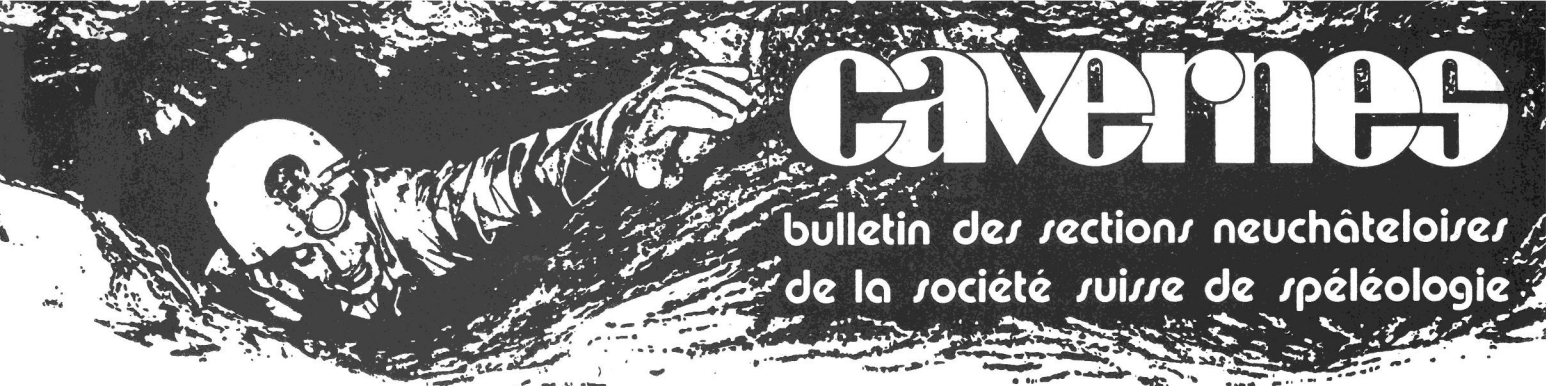


CAVIERNES

bulletin des sections neuchâtelaises de la société suisse de spéléologie

N° 1/2-1991





CAVERNES

bulletin des sections neuchâtelaises
de la société suisse de spéléologie

SCMN SVT SCVN-D TROGLOLOG

35 ème année

Sommaire

N°1 juin / 2 décembre 1991

EDITORIAL		2
SPÉLÉOLOGIE SCIENTIFIQUE		
Le radon, un nouveau champ de recherche pour les spéléologues (F. Medici et F. Bourret)		3
L'HISTOIRE OUBLIEE DES SIEBEN HENGSTE		
Ou comment fut découvert l'un des plus grands réseaux spéléologiques du monde (J.-J. Miserez)		9
SCHRATTENFLUH		
Observations tectoniques dans la région Böli-Oberschlag (D. Blant)		20
La Mendiphöhle (G 35) (Th. Bitterli)		25
LE CALCUL DES BOUCLES EN TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE	(E. Taillard)	31
MEXIQUE		
Cerro Rabon : Premiers résultats de l'expédition 1991 (P.-Y. Jeannin)		38
Kijahe Xontjoa ou La Porte Oubliée : une ouverture sur un autre monde (R. Hapka)		40
CANTON DE NEUCHATEL		
Grotte du TM 800, Tunnel routier sous La Vue-des-Alpes (P.-Y. Jeannin et R. Wenger)		45
REGION DU MUERTSCHENSTOCK		
Inventaire des cavités du lapiaz du Sivellen (F. Bourret)		49
DIVAGATIONS	(M. Borreguero)	55
BIBLIOGRAPHIE	(D. Blant)	55
ACTIVITES		
SCMN (D. Blant)		56

ABONNEMENTS ET ECHANGES

CAVERNES
Boîte postale 755
2301 La Chaux-de Fonds 1
CCP: 23 - 1809 - 4

ADMINISTRATION

Denis Blant

REDACTION ET MONTAGE

Denis Blant, François Bourret
Pierre-Yves Jeannin, avec
la collaboration de Viviane Jeannin,
Daniela Spring et Rémy Wenger

PARUTION

Semestrielle

PRIX

Abonnement Fr. 15.-
(Fr. 20.- dès le N° 1 / 92)

IMPRIMERIE

Imprimerie de la Vy, Les Verrières

PHOTO DE COUVERTURE

Grotte du Tunnel sous La Vue-des-Alpes (photo R. Wenger)

Editorial

Chère lectrice, cher lecteur,

La particularité du numéro de Cavernes que vous tenez entre vos mains, outre le fait qu'il contient de nombreux articles dignes d'intérêt, est qu'il est plus épais qu'un numéro normal. Du fait aussi que l'équipe de rédaction s'est retrouvée avec un léger retard dans la parution des derniers numéros, nous vous présentons celui-ci comme un numéro double.

En encart dans ce numéro, les abonnés non membres d'un club du canton trouveront également le traditionnel bulletin de versement pour la cotisation de l'année prochaine.

A cause de phénomènes conjoncturels qui n'épargnent personne, il nous a fallu hélas revoir le prix de l'abonnement

à la hausse dès 1992. Celui-ci passe de Fr. 15.- à Fr. 20.-.

Précisons que le prix de l'abonnement n'a pas varié depuis que l'actuelle équipe de rédaction a repris le flambeau en 1984, alors que 14 numéros de Cavernes ont été sortis durant cette période. J'en profite ici pour remercier mes «collègues» Pierre-Yves Jeannin et François Bourret pour le dévouement et l'abnégation dont ils ont fait preuve durant tout ce temps.

En espérant que cette augmentation ne vous empêche pas de continuer à faire partie de nos fidèles lecteurs, je vous présente à toutes et à tous mes amitiés et meilleurs vœux pour 1992.

Denis Blant

SPÉLÉOLOGIE SCIENTIFIQUE

Le radon, un nouveau champ de recherche pour les spéléologues.

par Fausto Medici** & François Bourret

1 INTRODUCTION

Avant tout, qu'est-ce-que le radon?

Le radon (Rn) est un gaz noble radioactif* qui ne possède aucun isotope stable.

Parmi les isotopes* du radon, celui dont la demi-vie est la plus longue est le ^{222}Rn avec 3.823 jours.

La demi-vie est le temps qu'il faut à une substance radioactive pour perdre la moitié de sa radioactivité de départ. L'isotope du Rn qui a la deuxième plus longue demi-vie est ensuite le ^{220}Rn (55 secondes). Comme on peut le constater, seul le ^{222}Rn vit assez longtemps pour être transporté dans le milieu ambiant et avoir des conséquences sur la santé humaine. Toutes nos recherches ont donc exclusivement porté sur le ^{222}Rn (pour les unités de mesures utilisées, prière de se rapporter à la figure 1). En phase gazeuse, c'est-à-dire à des conditions normales, le Rn est incolore et inodore. Il ne peut donc pas être perçu par nos sens.

Malgré sa courte demi-vie, le ^{222}Rn est présent presque partout car il est constamment produit par d'autres particules radioactives. En fait, c'est un produit intermédiaire de la famille de désintégration de l'uranium 238 (voir figure 2). Etant donné que toutes les roches et les terrains contiennent – parfois en quantités minimales – de l'uranium 238 et du radium 226 (particules mères du ^{222}Rn) la présence du ^{222}Rn n'est pas limitée à des milieux particuliers ou exotiques. Le radon est un gaz noble, qui ne réagit donc pas chimiquement. Il a par conséquent tendance à s'éloigner du lieu de sa production agissant ainsi comme un traceur radioactif naturel particulièrement intéressant. Malheureusement, dans les endroits où le renouvellement de l'air est relativement lent, comme par exemple dans les maisons ou les cavernes, il peut s'accumuler et atteindre des concentrations élevées.

Ce fait peut avoir des conséquences sur la santé des personnes qui passent des périodes prolongées dans ces endroits. En fait, les produits de désintégration du radon se lient aux aérosols de l'air qui sont alors respirés et se

Unité SI	Quantité	Signification	Ancienne unité	Conversion ancienne -> nouvelle unité
Bq (Becquerel)	Activité	1 Bq = 1 Désintégration par seconde	Ci (Curie)	x 3.7×10^{10}
Bq / m ³	Activité dans les gaz	Bq / m ³ = Désintégration par seconde et par mètre cube	pCi / l	x 37
Bq / l	Activité dans les liquides	Bq / l = Désintégration par seconde et par litre	pCi / l	x 37 / 1000
Bq / kg	Activité dans la matière solide	Bq / kg = Désintégration par seconde et par kilogramme	pCi / g ou ppm	-

Figure 1 : Unités

* Voir le lexique, à la fin de l'article

** Institut für Geophysik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Nuclid	Type de désintégration	Demi-vie
²³⁸ U	α	4.468 x 10 ⁹ années
²³⁴ Th	β ⁻	24.1 jours
^{238m} Pa	β ⁻	1.17 minutes
²³⁴ U	α	2.45 x 10 ⁵ années
²³⁰ Th	α	7.54 x 10 ⁴ années
²²⁶ Ra	α	1602 années
²²² Rn	α	3.825 jours
²¹⁸ Po	α	3.05 minutes
²¹⁴ Pb	β ⁻	26.8 minutes
²¹⁴ Bi	β ⁻	19.9 minutes
²¹⁴ Po	α	1.64 x 10 ⁻⁴ secondes
²¹⁰ Pb	β ⁻	22.3 années
²¹⁰ Bi	β ⁻	5.013 jours
²¹⁰ Po	α	138.38 jours
²⁰⁶ Pb	stable	-

Figure 2 : Famille radioactive de l'Uranium²³⁸

déposent dans les poumons en continuant à se décomposer. Les particules alpha qui sont émises peuvent provoquer des mutations dans les gènes des cellules pulmonaires. Des études réalisées sur les ouvriers de mines d'uranium et de substances similaires ont démontré que, l'incidence des tumeurs pulmonaires est accrue par rapport au reste de la population. Ces derniers ont toutefois travaillé pendant des années en milieu insalubre et à des concentrations élevées de radon. L'incidence des tumeurs pulmonaires dues au radon, dans la population en général peut uniquement être calculée à l'aide de modèles statistiques. Elle se situe au niveau des fluctuations dues au hasard. Nous n'avons pas l'intention d'épouvanter les spéléologues, même si nos mesures ont démontré que dans certaines grottes, les concentrations de radon sont très élevées. Toutefois trop de facteurs sont encore mal connus et le milieu cavernicole est en soi très particulier. Nous ne conseillons cependant pas de séjourner des semaines durant dans des cavités qui présentent un taux élevé de radon, même si nous pensons qu'après ce laps de temps d'autres raisons pourraient pousser les spéléologues à sortir d'une grotte. Il nous semble toutefois que les risques qui sont normalement courus au cours d'une exploration souterraine sont certainement du même ordre de grandeur sinon bien plus grands que ceux dus à l'exposition au radon.

Pour ceux qui s'intéressent à faire d'autres lectures sur les caractéristiques et les conséquences du radon sur la santé, nous pouvons conseiller WEIGEL 1978, NAZAROFF & NERO 1988, JAKOBI 1989 ET ICRP 50.

2 POURQUOI CES RECHERCHES

Comme nous l'avons vu, le radon peut avoir des effets nocifs sur la santé. L'organe étatique qui s'occupe du bien-

être de la santé des citoyens est l'Office de la santé publique à Berne. En 1978, ce dernier a instauré un programme de recherche intitulé RAPROS (Radon Programm Schweiz), qui jusqu'à fin 1991, s'occupe d'étudier les différents aspects de la problématique liée au radon.

Déjà dans le passé, on avait mesuré des concentrations élevées de radon dans certaines habitations du Jura. Pourtant, les roches calcaires qui constituent la majeure partie du sous-sol jurassien ont une teneur peu élevée en radium (10-20 Bq/kg) et sont, par conséquent, de faibles générateurs de radon. Ces faits semblent être contradictoires. A l'époque, on pensait que l'industrie horlogère était responsable de cet état de choses, puisque par le passé, des solutions contenant du radium avaient été utilisées pour la fabrication des chiffres et des cadrans lumineux. Ainsi, ces solutions utilisées dans de nombreux ateliers familiaux, auraient pu contaminer un bon nombre d'habitations. Au cours de ces dernières années, la situation a évolué de telle sorte qu'aujourd'hui, on est en mesure d'affirmer que la majeure partie des concentrations anormales mesurées à l'intérieur des habitations sont dues à des causes naturelles. Au début du programme RAPROS, on émettait déjà l'idée selon laquelle la karstification pouvait influencer les concentrations de radon observées dans les locaux habités. En fait, si dans un système karstique l'air présente un taux élevé en radon, il est possible qu'en certaines circonstances, il s'infiltré dans les habitations et s'y accumule (voir figure 3). Il a été prouvé de manière spectaculaire au Gouffre des Cheminots à la Chaux-de-Fonds que tout cela n'est pas que de la pure spéculation (voir SURBECK et PILLER 1989). Il faut en outre se rappeler que dans le Jura les maisons sont pour la plupart construites sur la roche nue, sans fondations en ciment. Les petites fissures et canaux présents dans les roches peuvent être en communication avec un système karstique et permettre ainsi à de l'air chargé en radon de pénétrer dans la maison.

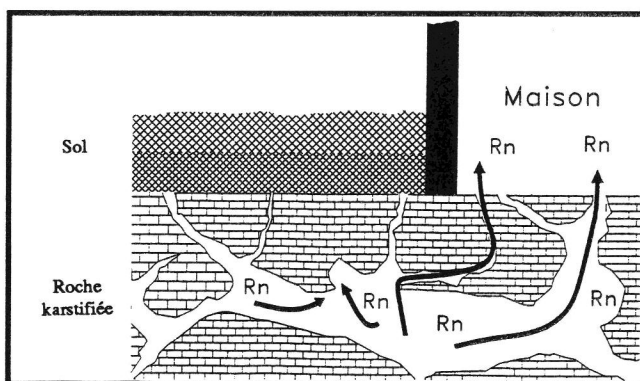


Figure 3 : Possibilité mécanique d'entrée du Radon dans une habitation.

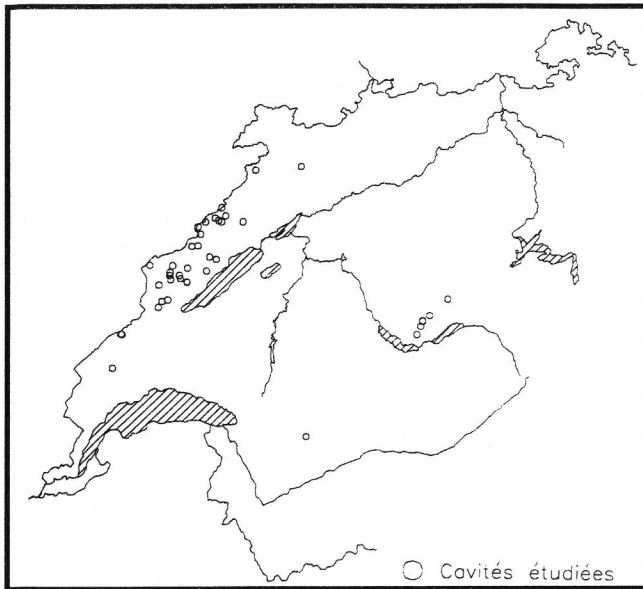


Figure 4 : Situation géographique des cavités étudiées.

