.E.G.M.)

Matériel utilisé : - compas et clinomètre Suunto en grades  
- Double décimètre plastique

	Dépôts argilo-sableux		Forte pente
	Blocs effondrés		Rupture de pente
	Cailloutis anguleux		Coupole
	Racines		Puits



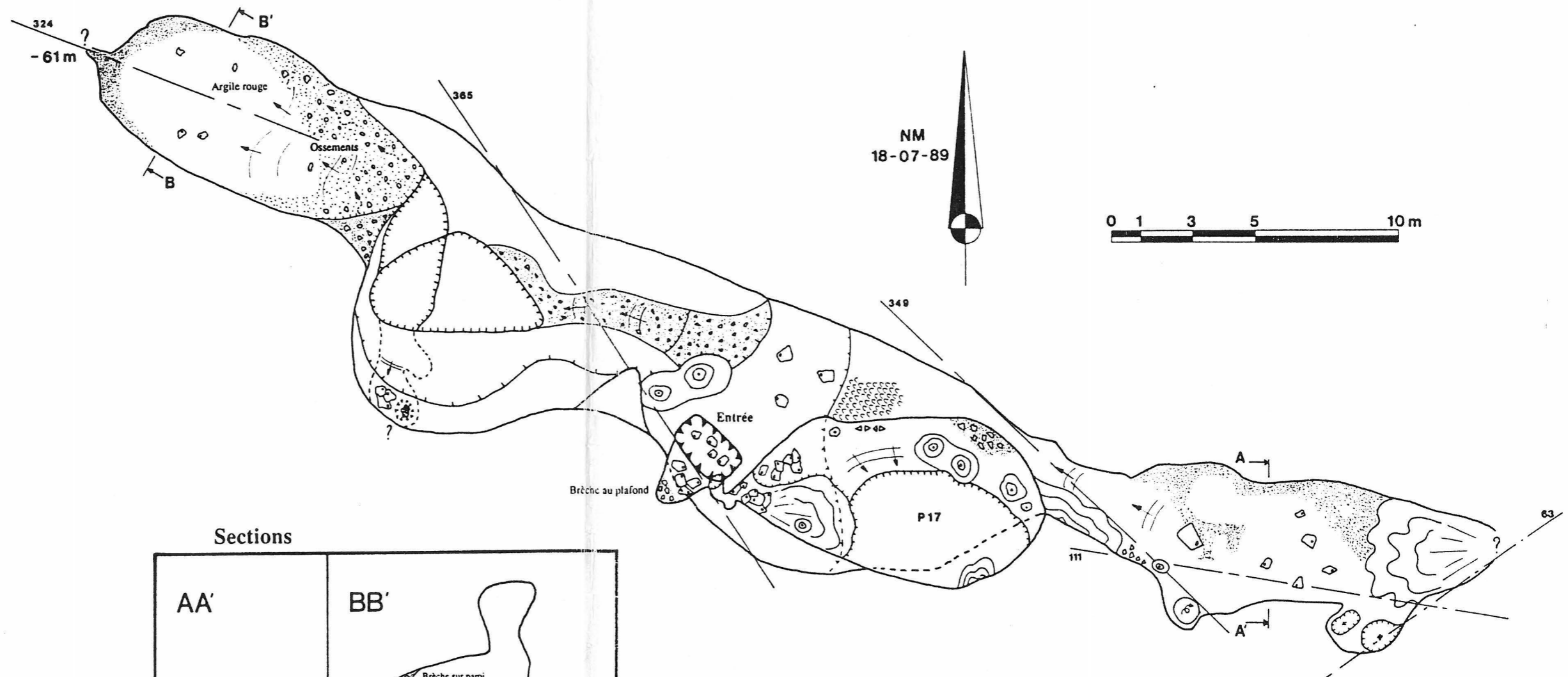
# SUMIDOURO DA GAMELEIRA

Serrote do Sansao - Sao Raimundo Nonato - Piaui - BRESIL