Nous voulons épargner au lecteur une explication détaillée des techniques et des appareils de mesure. On peut trouver des informations à ce sujet dans MEDICI 1992.

3 RÉSULTATS

Au total, nous avons étudié une quarantaine de grottes en Suisse, dont la plupart sont situées dans le Jura (voir figure 4). Nos mesures ont fait ressortir des concentrations appréciables de radon (par comparaison, nous souhaitons rappeler que la concentration moyenne de radon dans les habitations en Suisse se situe aux environs de 70-80 Bq/m³). Les concentrations les plus faibles étaient plus basses que la sensibilité des appareils utilisés (100 Bq/m³) alors que les concentrations les plus fortes atteignaient les 35 000 Bq/m³ (Gouffre du Centre Espérantiste ou gouffre des Cheminots, La Chaux-de-Fonds, voir CAVERNES N° 2/1988, p.14). La figure 5 illustre la répartition des concentrations dans les cavités étudiées. Aucune forme de répartition statistique n'a pu être mise en évidence, ce qui

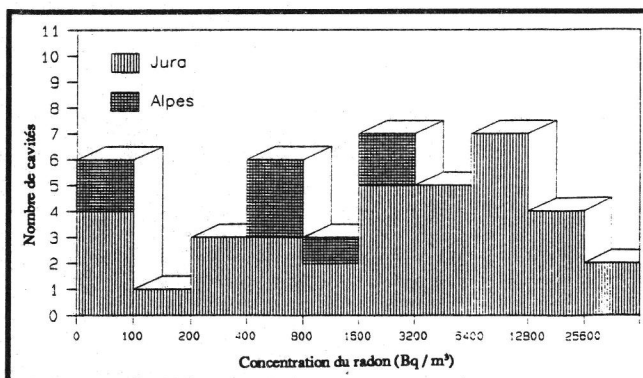


Figure 5 : Distribution de la concentration du Rn dans les cavités étudiées. Pour chaque grotte, seule la valeur la plus élevée a été prise en considération

est non seulement dû au nombre limité de mesures, mais aussi au fait que les mécanismes qui causent des accumulations de radon sont complexes et varient probablement dans le temps. De plus, les conditions locales (géométrie de la cavité, circulation d'air et d'eau, etc.) jouent un rôle déterminant. Les trois quarts des grottes visitées présentaient un niveau de radon inférieur à 4000 Bq/m³.

Parlons maintenant des sources de radon qui peuvent entrer en considération dans une grotte. La première est constituée par les roches calcaires, la deuxième par les sédiments présents dans la grotte et la troisième par l'eau du karst. Comme on l'a déjà mentionné, les roches calcaires sont de faibles générateurs de radon. Les énormes différences de concentration de radon observées entre une grotte et l'autre nous poussent pratiquement à éliminer les roches calcaires comme source principale. Les sédiments, qui contiennent davantage de radium que les roches, sont dans ce sens de meilleurs candidats. En défaveur de cette hypothèse, on

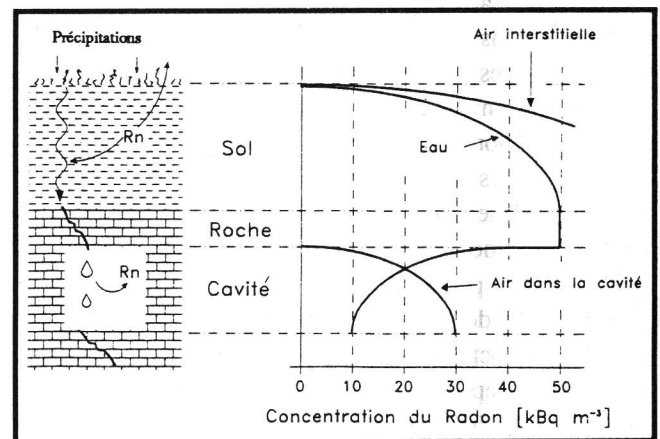


Figure 6 : Modèle du mécanisme de circulation du Rn dans l'eau et dégazement consécutif de cette même eau dans une cavité.

peut avancer que nous avons observé des taux très élevés de radon dans des grottes complètement dépourvues de sédiments. En outre, des analyses de sédiments par spectrométrie gamma mettent en évidence un apport important de radon externe au sédiment. Sur la base de quelques mesures de Rn dans l'eau et des considérations que nous venons de faire, nous pensons pouvoir proposer un modèle de circulation du Rn dans les grottes (voir figure 6). Dans ce modèle, on peut distinguer deux phases principales :

- l'accumulation de Rn dans l'eau qui s'infiltré dans le terrain
- le dégazement de cette eau dans les systèmes karstiques.

Ce modèle est décrit en détail dans SURBECK et MEDICI 1990. Quelques remarques doivent être faites sur ce point. Ce n'est que récemment que l'on s'est aperçu que certaines

zones du Jura présentaient dans leur sol des concentrations de radium plus élevées que supposé (jusqu'à 800 Bq/kg, par rapport à environ 40 Bq/kg en plaine). Les sols du Jura sont donc de grands producteurs de Rn. Par «sols», nous entendons les dépôts de matériaux non consolidés recouvrant les calcaires, comme les alluvions, les moraines, etc.

Nous allons maintenant prendre en considération des exemples qui nous semblent intéressants même si certains cas ne concordent pas avec le modèle proposé.

GROTTE DU GRAND FONTANNET DE LA MOTHE (VD)

Il s'agit d'une cavité essentiellement horizontale, constituée d'une unique galerie d'une longueur d'environ 90 m. Cette dernière étant une résurgence temporaire, elle se caractérise par une absence quasi totale de sédiments. Les concentrations mesurées sont illustrées dans le schéma ci-après. Les deux mesures ont été effectuées pratiquement au même point, au fond de la grotte.

Grand Fontannet de Vugelles la Mothe	Concentration du radon dans l'air [Bq / m ³]	Date de la mesure
	11400	28.08.1989
	12400	12.08.1990

Ces concentrations sont assez impressionnantes si l'on tient compte du fait qu'il s'agit d'une cavité de dimensions modestes et comportant une importante ouverture sur l'extérieur, facilitant l'échange d'air chargé de Rn avec l'air extérieur pauvre en Rn. L'unique explication raisonnable se base sur l'hypothèse que l'eau karstique qui se trouve quelques mètres en dessous du niveau de la grotte, est chargée en Rn et qu'elle se dégaze dans la cavité. On peut faire le même raisonnement pour la grotte soeur, le Petit Fontannet de la Mothe, qui présente pratiquement les mêmes caractéristiques physiques et un taux aussi élevé en Rn (15800 Bq/m³).

TOUKI TROU (JU)

Cette cavité est de plus grandes dimensions que celle décrite précédemment, surtout en ce qui concerne son développement vertical. Un petit ruisseau coule occasionnellement à partir de -40 m (ce n'était pas le cas pendant notre visite). Les salles qui se trouvent au fond de la grotte sont en communication avec les parties situées à proximité de l'entrée par des passages relativement étroits. Cela laisse supposer que ces dernières sont peu influencées par l'air extérieur. Cela ressort d'ailleurs clairement des valeurs enregistrées. Au point a), la concentration est nettement inférieure aux autres points.

Point de mesure (voir fig. 7)	Profondeur [m]	Date de la mesure	Concentration du radon dans l'air [Bq/m ³]
a)	-17	14.11.1989	200
b)	-44	14.11.1989	550
c)	-58	14.11.1989	650
d)	-66	14.11.1989	550

COVATANNAZ (VD)

Dans les gorges de Covatannaz se trouve un système karstique très complexe, comportant plusieurs grottes. Ces dernières se développent principalement sur un plan horizontal ou subhorizontal. C'est dans cette zone que nous avons fait des mesures, dans la grotte de la Grande Poule et dans celle des Lacs. Le premier schéma illustre les mesures effectuées dans ces deux grottes. Rappelons toutefois que dans la plupart des cas, la concentration de Rn obtenue est celle du moment où le prélèvement a été effectué.

Point de mesure (voir fig. 8)	Profondeur [m]	Date de la mesure	Concentration du radon dans l'air [Bq/m ³]
Grande Poule a)	-18	29.08.1989	7100
b)	-35	29.08.1989	6300
d)	-0	29.08.1989	7400
Gr. des Lacs f)	-2	29.08.1989	4000
g)	-2	29.08.1989	4000

Les différences entre les deux grottes sont significatives. Dans la grotte des Lacs, la concentration de Rn est moins élevée que dans la grotte de la Grande Poule où la présence d'un torrent souterrain pourrait expliquer les apports de radon dans l'air.

Le schéma suivant illustre des mesures effectuées avec des dosimètres qui ont été laissés environ trois mois dans ces grottes. Les résultats obtenus sont une moyenne de la concentration de radon au cours de la période de mesure. Ici aussi, nous voyons que les concentrations obtenues dans la grotte des Lacs sont sensiblement moins élevées que celles de la Grande Poule.

Point de mesure (voir fig. 8)	Profondeur [m]	Période de la mesure	Concentration du radon dans l'air [Bq/m ³]
Grande Poule a)	-18	du	4800
c)	-7	29.08.1989	4000
d)	-0		4100
Gr. des Lacs f)	-2	au	1900
g)	-2	26.11.1989	3400

GROTTE DU GRAND BOCHAT (NE)

Pour terminer, voici un cas qu'il nous est très difficile d'expliquer. La grotte, plutôt verticale, s'ouvre dans le sol

Figure 7

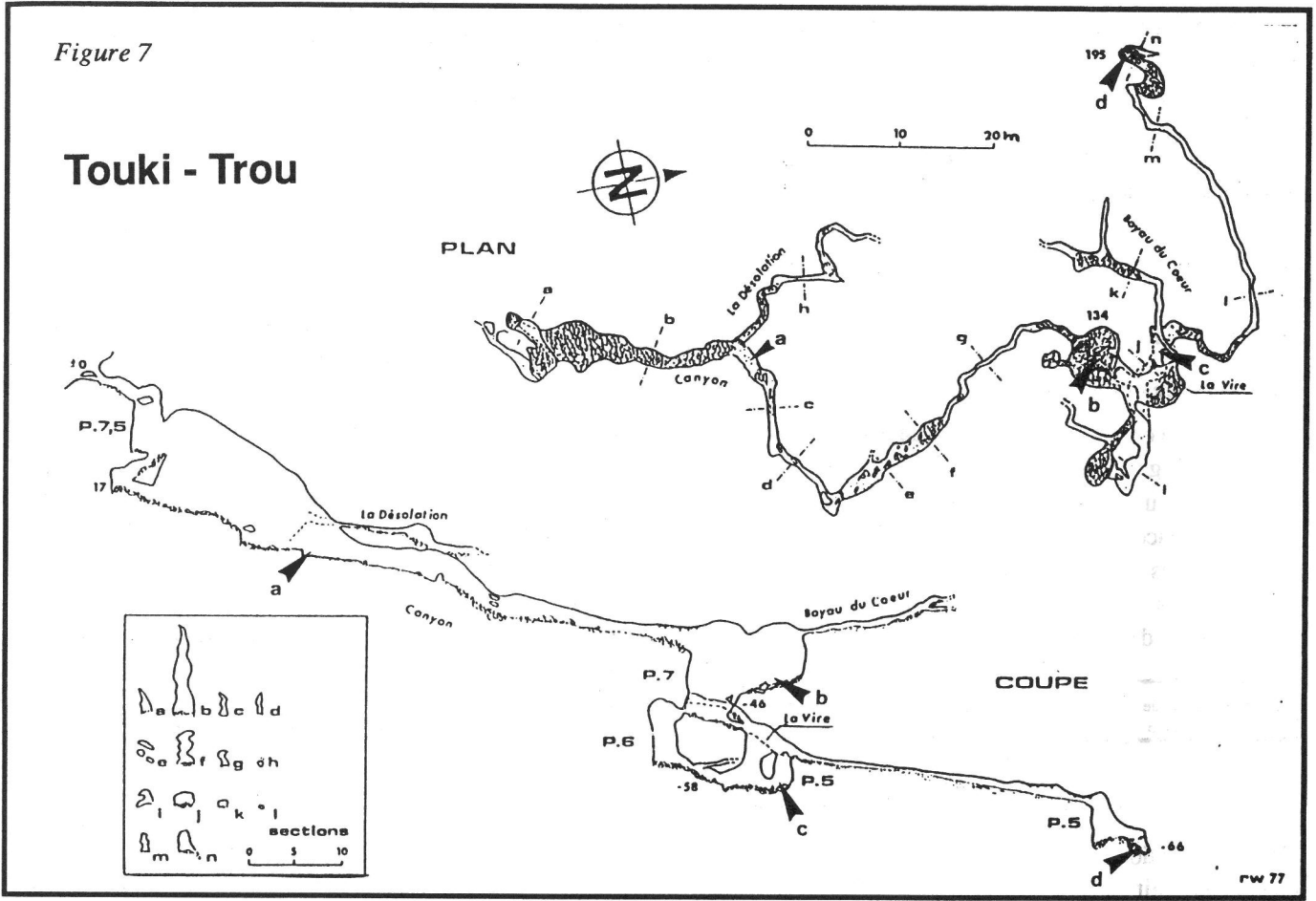
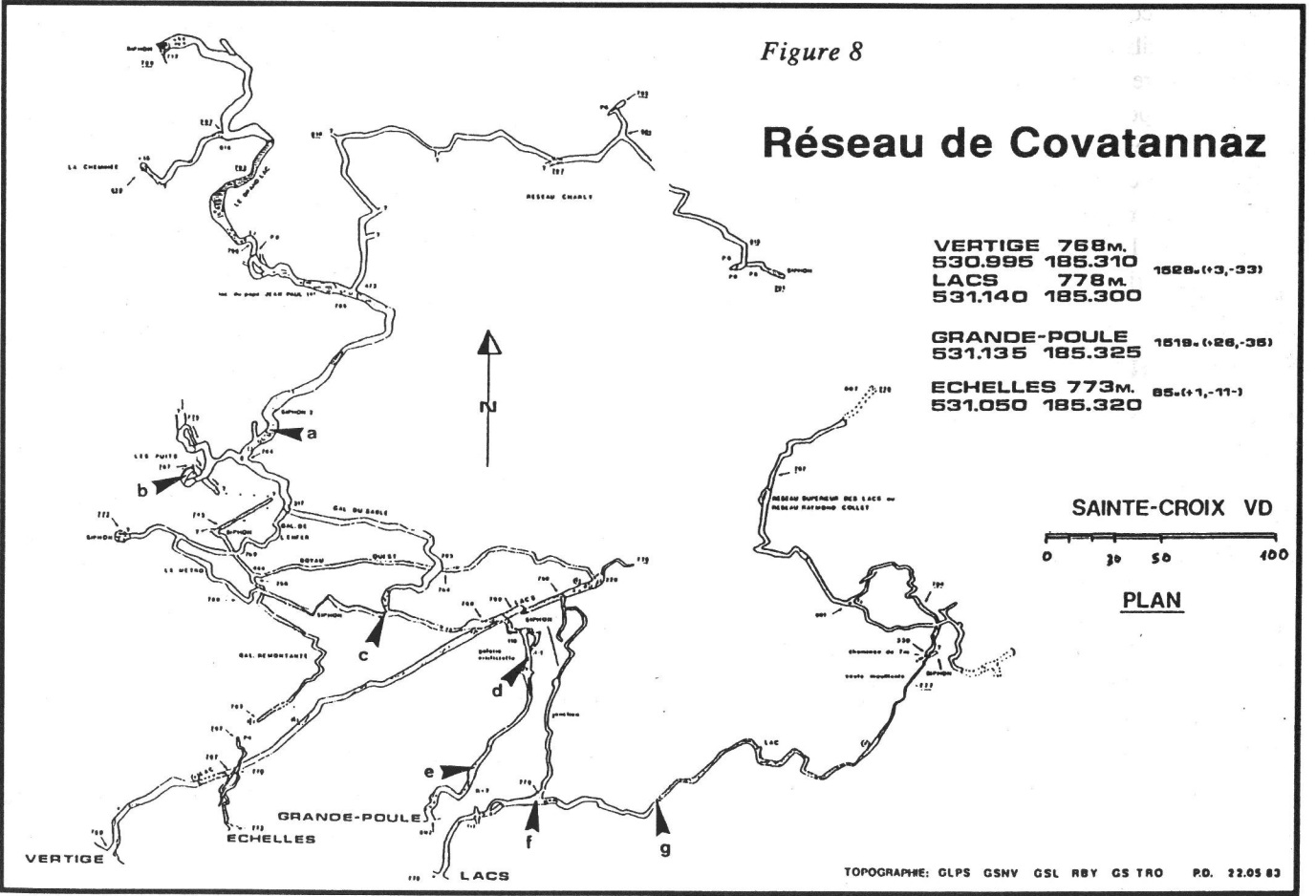


Figure 8

Réseau de Covatannaz



d'une forêt. Elle est de dimensions modestes (développement 75 m, profondeur 25 m). A part quelques gouttes d'eau qui coulent du plafond, on n'y remarque aucune activité hydrologique.

L'entrée est relativement large, ce qui laisse supposer un échange d'air facile entre l'air intérieur et l'air extérieur. Malgré tous ces facteurs, c'est dans cette grotte que nous avons mesuré une des concentrations les plus élevées de Rn.

Grotte du Grand Bochat	Concentration du radon dans l'air [Bq / m ³]	Date de la mesure
	17900	17.08.1990
	18400	12.10.1990

4 CONCLUSIONS

Nos études permettent d'affirmer qu'une bonne partie du karst jurassien constitue un réservoir de radon pratiquement inépuisable. La répartition géographique des cavités et les quantités de Rn concernées permettent de dire que ce dernier est d'origine naturelle et qu'on peut généralement exclure toute contamination éventuelle provoquée par l'homme. Les taux de Rn mesurés sont comparables à ceux mesurés dans d'autres systèmes karstiques situés hors de Suisse. Les teneurs les plus élevées mesurées en Suisse ne sont toutefois que rarement dépassées à l'étranger. Nos études du radon sont les premières réalisées en Suisse et par conséquent, ce sont aussi les premières considérations que l'on peut faire à ce sujet. Toutefois, il est certain que nous n'avons fait qu'effleurer une problématique qui n'est pas seulement d'intérêt scientifique. Nous espérons qu'à l'avenir, il sera possible de faire des recherches dans ce sens pour approfondir les quelques connaissances acquises ces dernières années. La compréhension des mécanismes qui déterminent l'accumulation et le transport de Rn n'est pas seulement une question de curiosité scientifique, mais concernent également la santé publique. Les recherches sur le Rn impliquent une interdisciplinarité et peuvent, par exemple, contribuer à améliorer la compréhension des phénomènes karstiques. De nouvelles mesures devraient permettre de confirmer, d'affiner ou de rejeter le modèle proposé. Pour la compréhension du mécanisme proposé, il est important d'avoir une vision du problème aussi large que possible; il faut tenir compte de tout, même des facteurs qui ne semblent pas déterminants. La compréhension des processus ambiants est complexe et sans une approche globale et interdisciplinaire, les recherches sont destinées à échouer, ou alors, les solutions formulées seront restrictives et applicables qu'à des cas particuliers.

L'ensemble de ces données fera partie d'une publication

plus complète sur ces recherches, qui devrait paraître dans quelques mois.

5 REMERCIEMENTS

Nous remercions ici les personnes et les groupes suivants pour l'aide scientifique apportée et les appareils qui ont été mis à notre disposition:

Groupe spéléo Troglolog (NE), Prof. Dr. L. Rybach (Polytechnique de Zürich), Dr. H. Surbeck (SUEr, Fribourg), Dr. G. Piller (SUEr, Fribourg), Carmen Popescu.

6 LEXIQUE

Radioactif : Se dit d'un atome qui se désintègre spontanément en émettant des radiations (alpha, bêta ou gamma).

Isotope : Les isotopes d'un élément ont tous le même nombre de protons et d'électrons (même numéro atomique), mais un nombre variable de neutrons (masses atomiques différentes). Les caractéristiques chimiques de tous les isotopes d'un élément sont identiques. Les isotopes stables ne sont pas radioactifs, les instables le sont.

7 BIBLIOGRAPHIE

ICRP 50 Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters. Pergamon Press, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Frankfurt; 1986.

JAKOBI, W. Lungendosis und mögliches Lungenkrebsrisiko durch Radon in Häusern. In : Radon und Strahlenbiologie der Lunge, PSI-Bericht Nr.22, Würenlingen, p. 31-40; 1989.

MEDICI, F. Zusammenhänge zwischen lokaler Geologie und Radon-Konzentration in Wohnhäusern. Erste Ergebnisse aus der Schweiz. Dissertation an der ETH Zürich, 1992. Im Druck.

NAZAROFF, W.W.; NERO, A.V. Radon and its decay products in indoor air. John Wiley & Sons, New York; ISBN 0-471-62810-7. 1988

SURBECK, H.; MEDICI F. R-222 transport from soil to karst caves by percolating water. In : Proceedings of the 22nd Congress of the IAH, Lausanne, Switzerland, August 27 - 1 September; 1990.

SURBECK, H.; PILLER, G. Radon and Karst. In : The radioecology of natural and artificial radionuclides, proceedings of the XVth Regional Congress of IRPA. Visby (Gotland), Sweden, 10-14 September; 1989.

WEIGEL, F. Radon. Chemiker-Zeitung, 102. Jahrgang, Nr. 9; 1978.

A méditer

“Il n’y a pas de progrès sans mémoire”

Jacques Delors

L’HISTOIRE OUBLIÉE DES SIEBEN HENGSTE

Ou comment fut découvert l’un des plus grands réseaux spéléologiques du monde

par Jean-Jacques Miserez, ancien président de la Commission scientifique SSS

UNE GRANDE CÉLÉBRITÉ, POUR UNE HISTOIRE OUBLIÉE

Aujourd’hui, aucun spéléologue au monde n’ignore l’existence du réseau souterrain des Sieben Hengste-Hohgant, massif calcaire au nord des lacs de Thoune et de Brienz.

Cette gigantesque cavité aux multiples accès, de plus de 127 km de développement et 1284 m de dénivellation, soutient la comparaison avec les plus grandes et plus profondes du monde. L’histoire de son exploration surpasse même tous les grands événements de la spéléologie planétaire, au vu de l’acharnement et de la réussite avec lesquelles ses multiples découvreurs firent passer une grotte parfaitement inconnue il y a 25 ans au rang des plus célèbres.

Cependant, si aucun spéléologue digne de ce nom et plus particulièrement en Suisse ne méconnaît le réseau des Sieben Hengste, à défaut d’en avoir arpenté les innombrables galeries ou dévalé les puits, bien peu d’entre eux en connaissent la première histoire, celle de sa découverte et de ses explorations initiales.

Afin de combler ce vide “historique” dans la mémoire collective non seulement de la spéléologie, mais de la géographie helvétique en général, je m’attacherai à raconter ce que fut cette aventure. Avec le soucis objectif de rendre si ce n’est justice, du moins hommage aux précurseurs, dont certains, pourtant jeunes, ont malheureusement et prématurément quitté cette terre.

UN CERTAIN CLUB JURASSIEN DE LA CHAUX-DE-FONDS

Outre le fait qu’on lui doit la découverte du réseau des Sieben Hengste, le Club Jurassien¹, par ce que fut sa Commission de spéléologie, occupe une place non négligeable dans le développement de la connaissance des cavernes en Suisse. Plusieurs membres éminents de la Société Suisse de Spéléologie - Maurice Audétat, Raymond Gigon (1929-1981), Bernard Dudan, Villy Aellen et d’autres - furent éveillés dans ses rangs à la spéléologie. C’est à Edouard Gruet (1890-1967), animateur infatigable du Club, que l’on doit d’avoir suscité tant de vocations.

Entre les années 1960 et 1970, la section de La Chaux-de-Fonds comptait dans ses rangs un noyau très actif de jeunes spéléologues, en particulier sous l’impulsion de l’auteur du présent article et de tous ceux qui seront cités plus loin. Plusieurs d’entre eux adhèrent ultérieurement au SCMN, Spéléo-Club des Montagnes neuchâteloises ou occupèrent même des fonctions importantes au sein de la Société Suisse de Spéléologie.

¹ Le Club Jurassien, société neuchâteloise d’émulation scientifique et de connaissance de la nature, vient de fêter ses 125 ans d’existence l’an passé. A une année près de son centenaire, elle s’offrait la découverte du réseau des Sieben Hengste.

LA GRANDE DÉCOUVERTE : PENTECÔTE 1966

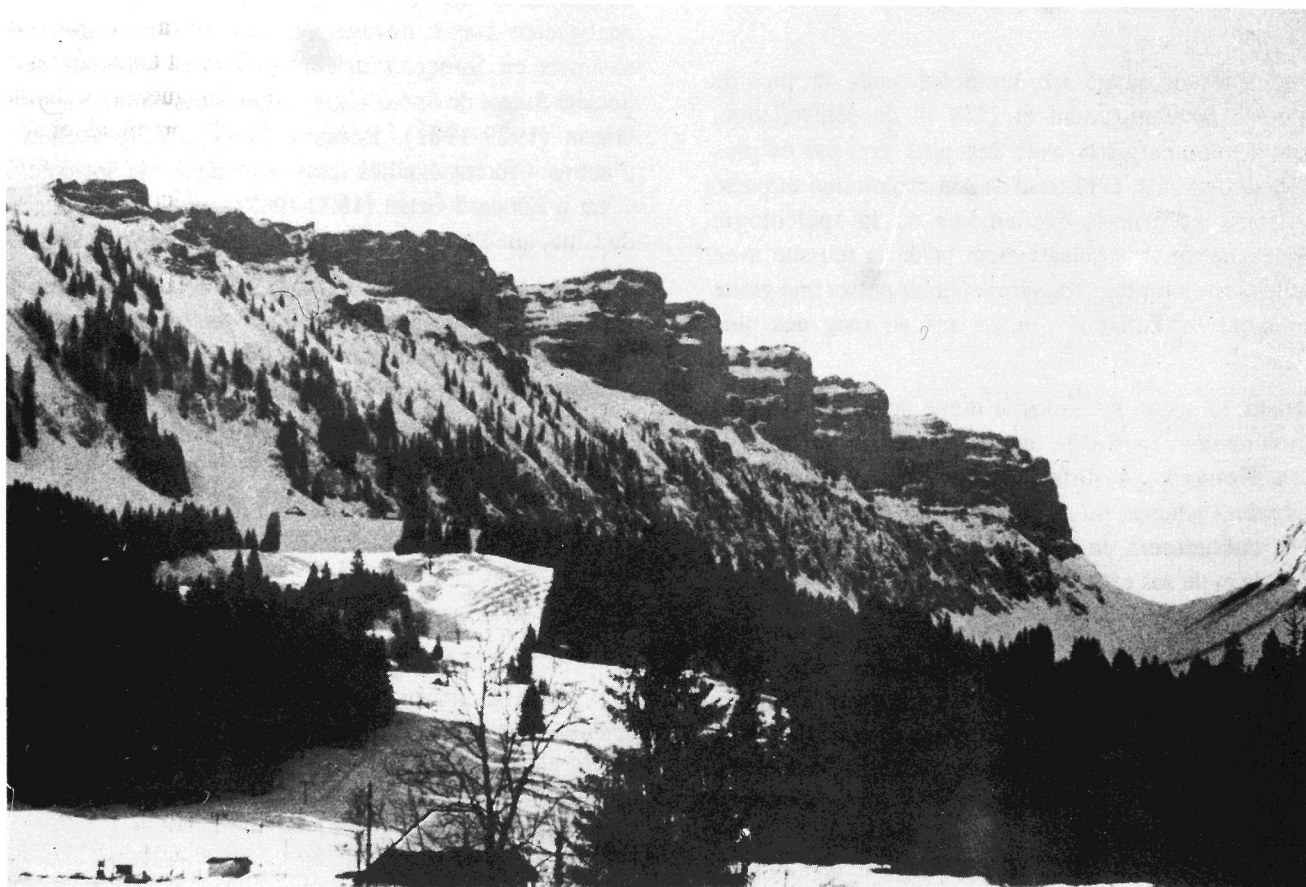
Tous les spéléologues le savent. Une grande découverte est rarement due au hasard, tout au moins dans sa totalité.

Stimulés par les exploits du club local "concurrent" à la Schrattenfluh, nous recherchions un terrain d'exploration à la mesure de nos ambitions, offrant davantage que les visites répétitives de grottes et gouffres dans l'arc jurassien. En août 1964, en vacances familiales dans l'Oberland bernois, la consultation d'une simple carte géographique au 1:50'000 attira mon attention par la mention d'une cavité : "Seefeldhöhle", grotte de peu d'importance, mais curieusement répertoriée de longue date pour le grand public des randonneurs, car facile d'accès, située à la limite des grès, en bordure du lapiaz des Sieben Hengste. Cette caverne, il faut le souligner, ne débouche sur aucune perspective spéléologique importante, mais l'existence du massif calcaire des Sieben Hengste étant ainsi révélée à un spéléologue en soif de découvertes le décor était planté. Avec mon père, nous nous rendons à vélo jusqu'à Habkern, puis de là, notre randonnée pédestre nous fait entrevoir la modeste Seefeldhöhle et le très impressionnant lapiaz, paysage quasi lunaire ou désertique, alors peu habituel au soussigné. Au club, les quelques photos habilement glissées dans un ordre du jour chargé d'une assemblée, suscitèrent tout d'abord ce qu'on appelle communément un intérêt

poli. Il faut dire que nos moyens de locomotion de l'époque - les voitures des rares parents disponibles - ne permettaient pas une autonomie à toute épreuve. Pourtant, l'idée ayant fait son chemin, une certaine Pentecôte 1966, qui en train, qui à bord d'une vétuste Renault Dauphine acquise par un collectif, nous nous retrouvons à la gare d'Interlaken.



et ... côté pile, le lapiaz; c'est très exactement cette photo, prise en 1964 par J.-J. Miserez, qui fut à l'origine de l'intérêt du Club Jurassien.



Les Sieben Hengste ... côté face les sept "étalons", vus du nord

Etaient présents : Charles-André Berner, Pierre Cattin, Michel Hess, Jean-Jacques Miserez, Jean-Jacques Perrenoud et Laurent Wisard, tous Chaux-de-Fonniers ou Loclois.

Passant sur la logistique, soit les péripéties après lesquelles le personnel se trouve, avec son matériel, à pied d'oeuvre sur le massif, la prospection s'organise derechef, pinceau et



Les explorateurs de la première heure, sur le chemin des Sieben Hengste, la veille de la découverte du Gouffre de la Pentecôte, première entrée connue du réseau. J.-J. Miserez et Ch.-A. Berner,...