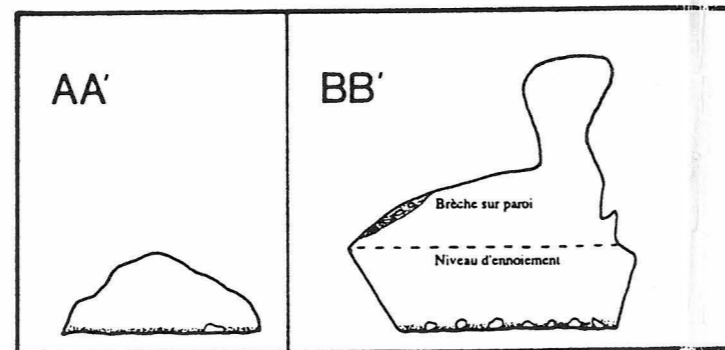
PLAN - Report du 10/10/89

F.MAURY - L.SALAUN - L. CROCHEMORE - J.F. PANCHOUT (A.E.G.M.)

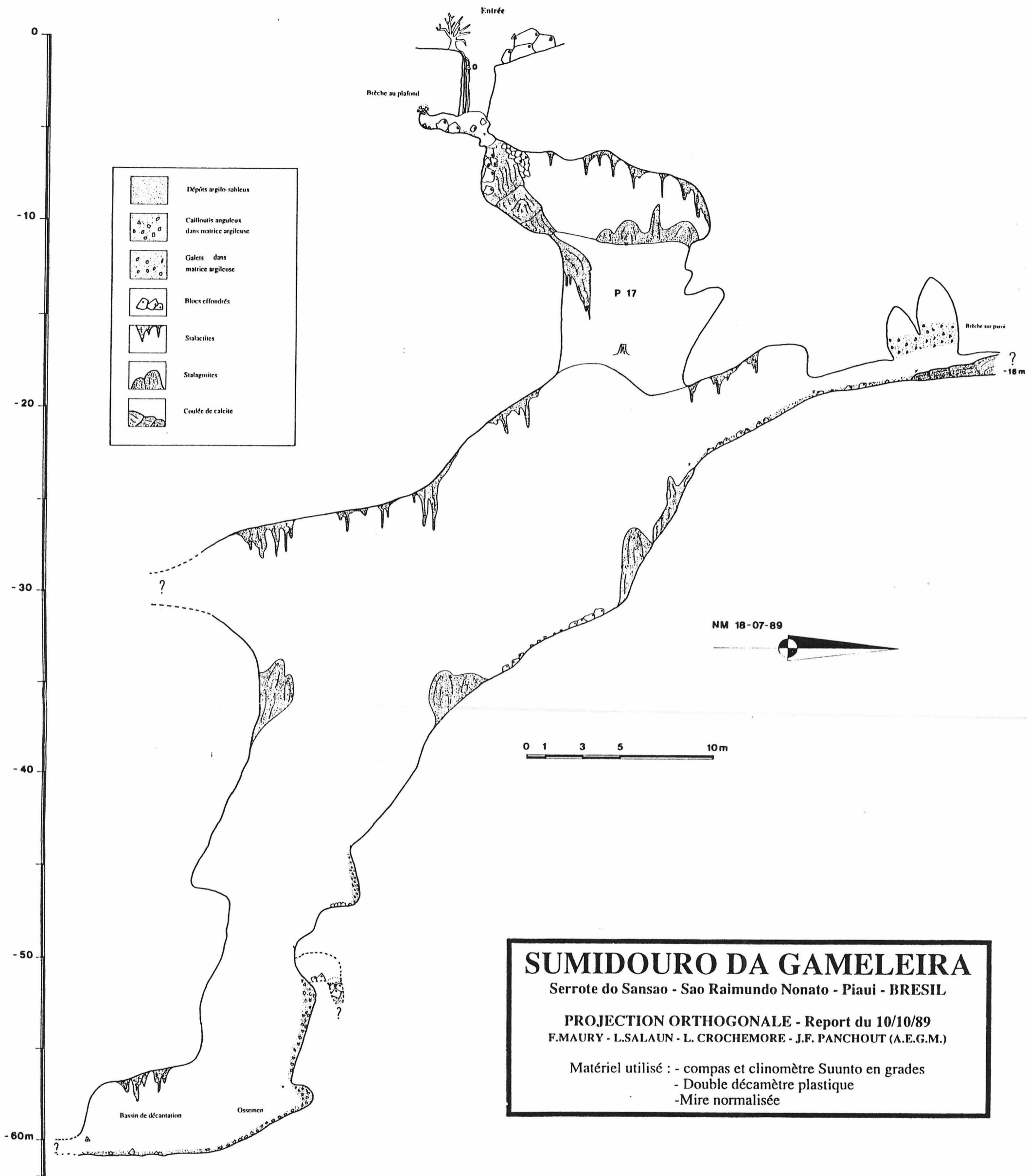
Matériel utilisé : - compas et clinomètre Suunto en grades  
- Double décimètre plastique  
-Mire normalisée