J.-J. Perrenoud,...

pot de peinture en main pour numérotier nos découvertes. Nous oeuvrons, il faut bien l'admettre, un peu au petit bonheur la chance. Le lapiaz étant encore partiellement sous couverture neigeuse, cette chance ne s'apparente pas au hasard lorsqu'au deuxième jour, le 28 mai 1966, un groupe emmené par Ch.-A. Berner repère notamment une fissure dégagée de neige par le courant d'air qui l'emprunte, ouverture que nous explorons et topographions hâtivement jusqu'à - 60 m et sur une longueur de 200 m. Le Gouffre de la Pentecôte ou P. 23, première entrée connue du réseau des Sieben Hengste venait d'être inventorié. Le compte-rendu de cette découverte a été

LISTE DES PLUS GRANDES ET PLUS PROFONDES CAVITÉS DU MONDE

CAVITÉS LES PLUS LONGUES DU MONDE

1. Mammoth Cave System (Kentucky, USA) 560 km
2. Optimisticeskaja (Ukraine, URSS) 165 km
3. Hölloch (Schwyz, Suisse) 133 km
4. Sieben Hengste-Hohgant Höhlensystem (Berne, Suisse) 127 km*
5. Jewel Cave (South Dakota, USA) 124 km
6. Ozernaja (Ukraine, URSS) 107 km
7. Système de la Coume d'Hyournède (Haute Garonne, France) 91 km
8. Sistema de Ojo Guaereña (Burgos, Espagne) 89 km
9. Wind Cave (South Dakota, USA) 82 km
10. Zoluska (Ukraine, URSS) 82 km

Listes tirées de : Lalou Jean-Claude, Wenger Rémy (1991): Dans les Cavernes du Monde, Ed. Mondo.

* derniers chiffres concernant les Sieben Hengste aimablement communiqués par Pierre-Yves Jeannin

CAVITÉS LES PLUS PROFONDES DU MONDE

1. Réseau Jean-Bernard (Haute-Savoie, France) 1602 m
2. Vjaceslav Pantjukhina (Bzybskij, URSS) 1508 m
3. Sistema del Trave (Asturias, Espagne) 1441 m
4. Laminako Ateak (Navarra, Espagne) 1408 m
5. Sneznaja (Abkhasie, URSS) 1370 m
6. Sistema Huautla (Oaxaca, Mexique) 1353 m
7. Réseau de la Pierre Saint-Martin (France / Espagne) 1342 m
8. Bojbulok (Asie Centrale, URSS) 1310 m
9. Sieben Hengste - Hohgant Höhlensystem (Berne, Suisse) 1284 m*
10. Sistema Cuicateca (Oaxaca, Mexique) 1242 m
11. Réseau Rhododendrons - Berger (Isère, France) 1241 m
12. V.V. Iljukhina (Arabika, URSS) 1240 m
13. Schwersystem (Salzburg, Autriche) 1219 m
14. Compleso Corchia - Fighiera (Toscana, Italie) 1215 m
15. Gouffre Mirola (Haute-Savoie, France) 1211 m



P. Cattin et M. Hess; manque sur les photos : L. Wisard.

publiée dans le no 10 Automne 1966 de *Dédales*, Organe de la Commission de Spéléologie du Club Jurassien. A signaler que ce n'est qu'en 1974, sous l'impulsion d'autres groupes spéléologiques, que le Gouffre de la Pentecôte sera connecté aux autres grandes cavités du massif.

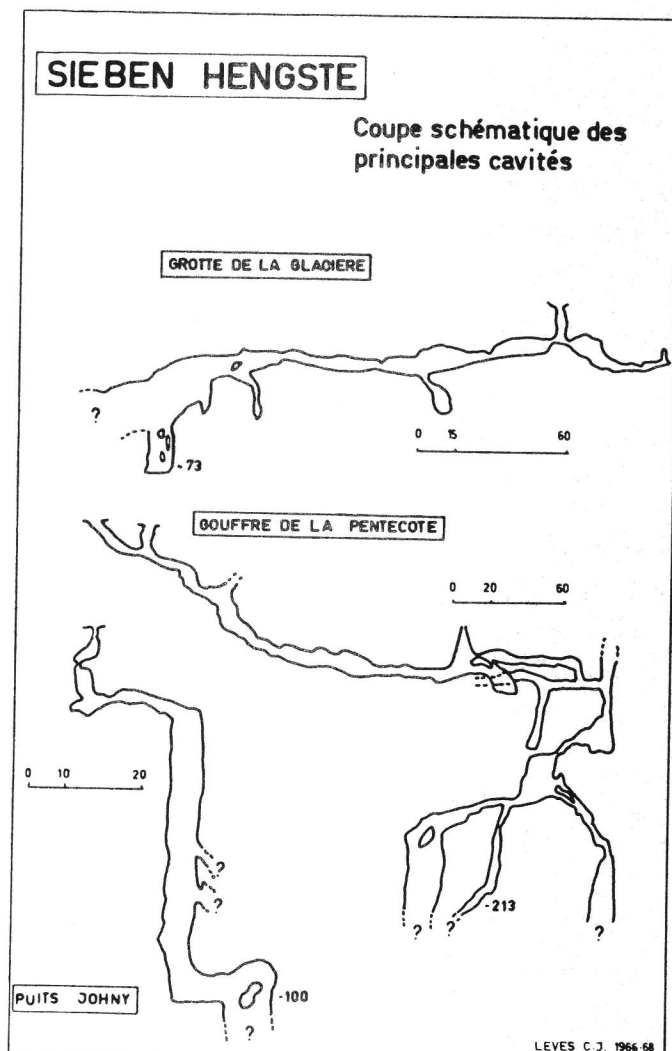
En ce point de l'exposé, il convient, en toute justice, de mentionner que si le Club Jurassien a eu le bonheur de découvrir en primeur toute la série des accès initiaux au réseau, la paternité d'avoir parcouru en pionnier le lapiaz des Sieben Hengste avec un regard de spéléologue appartient à Franz Knuchel (1919 - 1974, décédé d'un accident cardiaque aux Sieben Hengste même, lors d'un Congrès de la SSS) et son équipe d'Interlaken. Ce fut dès après la Seconde guerre mondiale, avec surtout des observations morphologiques au sud-ouest du massif et en surface, mais aussi l'exploration du Häliloch, grand puits connu de longue date, toujours dans la partie occidentale en direction du Niederhorn. F. Knuchel a publié plusieurs relations de ses travaux, notamment dans *Stalactite*. Mais l'accès au grand réseau des Sieben Hengste s'étant initialement fait à partir du nord-est, les prospecteurs de la première heure n'auront eu connaissance de son existence qu'à la lecture des travaux du Club Jurassien, ne le visitant jamais durant toutes les années où le groupe neuchâtelois y fut actif.

A l'inverse, les travaux du groupe d'Interlaken ne nous furent connus que bien ultérieurement à la découverte du gouffre de la Pentecôte et je ne rencontrai F. Knuchel pour la première fois qu'en hiver 1972 - 1973.

LES EXPLORATIONS DE 1966 À 1968

Entre mai 1966 et juillet 1968, le Club Jurassien va organiser huit expéditions aux Sieben Hengste. Outre les six participants de la première découverte, il convient de citer ici le nom des plus assidus à cette épopée : Bernard Hänni, Silver Gross, Jacques Gonin, Johny Wunderli (voir plus loin), Pierre-Alain Rebetez, Philippe Peter, André Jost et quelques autres plus sporadiquement, parmi lesquels nous retiendrons Gérard Houriet, décédé fort jeune. Cette période d'exclusivité du Club Jurassien dans la découverte du grand réseau souterrain représente 35 journées de travail (dont un camp de deux semaines), regroupant entre 4 et 11 participants à chacune d'entre elles, soit pour évaluer la part prise par ce groupement dans l'exploration initiale de la cavité principale et quelques grottes ou gouffres isolés, près de 275 hommes-jours. Il ne nous appartient pas de juger avec quelle efficacité ces journées furent occupées.

Le compte-rendu de ces explorations et leurs résultats,



Premiers éléments de topographie du réseau, tels qu'ils furent publiés dans Dédales, Cavernes et le Petit Rameau de Sapin.

outre ce qui en a paru dans *Dédales* (nos 10, 11 et 12), ont fait l'objet d'articles dans *Cavernes*, numéro de juin 1969 et dans le *Petit Rameau de Sapin* du Club Jurassien, numéro de mai-juin 1970, puis une synthèse à nouveau dans *Cavernes*, numéro d'avril 1973. Officiellement, deux autres entrées au réseau furent alors découvertes, même si la connexion avec le Gouffre de la Pentecôte et l'intégration de toutes ces cavités en un système organisé ne furent pas immédiatement prouvées, quoique supputées. Peut-être que quelques cavités alors hâtivement jugées comme mineures se sont ensuite révélées plus importantes, voire appartenant au réseau lui-même. Nous ne pouvons rien en dire, car notre topographie fut incomplète, la nomenclature des gouffres repérés a partiellement changé et la complexité du réseau rend difficile une quelconque identification a posteriori.

Le deuxième accès prouvé que nous avons découvert est le Puits Johnny ou P. 26, sans doute le plus connu et le plus commode des gouffres, car conduisant rapidement à la cote des premières grandes galeries du réseau. Cela grâce à deux grandes verticales initiales.

La troisième découverte importante est une cavité que nous



Le portrait de Johnny Wunderli, pris quinze jours avant sa regrettée disparition.

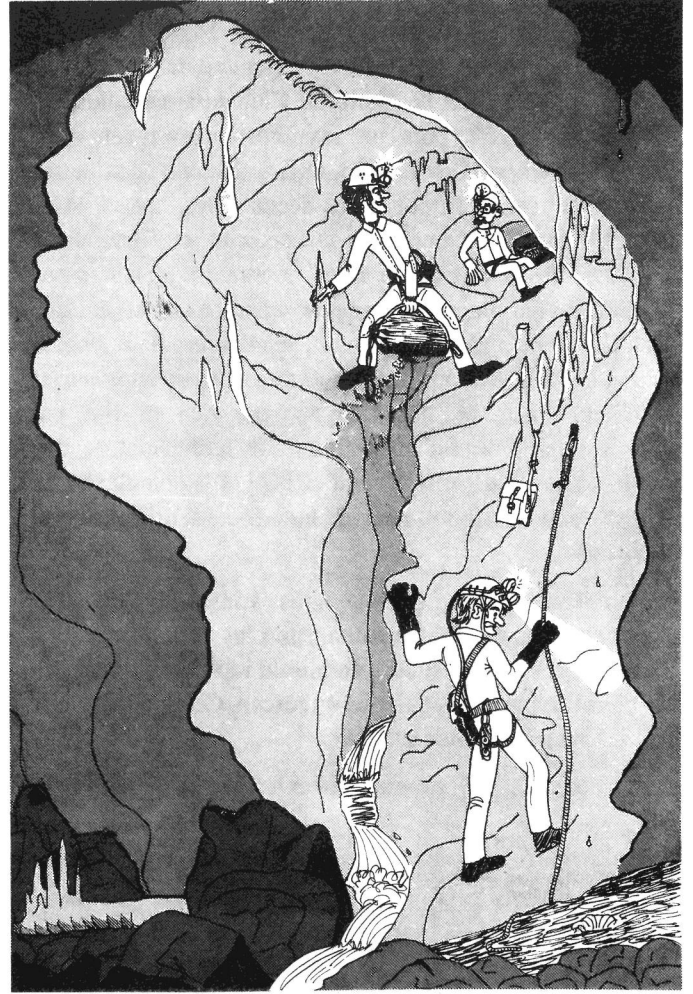


Le Puits Johnny et sa première verticale impressionnante, vu et dessiné par F. Spinoy.

avons nommée La Glacière ou P. 27, explorée par nos soins sur 350 mètres et jusqu'à la cote - 73 m. Entre-temps soit en octobre 1967, la profondeur du Gouffre de la Pentecôte avait été portée à 213 mètres.

JOHNY WUNDERLI ET SON PUIITS

Comme déjà évoqué, aux six participants de la première exploration s'étaient progressivement joints quelques autres "mordus" de la Sieben Hengste, tous plus ou moins membres du Club Jurassien. Beaucoup étaient encore adolescents. Le souvenir de l'un d'entre eux, qui fut de toutes les expéditions, dès son adhésion à la spéléologie jusqu'à sa mort prématurée en 1971, mérite particulièrement d'être ravivé : Johnny Wunderli (1954-1971, fauché à l'aube de sa vie dans un accident de vélomoteur). A l'âge de 14 ans, il est déjà explorateur aux Sieben Hengste où il découvre, en mai 1968 (un autre week-end de Pentecôte), un orifice discret, mais prometteur, conduisant à un puits impressionnant, que nous avons derechef nommé Puits Johnny et que tous les habitués au réseau connaissent. En juillet de la même année, lors du camp d'été, Johnny est présent lorsque le fond du premier



Galleries typiques des Sieben Hengste, vers la cote - 300 m, photographiées et dessinées par F. Spinoy.

ressaut important de 80 mètres est atteint dans "son" puits. Il sera associé à toutes les tentatives d'atteindre le bas du second puits d'une centaine de mètres, puis au succès lors des expéditions organisées conjointement entre Club Jurassien et SCMN, voire SVT (Spéléo-Club du Val-de-Travers), ainsi que lors du premier camp organisé avec les Belges en 1970, inscrivant notamment les premières pages dans l'exploration du Trou Victor ou P. 51.

Malgré son jeune âge et sa modeste corpulence, Johny Wunderli était un spéléologue hors-pair, non seulement par ses capacités physiques, mais par l'enthousiasme qu'il mettait à la pratique de son activité favorite. Il était aussi animé de la plus extrême gentillesse.

Pour la prise de dates, si lors d'une expédition des 8 et 9 novembre 1969, je n'avais pas pu atteindre le fond du second grand puits dans le Johnny, suspendu à 167 mètres faute d'agrès, c'est au cours de l'expédition des 15 et 16 août 1970 que cette verticale fut vaincue par Michel Stocco dans une nouvelle expédition conjointe avec le SCMN. L'accès au grand réseau, à la cote d'environ - 250 m devait être réalisé peu après, en parcourant un méandre étroit. Ce cheminement deviendra par la suite l'un des passages les

plus souvent empruntés par les explorateurs, dès lors qu'en

1972 la liaison entre le Puits Johnny, le Trou Victor et le Gouffre Dakoté (voir plus loin) était réalisée, celle avec le Gouffre de la Pentecôte et la Glacière l'étant en 1974, respectivement 1975, à une époque où toute l'équipe initiale avait cessé de se rendre aux Sieben Hengste.

L'APPORT DU SCMN, PUIS DES BELGES

Dès 1968, avec le développement croissant du réseau, la lourdeur des explorations (se souvenir de l'évolution des techniques depuis lors) et, il faut bien l'avouer, l'impossibilité évidente de voir le Club Jurassien poursuivre seul l'objectif pressenti, au vu de l'enthousiasme pour le moins modéré de certains, je recherchais une collaboration. Dans un premier temps, c'est du côté du SCMN, club auquel plusieurs d'entre nous avaient adhéré, que je me tournai.

Entre 1969 et 1971, plusieurs expéditions et notamment des camps d'été furent organisés en commun entre le Club Jurassien et le SCMN, avec un apport belge dès 1970.

Paradoxalement, l'un des plus assidus, du côté du SCMN, fut un sympathisant domicilié à Colmar : Philippe Flamant.