Sections



	Dépôts argilo-sableux		Puits		Stalactites
	Cailloutis anguleux dans matrice argileuse		Cheminée		Stalagmites
	Galets dans matrice argileuse		Rupture de pente		Micro-gours
	Blocs effondrés		Forte pente		Draperie
	Circulation d'eau temporaire		Marmite d'érosion		Coulée de calcite



# SUMIDOURO DA GAMELEIRA

Serrote do Sansao - Sao Raimundo Nonato - Piaui - BRESIL

PROJECTION ORTHOGONALE - Report du 10/10/89  
 F.MAURY - L.SALAUN - L. CROCHEMORE - J.F. PANCHOUT (A.E.G.M.)

Matériel utilisé : - compas et clinomètre Suunto en grades  
 - Double décimètre plastique  
 - Mire normalisée



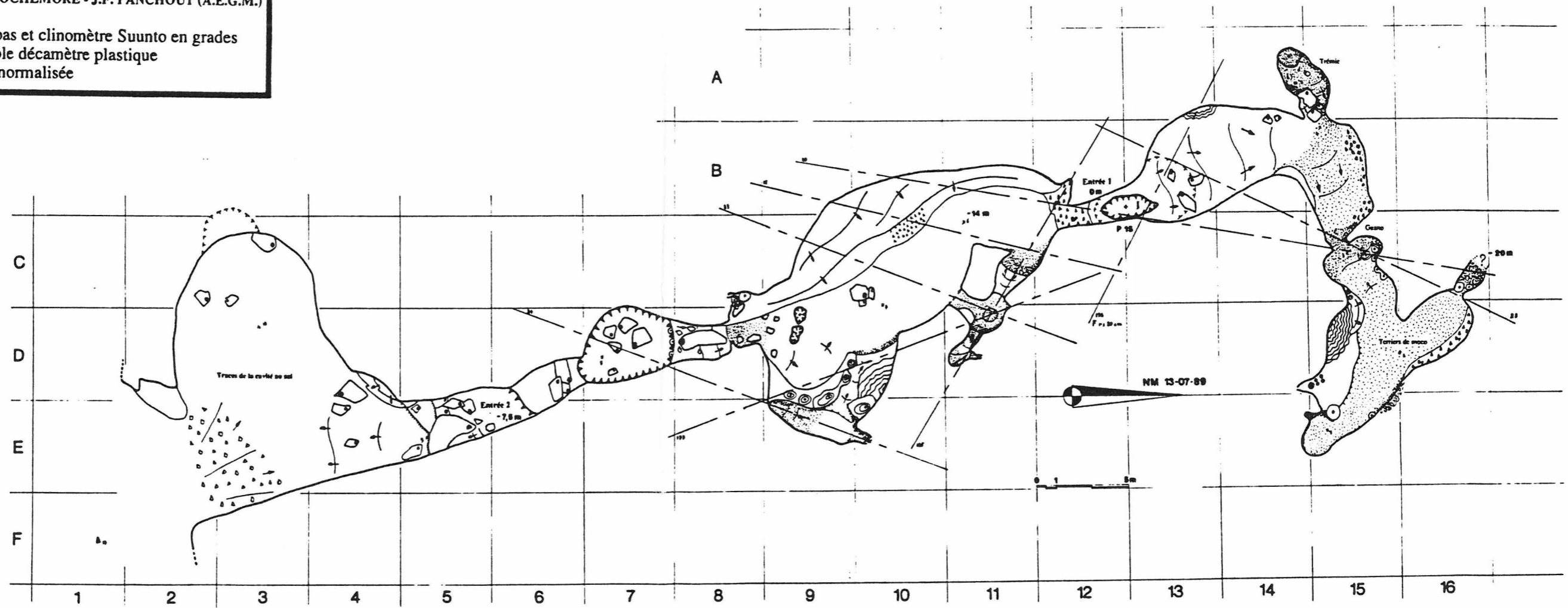
# SUMIDOURO DO RAFAEL

Serrote do Sansao - Sao Raimundo Nonato - Piaui - BRESIL

PLAN - Report du 02/08/89

F.MAURY - L.SALAUN - L. CROCHEMORE - J.F. PANCHOUT (A.E.G.M.)

Matériel utilisé : - compas et clinomètre Suunto en grades  
 - Double décimètre plastique  
 - Mire normalisée



	Dômes argilo-sablonneux		Micro-grains
	Callosités anguleuses		Fente pince
	Blocs effondrés		Rupture de pince
	Brèche au plafond		Coupole
	Stalactites		Puits
	Stalagmites		Voûte
	Couche de calcaire		

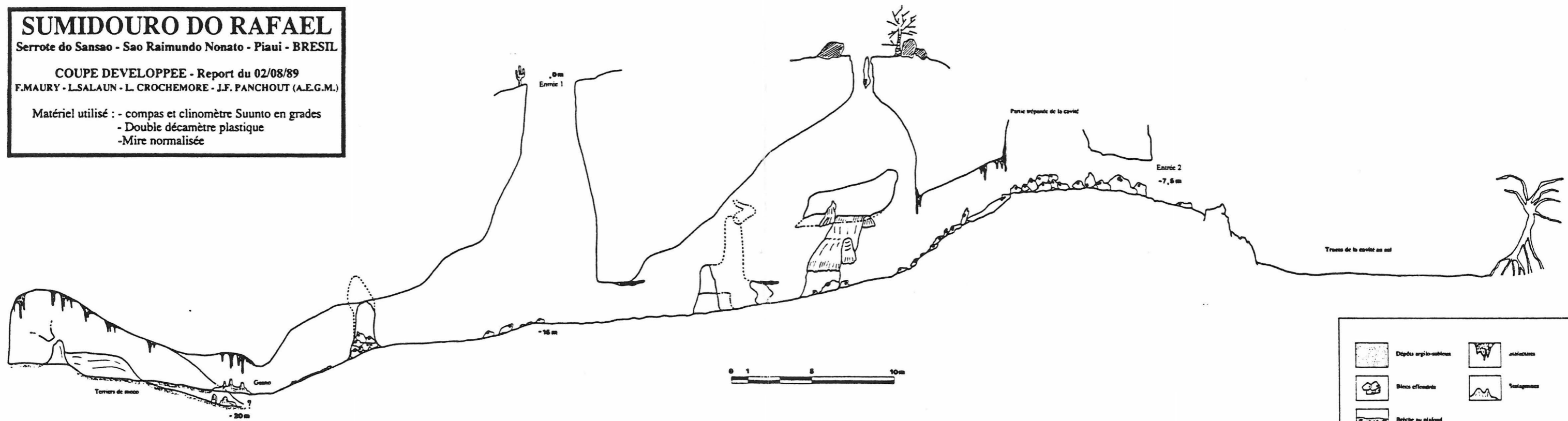
# SUMIDOURO DO RAFAEL

Serrote do Sansao - Sao Raimundo Nonato - Piaui - BRESIL

COUPE DEVELOPEE - Report du 02/08/89

F.MAURY - L.SALAUN - L. CROCHEMORE - J.F. PANCHOUT (A.E.G.M.)

Matériel utilisé : - compas et clinomètre Suunto en grades  
- Double décimètre plastique  
- Mire normalisée