Le SCMN, entre autres tâches, effectuera plusieurs investigations pour tenter de dépasser le terminus atteint au Gouffre de la Pentecôte et vaincra la seconde grande verticale du Johny, comme déjà indiqué. Mais, à partir de 1972, sous l'impulsion de M. Stocco et avec mon assentiment, le club des Montagnes neuchâteloises associa progressivement la section lausannoise de la SSS et tout d'abord Claude Magnin à ses travaux aux Sieben Hengste. L'intérêt du SCMN pour cette région cessa peu après, en même temps que baissaient mes propres activités sur le terrain. Le club des Montagnes retournait alors à ses "premières amours", soit le lapiaz de la Schrattenfluh. A mon grand dépit, je dois l'avouer. Le champ libre était dès lors laissé à d'autres pour heureusement écrire les plus belles pages du livre des Sieben Hengste.

Revenant au fil de nos collaborations successives, c'est lors d'un congrès à Dijon que je pris l'initiative de convier des spéléologues belges à la découverte du lapiaz des Sieben Hengste. D'ores et déjà, je puis affirmer que sans l'acharnement de spéléologues n'hésitant pas à se déplacer depuis Bruxelles plusieurs week-end par année, on ne parlerait pas aujourd'hui du gigantesque complexe Sieben Hengste-Hohgant, sans ôter un quelconque mérite à de tierces personnes.

Du 18 juillet au 2 août 1970, un camp réunissant 65 participants, surtout des Belges de la Société spéléologique de Wallonie et quelques membres du Club Jurassien ou du SCMN, fut établi sur le chemin entre l'auberge de Inner Eriz et le lapiaz. Ceci sous la direction de l'abbé Dagonnier et de Robert Delbrouck. Parmi les autres participants belges, citons celui qui durant des années fut le véritable moteur de l'entreprise, le visionnaire le plus audacieux et finalement le plus perspicace de ce qui attendait les explorateurs dans les profondeurs des Sieben Hengste : Francis Spinoy. Francis était de plus doté d'un sens médiatique et de l'organisation hors du commun. Il fallait de tels hommes au moment où la flamme vacillait. Puis Victor Courtois, prospecteur infatigable, à la perspicacité duquel nous devons notamment la découverte du Trou Victor.

Ce n'est que plus tard qu'interviendront d'autres spéléologues belges qui joueront eux aussi un grand rôle dans la connaissance du massif et sans lesquels l'enthousiasme serait probablement retombé : équipe du Centre routier spéléo, Joël Martin, Jean-Marc Mattlet, Lambert Martin (premières synthèses topographiques)... Entre autres souvenirs, Joël avait pour réputation d'être capable de soutenir et transporter à lui seul un homme au bout de sa longe dans les méandres. C'est dire qu'il s'agissait d'une force de la nature ! Plus tard, d'autres prendront le relais, tel Jack Minot ou Jean-Pierre Bartholeyens, auquel on doit la découverte du Z 49, un puits

de quelque 150 mètres d'un seul jet donnant accès au réseau. Certains que nous avons quelque peine à situer, comme celui que l'on appelait le "Polonais" et qui laissa son empreinte dans la rivière souterraine de même dénomination, sont hélas décédés dans la fleur de l'âge depuis. Ainsi une autre amie, Nelly Vandekerhoven présente à plusieurs reprises; Yves Grolaux aussi, qui découvrit le "réseau Mac". Nos souvenirs sont peuplés de fantômes. Notre pensée associe la mémoire de tous ces disparus - côté suisse, côté belge - à toute l'histoire des Sieben Hengste.

A partir du camp de 1970 durant lequel est découvert le Trou Victor ou P. 51, les explorations belges vont se succéder : Gouffre Dakoté ou P. 53, par la suite reliés tout deux au réseau et, à l'intérieur même du massif, grandes galeries et rivières, telles Höhlenstrasse, Galerie des Amours, Rivière du Visionnaire, Rivière de Habkern, Rivière du Polonais, etc... A l'exploration desquelles il serait juste d'associer les Lausannois, qui ont d'ailleurs



L'imaginaire belge (F. Spinoy) en marche vers le lac de Thoune; page de garde du spécial Résurgence de 1973... vision prospective, mais en définitive réaliste.

relaté abondamment leur participation dans la revue Le "Trou", numéro spécial Sieben Hengste d'avril 1984. Pour leur part, nos amis belges ont publié leurs premiers travaux dans la revue Résurgence, en particulier aux numéros 49 et 51-52, dès 1972, puis une synthèse dans un exemplaire spécial de Spéléo - News Périodique de 1982. A la même époque, soit en 1970, Hugo Maler de la section SSS de Berne découvrait le Faustloch, relié beaucoup plus tard seulement au réseau. A partir de là, écrire l'épopée de nos successeurs sans craindre l'erreur d'appréciation serait le fait d'un auteur mieux informé, puisque le flambeau fut repris par d'autres équipes, en particulier les sections SSS de Bâle et de Berne, sans omettre les Neuchâtelois du bas du canton. Par ailleurs, si l'intérêt des Belges pour le réseau ne s'est pas estompé, F. Spinoy, l'animateur infatigable a quant à lui passé la main, il y a déjà un certains temps.

POUR UN TONNEAU DE FENDANT

L'étendue extraordinaire des découvertes faites aux Sieben Hengste mérite une anecdote liée à l'activité des Belges dans cette région, avec fait par l'auteur de l'article en guise de mea culpa.

Vers les années 1972, à l'auberge de Inner Eriz, j'avais inconsidérément parié un plein tonneau de fendant, qu'en tout état de cause et malgré l'avancement prometteur des explorations, la profondeur de - 250 m, à la rigueur - 300 m ne serait jamais dépassée aux Sieben Hengste, cela en fonction d'une stratigraphie et tectonique mal évaluée. Bien sûr, j'escomptais au contraire parvenir à un très grand développement de galeries. Par mon pessimisme tout relatif, je tempérais ainsi l'enthousiasme de F. Spinoy, qui se voyait déjà plonger dans les abîmes du massif et réapparaître à la résurgence de Sundlauenen au bord du lac de Thoune.

Ma connaissance à la fois sommaire, mais en même temps trop poussée de la géologie me perdit, la suite ayant démontré que la vérité - et ce fut une surprise - était plus proche du scénario Spinoy que de la mauvaise prophétie émise par l'initiateur des explorations. Notez qu'on aime perdre ce genre de pari stupide ! Je ne me suis jamais acquitté à la lettre de ma dette, sponsorisant à titre compensatoire l'achat d'une corde de 100 mètres, à fixer à demeure dans le Johnny. Il est vrai qu'à raison d'un tonneau de fendant par 300 mètres de dénivelé, nous serions encore en train de trinquer !

UNE TECHNIQUE DÉSUÈTE... MAIS L'AMITIÉ EN PLUS

A lire cette épopée, bien des jeunes spéléologues seront tentés d'ironiser sur la lenteur des explorations aux Sieben Hengste de 1966 à 1972 et plus singulièrement jusqu'à

l'année 1970, période initiale sous l'impulsion du Club Jurassien. Cela bien sûr en comparaison de la progression fulgurante des découvertes, dans des conditions de plus en plus difficiles à mesure que l'on s'éloigne de la surface. Ce serait rester dans l'ignorance de ce que furent nos moyens et méthodes.

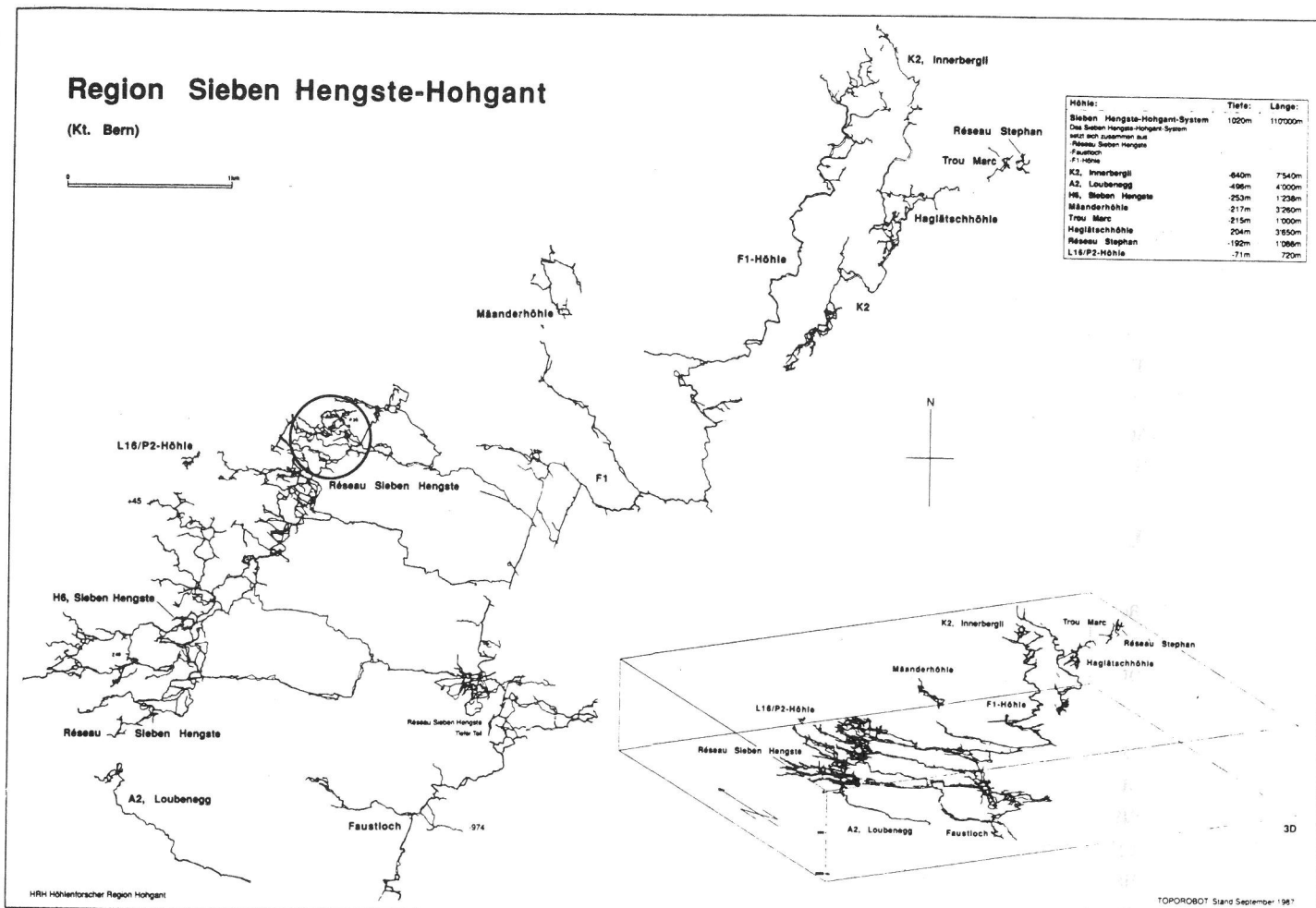
A l'époque, l'emploi exclusif de cordes, avec descendeur et jumard était inconnu, impensable ou même prohibé en spéléologie. On progressait dans les verticales sur les échelles métalliques souples, tout en étant encordé et assuré d'en haut par des camarades, à la descente, comme à la remontée. Il en résultait maintes difficultés, telles que cordages emmêlés et en mal d'atteindre leur destinataire lors de la relancée, chutes de pierres, frottements, etc... Pour suspendre les agrès, les spits étant par ailleurs inconnus, un temps considérable était perdu à constituer des points d'amarrage, souvent peu sûrs. Circonstance aggravante s'agissant des jeunes explorateurs du Club Jurassien (dont la moyenne d'âge était largement inférieure à vingt ans), nous avons exploré le Gouffre de la Pentecôte en partie avec d'anciennes échelles à barreaux plats, lourdes et encombrantes, que nous fabriquions nous-mêmes. En plus, nos moyens de transport étaient des plus limités.

Le déroulement des explorations découlait des techniques employées : pour un spéléologue qui parvenait au bas d'un puits, un, voire deux de ses coéquipiers devaient rester sur la margelle de ce ressaut. A plus forte raison - comme déjà indiqué - que les points d'amarrage étaient tout sauf sûrs. Je me souviens d'un train d'échelles subitement décroché et retenu de justesse par l'équipe de permanence attentive à son poste.

Pour parvenir à - 220 mètres au fond du Gouffre de la Pentecôte ou du Puits Johnny, portage du matériel inclus, il fallait une dizaine d'équipiers et c'est un minimum. Même au niveau le plus modeste en apparence, chacun jouait alors son rôle. Grandeur et servitude de telles équipées, la solidarité jouait à fond et une vive amitié a uni les partenaires de ces premières heures. Qui plus est, durant toute cette époque, nous n'avons enregistré aucun accident, même mineur, en cours d'exploration. Sans prétendre que par la suite les opérations aient relevé de l'irresponsabilité, on déplora tout de même quelques accidents graves et même très graves. Bien sûr et à la décharge de nos successeurs, la prise de risques augmentait avec l'accroissement des difficultés rencontrées au plus profond du massif.

EN GUISE DE CONCLUSION

S'il apparaît à certains que la part faite dans cet historique aux précurseurs est trop belle, qu'ils nous pardonnent. Personne n'ignore ni ne méconnaît ce qui s'est déroulé aux



Le réseau aujourd'hui (plan HRH Höhlenforscher Région Hohgant); encerclés, le domaine d'exploration du Club Jurassien, à l'origine des découvertes.

Sieben Hengste et dans le massif proche du Hohgant après le retrait de l'avant-scène des Chaux-de-Fonniers ou des amis belges de la première heure. Qu'on se souvienne cependant, qu'hormis une petite salle qui ne constitue qu'un modeste point sur les plans du gigantesque réseau (début du Gouffre de la Pentecôte), en aucun lieu le Club Jurassien n'a laissé l'empreinte de son nom. Ni entrée de gouffre, ni grand puits ou galerie, ni rivière ne perpétuent dans la mémoire spéléologique le rôle que collectivement ce club a joué.

A l'inverse, il n'est pas question d'ôter ici le moindre mérite à ceux qui, au-delà de toutes espérances, avalèrent les espaces souterrains, élevèrent les modestes Gouffre de

la Pentecôte et autre Puits Johnny au rang de la célébrité mondiale. A ceux qui, autour de Alex Hof, Philippe Rouiller (récemment décédé lui aussi), Urs Widmer, Martin Heller, Thomas Bitterli, Pierre-Yves Jeannin ou Luc Funken, durant vingt ans et après nous tissèrent cette toile d'araignée impressionnante que constitue désormais le réseau Sieben Hengste-Hohgant, joignant les montagnes par le dessous, revient un mérite incommensurable. Mais justice voulait, avec l'intérêt historique que cela représente, que soit rappelé par qui et comment tout cela a commencé.