# SUMIDOURO DO SANSÃO

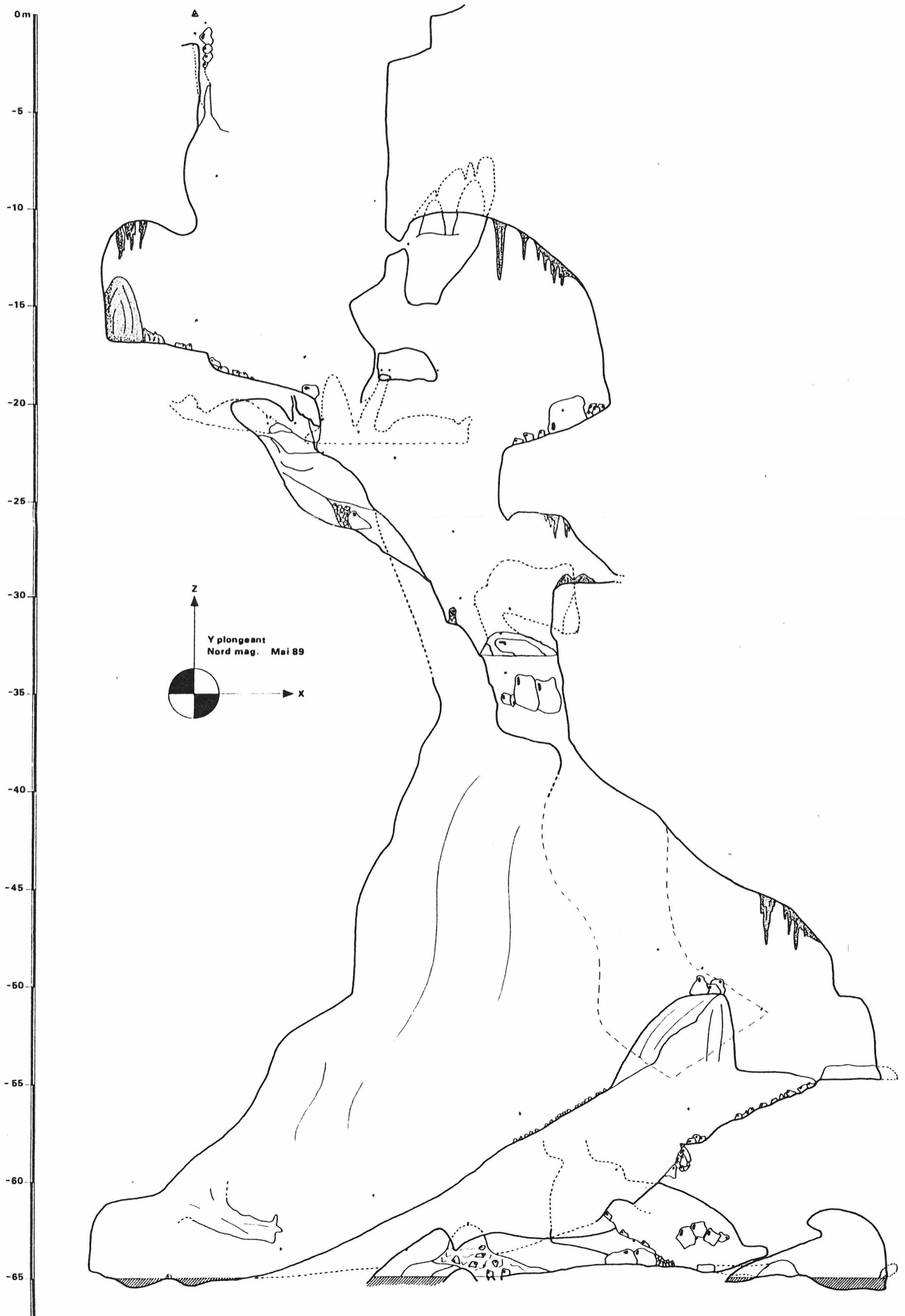
Serrote do Sansão S.R. Nonato PIAUI BRESIL

Projection orthogonale normalisée EST-OUEST

Report du 04 07 89 F. MAURY - J.F. PANCHOUT (AEGM)