La Chaux-de-Fonds, le 5 novembre 1991

BRÈVE DESCRIPTION DU RÉSEAU SIEBEN HENGSTE - HOHGANT

Au nord du lac de Thoune, prolongée vers le canton de Lucerne, se situe une chaîne de massifs calcaires à étages stratigraphiques et unité tectonique semblables et dont les jalons importants sont : Niederhorn, Sieben Hengste, Hohgant et Schratzenfluh. On accède aux Sieben Hengste-Hohgant par le sud-est, en passant par le village de Habkern, au dessus d'Interlaken; par le nord-ouest en dépassant le hameau de Innereriz, au-dessus de Steffisburg. Le lapiaz des Sieben Hengste culmine à 1954 m; celui du Hohgant à 2197 m. Entre ces deux massifs, on franchit le Grünenbergpass, à 1558 m, mais, au-dessous, le gigantesque réseau souterrain unit les deux bassins récepteurs, dont les eaux sont drainées par une faille aboutissant à Sundlaenen, en deux résurgences importantes au bord du lac de Thoune. La Schratzenfluh est plus ou moins connectée à ce système d'écoulement souterrain.

Les niveaux karstifiés sont essentiellement constitués de calcaires urgoniens (Crétacé) épais de quelque 200 mètres, recouverts partiellement de grès éocènes (Tertiaire). Un labyrinthe extrêmement compliqué de galeries actives et fossiles entrecoupées de puits s'est "faufilé" vers la profondeur, puis en utilisant le pendage vers le sud-est aboutit à la zone profonde du réseau. On ne peut, en quelques lignes décrire un tel réseau. Initialement connu à partir des grands puits du nord-est des Sieben Hengste proprement dits (Pentecôte, Johnny), les découvertes ont progressivement étendu les ramifications vers d'autres accès en surface, tant vers l'ouest ou le sud-ouest (Z 49, CCC 2, Faustloch) que vers le Hohgant, donc nord-est (F1, B1). Actuellement, le réseau compte 18 entrées... dans l'attente d'autres jonctions qui en étendront encore le développement (p. ex. avec le K2 ou, plus hypothétiquement, le Bärenschacht, très grande cavité du Beatenberg). Aux Sieben Hengste, les vieux réseaux, parfois terreux et délités s'approchent de la crête du massif, alors que, telles des antennes, de véritables rivières coulent au contraire en direction de la partie profonde. Elles ont pour nom : rivières du Visionnaire, de Habkern, des Trois Enragés, du Polonais. Cet écoulement se fait vers l'est, le long des décrochements, puis le collecteur principal, plus ou moins reconnu, prend le relais pour conduire les eaux vers le sud-ouest.

La configuration des ressauts et galeries dépend bien sûr de la géologie et des phases successives de creusement par l'action principale de l'eau. Décrire les puits magnifiques de régularité, cylindres parfaits où l'on ne touche pas les parois et qui percent les calcaires jusqu'à l'imperméable du Drusberg, les galeries tantôt grandioses, tantôt si étroites qu'on s'y enfila à peine, les salles géantes (jusqu'à 40 x 40 mètres et le plafond indiscernable), véritables cathédrales, les rivières mugissantes, décrire tout cela tient de l'impossible. Réseau tantôt concrétionné des plus belles draperies et fistuleuses (on dit que c'est la plus belle grotte

de Suisse), tantôt nu, tant l'eau y exerce son activité destructive, sa variété est infinie. Pour préciser quelques points, si toutes proportions gardées la faible surface des bassins versants et la multiplication des chenaux ont restreint la dimension de maintes galeries (rarement plus de 10 mètres de large) et salles, on en trouve néanmoins de respectables, à tous niveaux : Höhlenstrasse et salle Kéké, Glacière, dans la partie supérieure au nord, nord-ouest, puis rivière du Polonais et départ de la galerie des Obstinés, enfin galerie principale du F1 et Dröhnlandhalle (une des plus grandes salles), vers l'est. A ces endroits, le surcreusement a évidé la roche par effondrement. Ailleurs, la morphologie des galeries, du moins celles creusées en régime noyé auquel a succédé un écoulement libre, présente souvent un profil en trou de serrure (section circulaire ou ovoïde, surcreusée en rigole vers le bas). Cela concerne surtout le niveau égal ou inférieur à -250 mètres. Au-dessus, on trouve beaucoup de méandres étroits, entrecoupés de puits présentant souvent des dimensions respectables.

Au point de vue des remplissages, l'exemple même de galerie partiellement remplie de sédiments argileux ou d'un concrétionnement détritique est la Höhlenstrasse, alors que les plus belles draperies, stalagmites et stalactites se retrouvent par exemple dans la galerie du Misérable (nom inspiré du patronyme Miserez; merci les amis belges !), alors que des fistuleuses exceptionnelles ont subsisté au passage obligé des spéléologues notamment dans un couloir dénommé Parc des Princes. Mais des niches de beauté ont aussi été préservées et - protection du patrimoine oblige - leur emplacement tenu secret par les découvreurs.

C'est cependant la furie de l'eau qui consacre le caractère dantesque de ces lieux. Par exemple, en juillet 1987, une crue d'une violence inouïe a changé la morphologie de certaines galeries, broyant ou déplaçant de très gros blocs, balayant un bivouac installé 200 mètres au-dessus du point bas réputé dangereux jusque là. Ces rivières qui débordent ouvrent même des passages aux explorateurs d'expédition en expédition. Lors de la montée des eaux, l'air comprimé, puis détendu vient souffler en rafale dans les galeries supérieures, des coups de canon se font entendre... (décrit par L. Funken et P. Decannière dans Stalactite No 1-2, 1988).

Abîmes protégés par la nature, les Sieben Hengste se défendent des visiteurs vers le haut et vers le bas. Ouverts par des orifices souvent dérisoires (la taille d'un homme), parfois enfouis de longs mois sous les névés, les découvrir a tenu de la gageure. Au fond, lacs et siphons en défendent les passages; c'est la zone noyée, définitivement inaccessible à l'homme, sauf quelques incursions en plongée... mais avec quels risques et à quel prix. Cependant, au coeur même du massif accessible, nombreux sans doute demeurent les cheminements jusqu'ici inconnus et qui attendent encore des générations d'explorateurs.

BIBLIOGRAPHIE

Une bibliographie complète concernant la géologie, l'hydrogéologie et la spéléologie des massifs karstiques au nord du lac de Thoune a été publiée dans Le "Trou" d'avril 1984.

Ne sont reprises ici que les références en rapport direct avec la période initiale d'exploration du grand réseau, soit entre 1966 et 1972, mais aussi quelques synthèses publiées ultérieurement. En consultant les articles ci-après, le lecteur pourra ainsi reconstituer le cheminement des premières découvertes (décrites souvent par leurs auteurs) jusqu'aux développements ultimes des années 1980-1990 :

Dédales, Organe de la Commission de spéléologie du Club Jurassien, La Chaux-de-Fonds :

- No 10, Automne 1966 : Miserez J.-J., Nos faits et gestes, p. 12 et suivantes; Hess M., Berner Ch.-A., Miserez J.-J., Perrenoud J.-J., Campagne 1966 à la Sieben Hengste, p. 8 et suivantes.
- No 11, Printemps 1967 : Miserez J.-J., Nos faits et gestes, p. 6 et suivantes.
- No 12, Printemps 1968 : Miserez J.-J., Nos faits et gestes, p. 8 et suivantes; Berner Ch.-A., Miserez J.-J., La Sieben Hengste, p. 24 et suivantes.

Le Petit Rameau de Sapin du Club Jurassien, Neuchâtel :

- 41ème année No 3, Mai-Juin 1970 : Miserez J.-J., Les travaux du Club Jurassien aux Sieben Hengste (Eriz, BE), p. 17 et suivantes.

Cavernes, Bulletin des sections neuchâteloises, de la Société Suisse de Spéléologie, SCMN, SVT, La Chaux-de-Fonds :

- 13ème année No 1, Juin 1969 : Miserez J.-J., Les travaux du Club Jurassien aux Sieben Hengste (Eriz, BE), p. 17 et suivantes.
- 13ème année No 2, Septembre 1969 : Gigon R., Nouvelles de Suisse, p. 34; divers auteurs, SCMN Activités, p. 59 et suivantes.
- 14ème année No 2, Décembre 1970 : divers auteurs, SCMN Activités, p. 129 et suivantes.
- 15ème année No 1, Avril 1971 : divers auteurs, SCMN Activités; Flamant Ph., Camp d'été 1970 aux Sieben Hengste, p. 20 et suivantes.
- 16ème année No 1, Avril 1972 : Flamant Ph., Camp d'été 1971 aux Sieben Hengste, p. 2 et suivantes.
- 16ème année No 3, Décembre 1972 : divers auteurs, SCMN Activités, p. 102 et suivantes.
- 17ème année No 1, Avril 1973 : Miserez J.-J., Sept ans d'exploration aux Sieben Hengste : une longue et patiente aventure, p. 7 et suivantes.

Résurgence, Feuille de liaison du Centre routier spéléo F.S.C., Bruxelles :

- No 49, Juillet 1972 : Spinoy F., Mattlet J.-M., et divers auteurs, P. 51 L'odyssée du Trou Victor (Spécial Sieben Hengste).

- Nos 51-52, Mars 1973 : Mattlet J.-M. et divers auteurs, Expédition au massif des Sieben Hengste (Spécial Sieben Hengste).

Spéléo-News Périodique, G.I.P.S, Groupe interclub de perfectionnement à la Spéléologie (Belgique) :

- Supplément Juin 1982 : Bartholeyns, J.-P. et divers auteurs, Sieben Hengste, Explorations 1976-1981

Le "Trou", Périodique du Groupe Spéléo Lausanne :

- No 6, 1974 : Magnin Cl., Réseau des Sieben Hengste, p. 14 et suivantes.
- No 34, Avril 1984 : Hof A., Jeannin P.-Y., Rouiller Ph., Sieben Hengste-Höhle (Spécial Sieben Hengste, allemand-français).

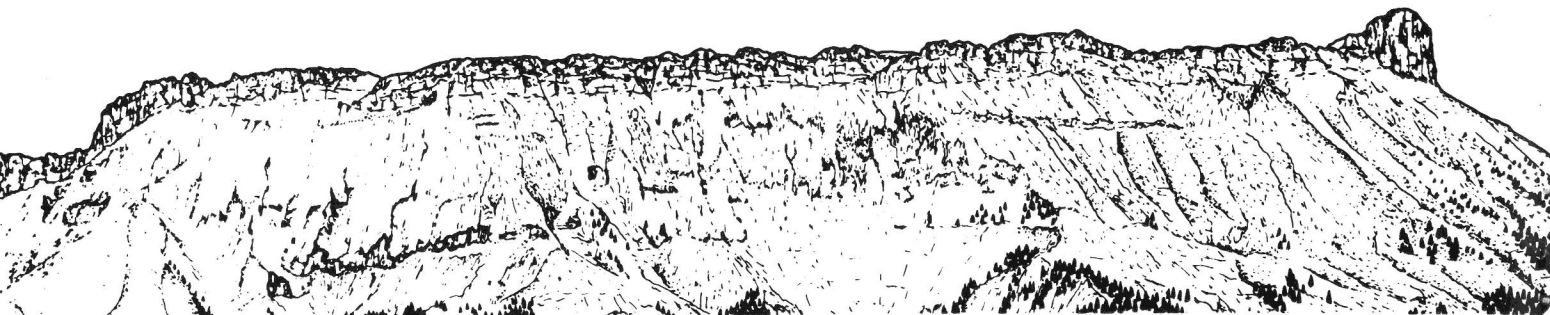
Stalactite, Organe de la Société Suisse de Spéléologie, La Chaux-de-Fonds :

- 33ème année, No 1, 1983 : Rouiller Ph. : F1 - K2 et Jonction du F1 avec le réseau des Sieben Hengste, p. 26 et suivantes.
- 37ème année, No 1, 1987 : Rouiller Ph. : Sieben Hengste-Hohgant, p. 45; Vetterli A., Die längsten und tiefsten Höhlen der Schweiz, Stand Dez. 1987 p. 55 et suivantes.
- 38ème année, Nos 1-2, 1988 : Bitterli Thomas, Das Karstsystem Sieben Hengste-Hohgant-Schratenfluh, Versuch einer Synthese, p. 10 et suivantes; Funken L., Decannière P., Si la crue m'était contée, p. 29 et suivantes.

Ainsi que quatre références plus scientifiques ayant servi de fil conducteur lors de la période initiale des explorations :

- Knuchel F. (1969) : Beobachtungen im Karrenfeld der Sieben Hengste-Actes du 3ème congrès suisse de Spéléologie 1967 : p. 19-22.
- Minet A. (1971) : Etude préliminaire de la région des Sieben Hengste-Actes du 4ème congrès suisse de Spéléologie 1970 : p. 35-48.
- Miserez J.-J. (1973) : Géochimie des eaux du karst jurassien (contribution physico-chimique à l'étude des altérations), Thèse, Université de Neuchâtel. Nombreuses références aux Sieben Hengste, notamment p. 26 et suivantes.
- Miserez J.-J. (1974) : Chimie des eaux d'infiltration dans le massif des Sieben Hengste (Berne) - Actes du 5ème congrès suisse de Spéléologie 1974 : p. 102-114.
- Jamier D., Simeoni G.-P. (1974) : Considérations sur les rapports entre la structure géologique et les écoulements souterrains dans les formations calcaires des Sieben Hengste (Berne) - Actes du 5ème congrès suisse de spéléologie 1974 : p. 86-94.

SCHRATTENFLUH (LU)



Observations tectoniques dans le secteur Böli - Oberschlag

par Denis BLANT

TECTONIQUE VISIBLE EN SURFACE

Comme beaucoup d'entre nous le savent bien, le massif de la Schrattefluh a la particularité d'avoir une bonne partie de sa surface constituée de roche nue, sans sol ni végétation.

Si cette surface "pelée" est d'un intérêt évident pour la prospection des cavités, elle permet aussi, par l'entremise de photographies aériennes, l'observation directe de toutes les fractures qui morcellent la dalle calcaire.

Ces observations par photographie aérienne ont été faites dans le cadre d'une étude tectonique et géologique englobant tout le massif (BLANT 1989). Il en ressort que deux systèmes principaux de fractures sont observables sur le massif :

- un système ancien de fractures longitudinales (parallèles à l'axe du massif, de direction N40°-60°), contemporain à la sédimentation.
- un système plus récent de décrochements transversaux (perpendiculaires à l'axe du massif), contemporain à la poussée alpine; certains de ces décrochements sont encore en mouvement actuellement. Ce système est divisé en deux familles conjuguées, dont les orientations sont différentes : les décrochements sénestres (déplacement à gauche d'un compartiment par rapport à l'autre) qui sont orientés de N150° à 165°, et les décrochements dextres (déplacement à droite), orientés N110° à 120°.

Un troisième système est représenté à un niveau plus local : il s'agit de fractures situées dans le plan bissecteur des deux familles de décrochements conjugués. Ces fractures sont appelées fentes de tension.

D'autres systèmes liés aux précédents, mais d'ordre secondaire ont également été observés. L'orientation de ces systèmes est proche de celle des systèmes principaux, mais décalée par rapport à ceux-ci. Ce léger décalage provient d'une déviation des contraintes tectoniques alpines due à la présence des décrochements principaux.

Une fois ce travail d'observation effectué, il était intéressant de pouvoir mettre face à face la tectonique observée en surface à celle qu'on peut observer sous terre, afin de comparer les résultats et de pouvoir ainsi juger de l'importance de la fracturation dans la genèse des galeries du massif.

FRACTURATION SOUS TERRE

La fracturation a été relevée dans deux cavités types, la Neuenburgerhöhle et le P 164. Ces cavités, bien que proches l'une de l'autre, présentent des caractéristiques différentes. La première, très ramifiée, se développe dans une zone plissée et sur plusieurs niveaux stratigraphiques, la seconde, peu ramifiée, suit fidèlement le plongement des couches de la dalle monoclinale au contact Schrattefluh/Drusbergschichten.