Compas clino Suunto - Grades, Double décamètre

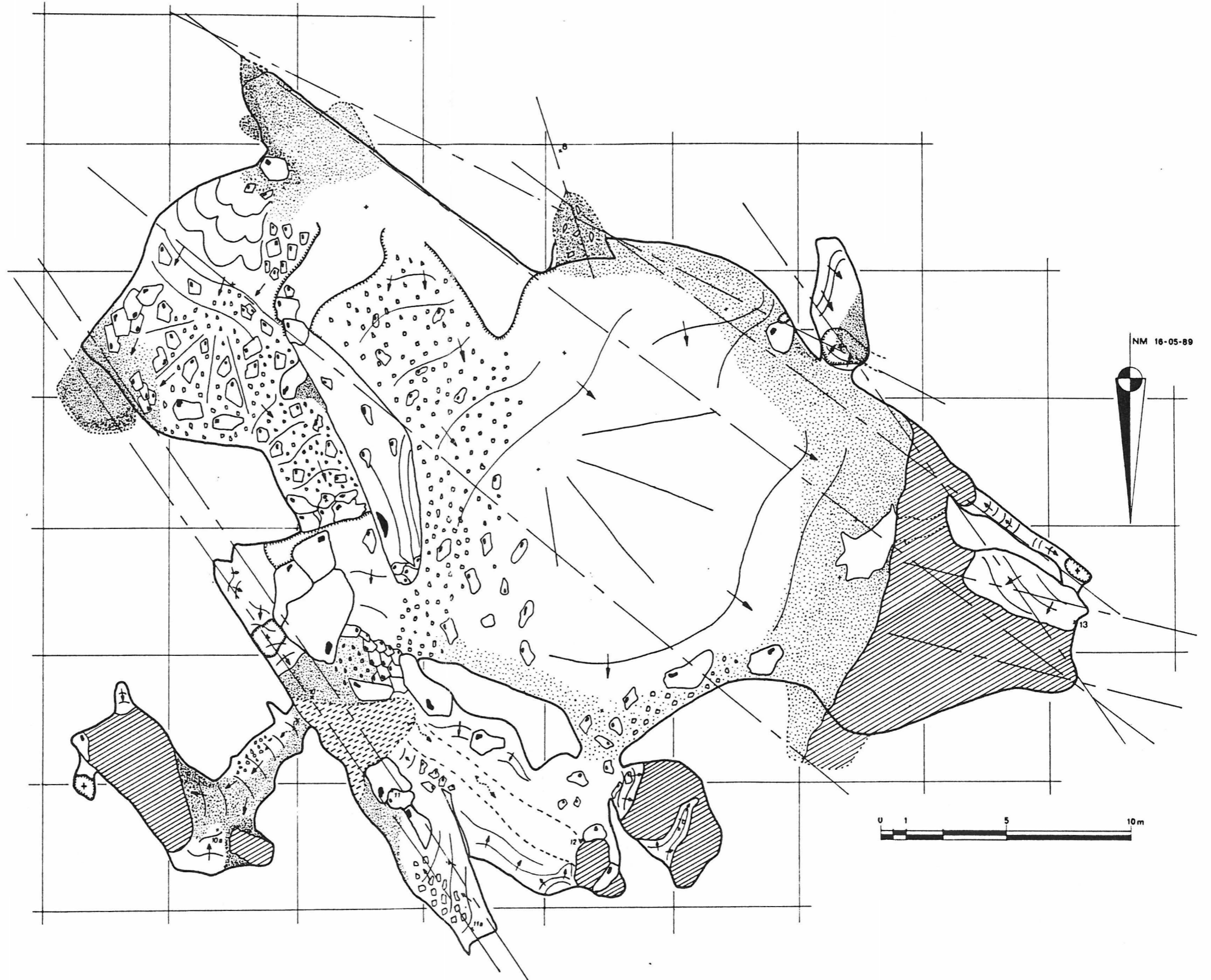
Ech. 1/100



# SUMIDOURO DO SANSÃO

SERROTE DO SANSÃO  
GRANDE SALLE DU FOND

REPORT LE 22-06-89  
COMPAS CLINO SUUNTO GRADES - DOUBLE DECA  
F - MAURY JF - PANCHOUT (AEGM)



# SUMIDOURO DO SANSÃO

(SERROTE DO SANSÃO)

NIVEAUX 1,2,3, RESEAU ESTREM

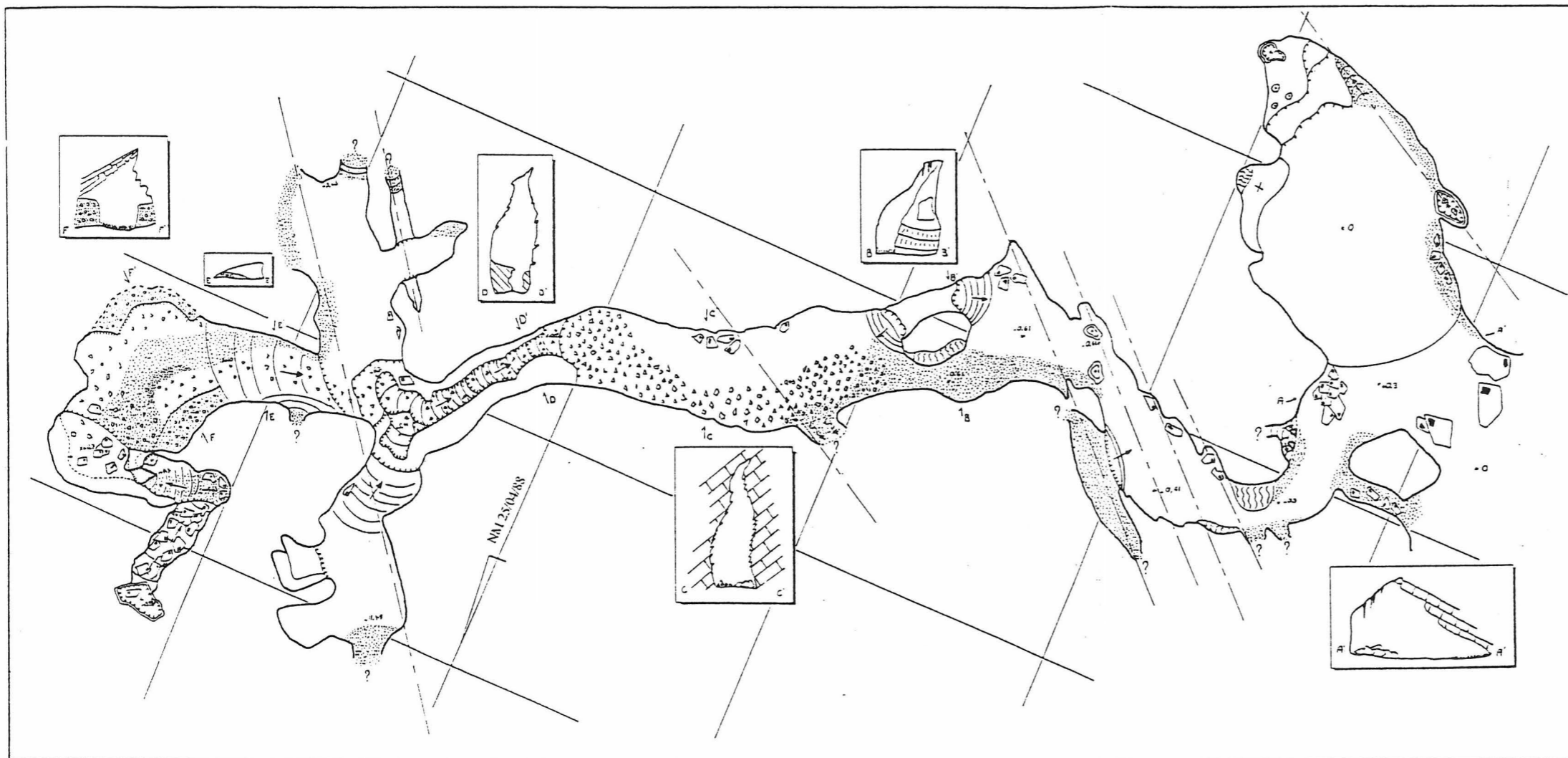
REPORT LE 27/06/89

COMPAS CLINO SUUNTO GRADES, DOUBLE DECA

F. MAURY / J.F. PANCHOUT (AEGM)

NM 09/06/89





## DE LA TOCA DE BOI

### PIAUI - BRÉSIL

29/04/88 F.MAURY J.RODET

Echelle des hauteurs

0 1 5 m

Dépôts argilo-sableux

Cailloutis anguleux et Galets de grès

Remplissage de galets de grès et cailloutis anguleux dans une matrice argilo-sableuse