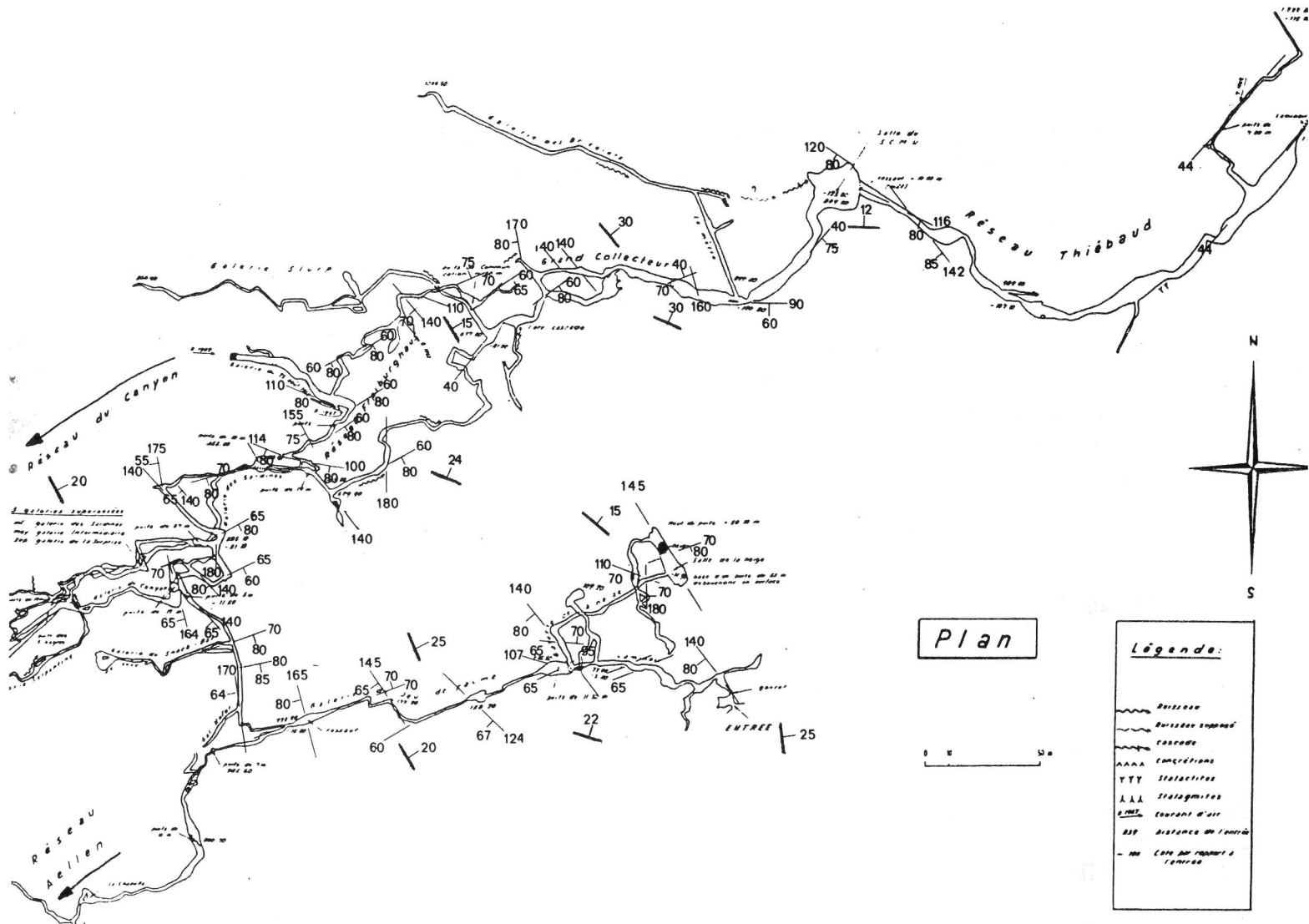


Fig. 1. - Topographie de la Neuenburgerhöhle avec report des mesures des plans de faille et de la stratigraphie (les fractures sans mention de pendage sont subverticales).

LA NEUENBURGERHÖHLE (G 20)

Cette cavité se développe dans la partie NE du Böli, en partie dans l'axe du synclinal de Chlus. Comme elle comptabilise un développement important, seules les galeries faciles d'accès ont été étudiées. Toutes les fractures visibles le long de ces galeries ont été mesurées, puis reportées sur le plan de la grotte (fig. 1). Les mesures de stratigraphie y ont aussi été reportées. La longueur cumulée des galeries auscultées avoisine les 1500 m.

Sur tout le cheminement étudié, rares sont les tronçons où aucune faille n'est observable dans l'axe de la galerie. Relevons que, à quelques endroits, lorsque le toit de la galerie est trop haut ou caché (section coudée), l'observation des failles n'est plus possible.

Dans certains passages au pourtour bien visible, aucune faille n'a été observée. C'est le cas dans la galerie très sinueuse à l'E du réseau Freiburghaus. Deux raisons complémentaires peuvent être invoquées. Cette galerie est creusée en méandre et elle suit stratigraphiquement la limite calcaires/marnes. Le mode de formation de la galerie est ici dicté par la stratigraphie et l'érosion en méandre due à l'action de l'eau.

A part donc quelques exceptions, toutes les galeries visitées sont liées à des fractures.

Dans les galeries situées totalement au sein du Schratenkalk, la prédominance de la fracturation en tant que mode de formation des galeries est évidente.

DIRECTION DE DRAINAGE

Certaines galeries de la Neuenburgerhöhle sont dites fossiles, c'est-à-dire que le réseau hydrologique responsable de leur formation a disparu. C'est le cas du réseau d'entrée, de la galerie du Jeu de Paume et du réseau Thiébaud, qui sont en surélévation par rapport au reste des galeries et se situent stratigraphiquement au-dessus de la limite calcaires/marnes.

D'après AELLEN et al. (1963), ces réseaux plus anciens ont été formés en mode phréatique. Cela implique un niveau hydrostatique supérieur à l'emplacement de ces galeries, donc bien plus élevé qu'actuellement. La hauteur de cette nappe est expliquée par l'absence, à l'époque, des cluses des deux Emme (Antérisien).

L'ensemble des autres galeries de la cavité est en système "actif" avec un mode d'écoulement vadose, au contact

calcaires/marnes. Un ruisseau principal prend naissance dans le réseau du Canyon et suit le toit des marnes du Drusberg jusqu'à la Salle du SCMN, où il se perd dans les éboulis. Deux affluents provenant du flanc NW du synclinal de Chlus (galerie Slurp et galerie des Bricelets) viennent se jeter dans ce ruisseau.

L'écoulement principal draine le fond du synclinal de Chlus en suivant son plongement. La direction de drainage est donc dirigée contre l'E-NE.

Les galeries sont donc logiquement creusées en majorité sur des failles subparallèles à ce gradient (failles N 60°). Pour les deux affluents précités, il en va autrement. Comme ils sont situés sur le flanc NW du synclinal, le gradient hydraulique y est E-SE. Les fractures à la base de ces galeries sont plutôt des décrochements dextres.

LE P 164

Cette cavité s'ouvre quelque 500 mètres au NW d'Ober Ruchweid. Elle se développe dans une zone où la stratigraphie est plus régulière avec un pendage de 20 à 30° vers le SE (dalle monoclinale).

Comme pour la Neuenburgerhöhle, les fractures visibles ont fait l'objet d'un relevé (fig. 2) sur environ 400 m de galeries.

Ce relevé montre une fracturation moins complexe, avec d'importantes failles directrices des systèmes longitudinaux et des décrochements sénestres. Ici aussi, la fracturation est à l'origine de la formation des galeries sur quasiment tout le parcours, là où les observations étaient possibles.

DIRECTION DE DRAINAGE

Le système est entièrement creusé en régime vadose, se développant au contact Schratenkalk/marnes du Drusberg. La prédominance des fentes de tension et décrochements sénestres pour la formation des galeries est nette.

La direction de drainage est délicate à donner dans ce secteur, car il semble que le P 164 soit "attiré" par une combe située au SW (le terminus du gouffre se situe sous cette combe). De ce fait, le gradient hydraulique du secteur doit plutôt se trouver sur un axe N 140-150° par rapport à la plus grande pente axée env. N 130°.

Cette situation peut expliquer la supériorité inhabituelle des décrochements sénestres par rapport aux dextres dans la karstification de cette cavité, les décrochements sénestres formant l'angle le plus aigu avec la direction de drainage.

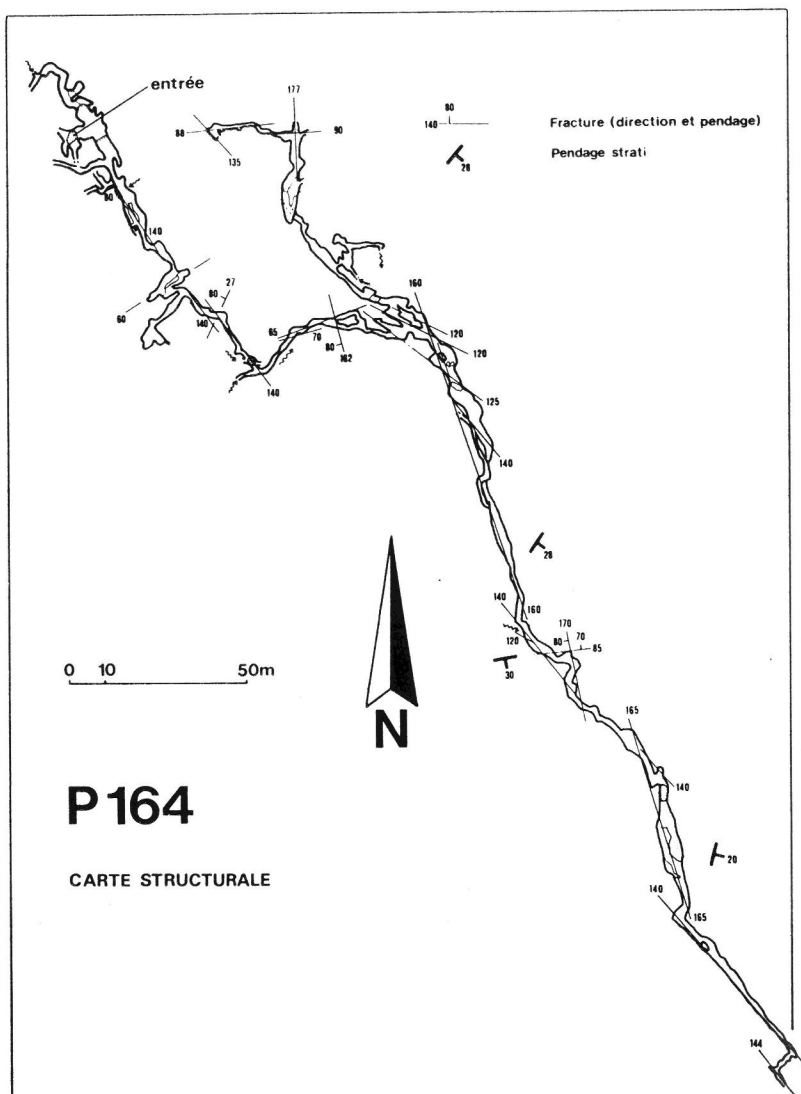
Fig. 2. - Topographie du P 164 avec report des mesures des plans de faille et de la stratigraphie (les fractures sans mention de pendage sont subverticales).

SYNTHESE

Les résultats de l'observation des fractures dans ces deux cavités montrent la prépondérance de la fracturation comme mode de formation des galeries, car des failles ont pu être mises en évidence dans l'axe de la plupart des galeries. Si l'on regarde l'importance par familles, on constate que la fracturation d'ordre secondaire reste très marginale par rapport à la fracturation primaire.

La stratigraphie joue en parallèle un rôle essentiel (horizons imperméables, direction de drainage) lorsque l'écoulement est libre (vadose). Les familles de failles proches de l'axe de drainage sont dans les deux cas plus développées que les autres familles (famille des failles longitudinales N60° dans la Neuenburgerhöhle et fentes de tension et décrochements sénestres dans le P 164).

D'autres modes de formation (creusement sur des discontinuités, inhomogénéités ou stylolithes, creusement aléatoire) peuvent avoir eu une influence en quelques points, mais il n'est pas possible d'interpréter ces facteurs, car ils ne laissent pas de "traces" visibles.



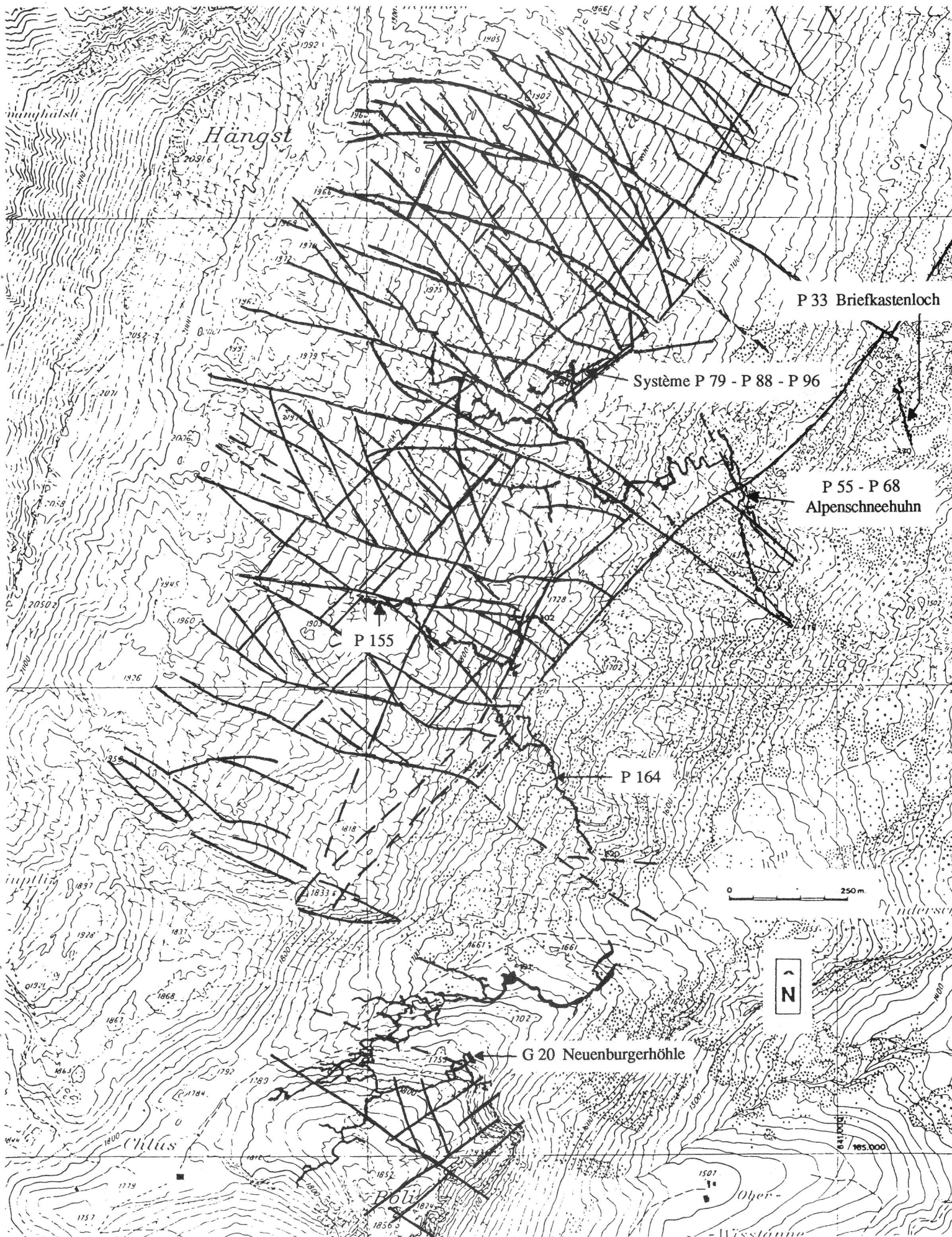


Fig. 3. - Carte de la fracturation de la région Böli-Oberschlag avec les topographies des cavités les plus importantes.