Blocs effondrés

Faible pente

Forte pente

Rupture de pente < 50 cm

Echelle des longueurs

0 2 10 m

Rupture de pente > 50 cm

Cheminée

Cheminée avec accès à la surface

Stalactites

Stalagmites

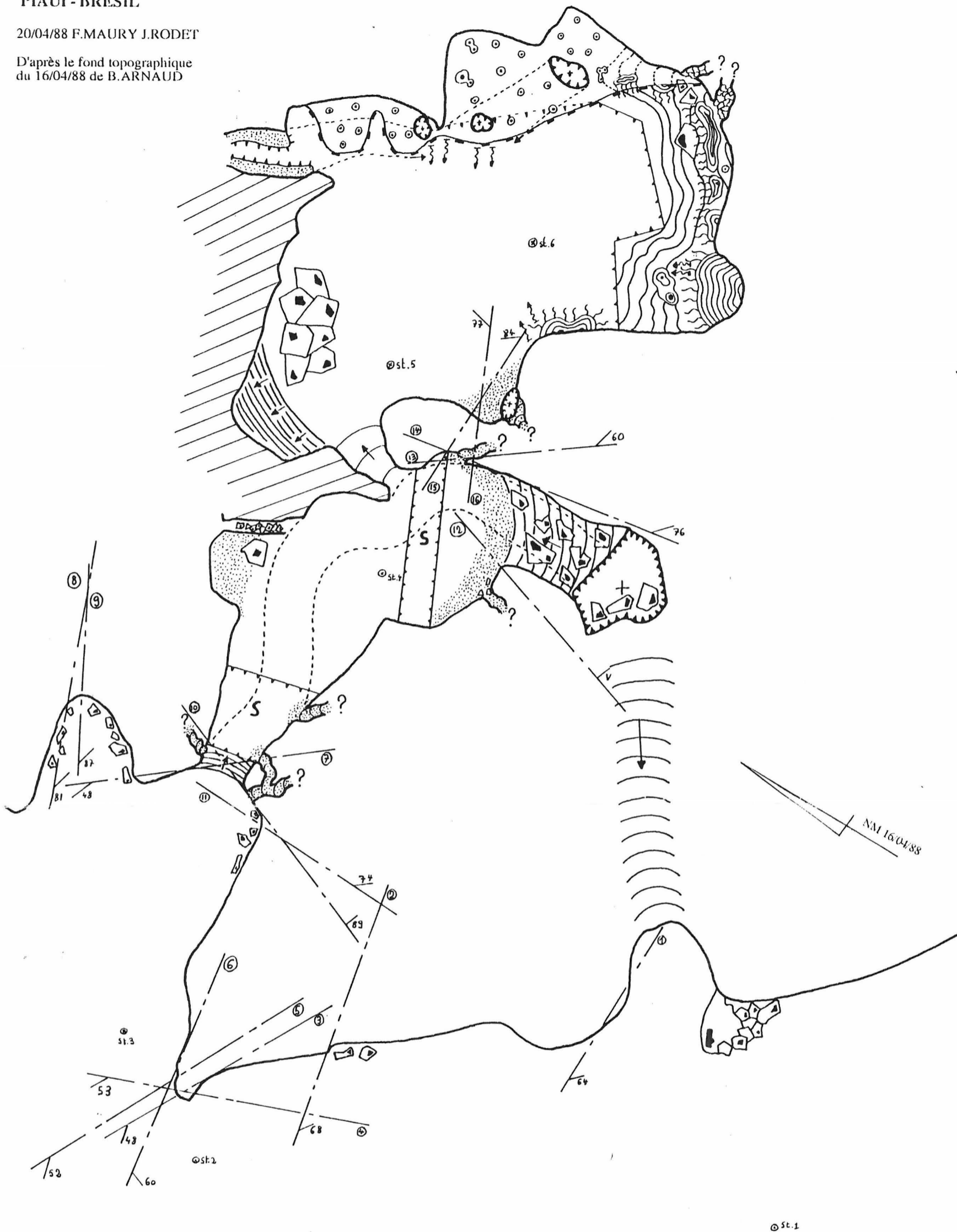
Coulée de calcite

Arrivées d'eau

TOPOGRAPHIE MORPHO-KARSTIQUE  
DE LA TOCA DE CIMA DOS PILAO  
PIAUI - BRESIL

20/04/88 F.MAURY J.RODET

D'après le fond topographique  
du 16/04/88 de B.ARNAUD



	Cheminée		Chenal de voule		Balcon calcitique		Méduse
	Forte pente		remplissage argilo-sableux		Plancher de calcite		Arrivée d'eau
	blocs d'effondrement		dépôt argilo-sableux		Stalactites		Limites de sondage archéologique
	Zone d'effondrement		Gours fossiles		Stalagmites Dôme stalagmitique		0 2 10