COMPARAISON AVEC LA TECTONIQUE DE SURFACE

Pour se faire une idée des différences entre la fracturation sous terre et celle visible en surface, il a été superposé le plan d'ensemble des cavités et la partie correspondante de la carte de la fracturation (fig. 3).

Il est fort intéressant de constater qu'aucun des réseaux n'épouse la trace d'une faille importante cartée en surface. Quelques galeries tout au plus sont situées au droit de failles visibles en surface.

Pour la Neuenburgerhöhle, citons deux mesures prises au départ du réseau Freiburghaus, situées au droit du décrochement dextre passant par le point 1755. Les failles longitudinales de direction N 60°, bien visibles sous terre, ont des équivalents en surface, mais plus au sud. La plus septentrionale des failles cartées en surface est recoupée dans le laminoir d'entrée de la grotte. Toutes les autres familles observées sous terre sont invisibles en surface.

Pour le P 155, sa branche W se développe en partie sur un décrochement (extrémité W) et sous deux fissures de tension. Une partie de la branche E suit une faille longitudinale env. N 40°.

Pour l'Alpenschneehuhnöllensystem, citons deux galeries, l'une au N, l'autre au SE du P 55, situées à l'aplomb de deux failles existantes. Relevons que la galerie terminale du gouffre (point -478 m), dans laquelle s'écoule une rivière souterraine, rejoint un décrochement dextre important. Il serait intéressant de savoir si, dans ce cas précis, cette discontinuité majeure n'est pas utilisée pour faire s'écouler cette importante masse d'eau.

Pour le P 164, aucune observation ne peut être mentionnée, car la zone de surface où il se développe est recouverte de Quaternaire, empêchant l'observation des fractures.

En définitive, si l'on se réfère aux trois premiers réseaux, les failles majeures ne sont que peu mises à profit par l'écoulement. Pourtant, ces failles se développent dans tout le niveau de Schrattekalk. Pourquoi ne sont-elles pas autant de drains pour l'écoulement quand elles ont la même direction que le gradient hydraulique?

La réponse est à chercher dans la complexité des écoulements souterrains tout d'abord en subsurface, où l'infiltration se fait à partir de chaque fente de lapiaz, puis plus profondément où l'écoulement utilise toutes les fractures possibles, donc en grande partie des failles "mineures" échappant à la cartographie de surface.

L'écoulement ne suit pas éternellement une seule et même faille car de nombreuses autres failles sont recoupées et, dès que l'une d'entre elles offre de meilleures caractéristiques (ouverture, direction), il s'y engouffre en délaissant la première.

L'utilisation alternée de deux systèmes de failles est généralement constatée. Nous en avons un exemple dans le P 164 avec une alternance de fissures de tension et de décrochements sénestres depuis la bifurcation de la galerie du Chat perché jusqu'au terminus.

CONCLUSION

Les observations sur la fracturation sous terre et en surface dans un secteur donné, en l'occurrence ici celui d'Oberschlag - Böli, montrent que la disposition des galeries ne correspond que peu à celle de la fracturation en surface. Cette différence est explicable par le fait que seules les failles importantes sont bien marquées en surface, alors que sous terre, les galeries vont être creusées selon des systèmes de fracturation de plus faible ampleur, avec une alternance fréquente d'un système à l'autre.

BIBLIOGRAPHIE

AELLEN, V., GIGON, R., GUYOT, C., PARATTE, A., TRIPET, J.-P. (1963) : Schrattefluh 1961-62, Cavernes 1-2, 1-27, 28-41.

BLANT, D. (1989) : Etude géologique et structurale du massif de la Schrattefluh, Chaîne bordière helvétique, Canton de Lucerne. Travail de diplôme, Université de Neuchâtel.

BLANT, D., DERIAZ, P., JEANNIN, P.-Y., HAPKA, R. (1989) : Schrattefluh (Flühli, LU) : une première vision d'ensemble du secteur Böli - Oberschlag. Stalactite 39,2.

JAMIER, D. et SIMEONI, G.P. (1974) : Considérations sur les rapports entre structure géologique et écoulements souterrains dans les formations calcaires des Sieben-Hengste. Actes du 5e congrès de spéléologie, Interlaken.

JAMIER, D. et SIMEONI, G.P. (1979) : Etude statistique de la distribution spatiale des éléments structuraux dans deux massifs des Alpes helvétiques : Conséquences pour l'hydrogéologie karstique. Bull. BRGM, sect. III (I).

JEANNIN, P.-Y. (1989) : Etude géologique de la région Burst - Sieben-Hengste (chaîne bordière helvétique, canton de Berne) : Apports de l'étude des cavernes à la connaissance structurale et à la mise en évidence des phases tectoniques quaternaires. Travail de diplôme, Université de Neuchâtel.

KIRALY, L. (1968) : Eléments structuraux et alignement de phénomènes karstiques (Région du gouffre du Petit-Pré de St-Livres, Jura vaudois). Bull. soc. neuch. sci. nat. 91, 129-146.

KIRALY, L., MATHEY, B., TRIPET, J.-P. (1971) : Fissuration et orientation des cavités souterraines - Région de la grotte de Milandre (Jura tabulaire). Bull. soc. neuch. sci. nat. 94, 99-114.

KIRALY, L. & SIMEONI, G. P. (1971) : Structure géologique et orientation des cavités karstiques : la grotte de "Chez le Brandt" (Jura Neuchâtelois). Bull. soc. neuch. sci. nat. 94, 91-97.

SCHIDER, R. (1913) : Geologie der Schrattefluh im Kanton Luzern. Mat. carte géol. Suisse (NF) 43.

SODER, P.A. (1949) : Geologische Untersuchung der Schrattefluh und des südlich anschliessenden Teiles der Habkern - Mulde (Kt. Luzern). Eclogae geol. Helv. 42.

La Mendiphöhle (G 35)

par Thomas BITTERLI, traduction Roman HAPKA

COORDONNÉES : 640.305 / 187.640

ALTITUDE : 1935 m

DEVELOPPEMENT : 685 m

DENIVELLATION : 107 m (+28 m / -79 m)

SITUATION : Depuis l'alpage de Silvängen, on emprunte le sentier pédestre en direction du Hengst. Une fois passé l'éperon rocheux de "La Verrue" par son flanc SW, on débouche dans une importante combe herbeuse à environ 1900 m d'altitude. Suivre celle-ci sur 200 m en direction du Hengst, et juste avant la perte de Heideloch, remonter le pierrier et puis la pente herbeuse dans le flanc du Hächlen en direction de Tierweid. L'entrée inférieure peu visible et de forme triangulaire est située quelques mètres à gauche d'une tache sombre dans la première petite falaise. Pour atteindre l'entrée supérieure continuer 35 m dans la pente plein N.

HISTORIQUE

La grotte a été découverte le 30 juillet 1963 par des membres du Mendip Caving Group (Grande-Bretagne) et du Spéléo Club des Montagnes Neuchâteloises. Elle a été explorée et topographiée en septembre-octobre de la même année par le SCMN. Les premiers résultats ont été relatés dans "Cavernes, 1963, 3-4, p. 69, 90-91, 94". La topographie a ensuite été publiée dans "Cavernes 1969, 2, p. 62-63".

Depuis, les critères qualitatifs de la topographie ont nettement évolué, ce qui a poussé à revoir complètement le relevé de cette cavité les 7 et 8 juillet 1990, à juste titre puisque des erreurs importantes ont été repérées. De surcroît, visitée lors de l'excursion géologique du stage technique SSS 1988, la Mendiphöhle avait retenu l'attention des géomorphologues présents et incité à une étude plus détaillée. Il en ressort que ses volumineuses galeries sont d'origine phréatique et représentent les reliques fossiles d'une nappe karstique située à plus de 1900 m d'altitude.

DESCRIPTION

NIVEAU SUPÉRIEUR

La zone d'entrée, aux parois fortement délitées par le gel, mène, après un ressaut et un parcours de 25 m, à la lèvre

de deux profonds puits parallèles, lesquels peuvent être contournés par la droite afin d'accéder à une galerie entrecoupée d'un petit puits aveugle. Après un passage bas dans un pierrier, on débouche à la base d'une spacieuse cheminée dans laquelle s'ouvre une lucarne à 6 m de hauteur. Celle-ci donne accès à une seconde cheminée qui débouche, 35 mètres plus haut, à l'air libre et en pleine pente (entrée supérieure). La galerie se termine dans le cône d'éboulis qui s'est formé à la base des deux cheminées.

Le plus volumineux des deux puits parallèles est profond de 25 m. A sa base, un méandre remontant se termine dans une trémie alors que, vers le bas, il jonctionne avec le puits jumeau. 4 m sous la lèvre du puits principal, une galerie secondaire a été atteinte. Elle mène à la base d'une série de 3 cheminées (non remontées), puis se dirige en ligne directe vers le NW. Elle est fortement remontante et se termine, après 45 m, devant une trémie où souffle un courant d'air. Vers le terminus, les parois sont de plus en plus enduites de mondmilch. A -6 m une lucarne conduit dans le puits parallèle.

Le départ du second puits est nettement plus insignifiant et se loge dans une niche. La verticale s'est développée à la faveur d'une faille NW-SE et débouche après 43 m au sommet d'une imposante galerie.

NIVEAU INFÉRIEUR

Vers l'aval, la Galerie Principale possède un volumineux profil en trou de serrure; elle se divise en trois branches après seulement 15 m. Vers le bas, le surcreusement disparaît après un petit ressaut dans un boyau descendant long de 20 mètres complètement obstrué par de l'argile.

Le plafond elliptique se poursuit dans une galerie fossile subhorizontale, haute de 5 m et aux parois partiellement concrétionnées. Malheureusement cette intéressante continuation se termine après 45 m dans une trémie.

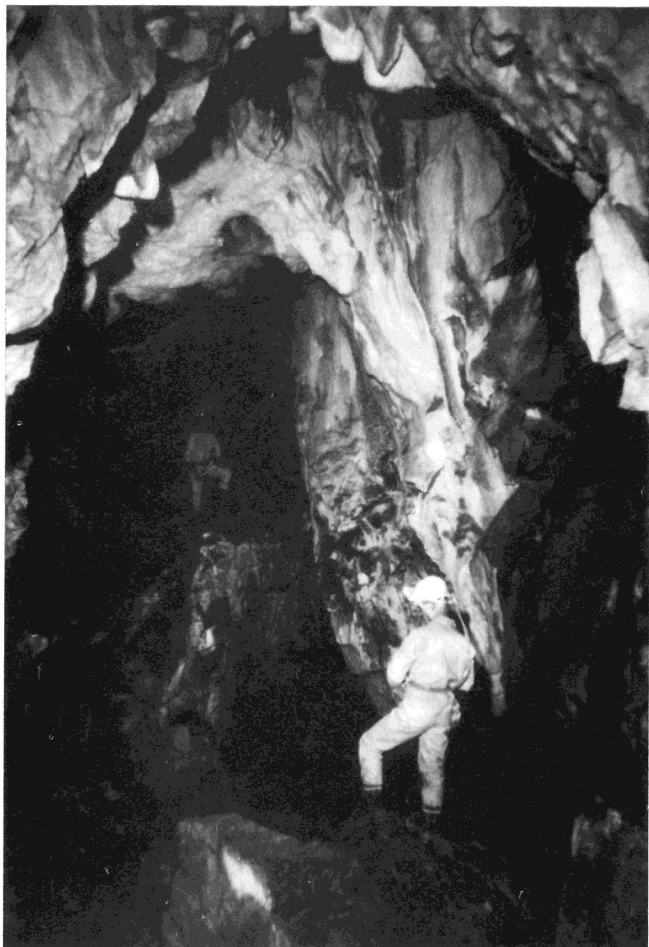
Le troisième départ, situé sur la droite du carrefour, est un méandre d'aspect assez anodin dans les premiers mètres. Après 20 m, il est également recoupé par une série de petites cheminées (non remontées). La galerie se divise ensuite en deux parties rapidement obstruées par des éboulis. Un courant d'air sensible souffle au point bas à moins 79 m.

Vers l'amont, depuis la base du P 43, la Galerie Principale devient de plus en plus spacieuse et atteint des dimensions

respectables (4x10 m) avec parfois un profil éboulé. Ce tronçon est marqué par d'importants effondrements rocheux qui ont créé un pierrier pentu. La galerie suit généralement une fracture SW-NE inclinée à 40 degrés vers le NW. Après quelques 60 m, elle vire brutalement à droite et son profil redevient brièvement du type "trou de serrure" alors que sa hauteur est de 7 m (profil 8). Mais rapidement les éboulis sont à nouveau prépondérants et quelques petits boyaux s'ouvrent au niveau du plafond.

25 m plus en avant, on atteint la partie la plus volumineuse de la cavité. A cet endroit, deux failles parallèles (N-S) mais d'inclinaisons opposées se croisent à une hauteur de 9-10 m créant ainsi un profil triangulaire (profil 9). La galerie, large parfois de 10 m, est barrée par des blocs dont certains atteignent les dimensions d'une maison. Ce sol bouleversé contraste fortement avec le plafond de couleur blanchâtre dont la régularité est uniquement éraflée par quelques plaques de décollement. Dans la partie centrale de ce tronçon, les blocs sont arrosés par une arrivée d'eau issue d'une cheminée, ce qui les a recouverts d'une couche de calcite.

Ce boulevard se termine après 60 m aussi abruptement qu'il a commencé; le sol ébouleux remonte fortement ne laissant bientôt plus qu'un étroit passage entre les blocs et



Galerie dans la Mendiphöhle (photo M. Borreguero)

le plafond. La morphologie change totalement, devenant plus complexe et la galerie se poursuit sous la forme d'un méandre étroit et remontant entrecoupé de cheminées. 20 m plus loin, le conduit devient exigu et se termine par un pincement d'où proviennent un filet d'eau et un courant d'air. Pour continuer, une désobstruction à l'explosif s'avèrerait nécessaire.

Dans la partie finale de la grande galerie se trouve encore une galerie secondaire qui se dirige vers l'W et dans laquelle souffle un fort courant d'air (Galerie Kurt). Elle constitue un véritable labyrinthe de boyaux phréatiques et de méandres étroits. Elle se termine après une quarantaine de mètres par la traditionnelle trémie d'où siffle le courant d'air.

MATERIEL

Le P 43 nécessite une corde de 50 m et un fractionnement à mi-hauteur. Les autres verticales, mis à part le puits parallèle profond de 25 m, ne nécessitent aucun agrès.

CLIMAT SOUTERRAIN

Les données suivantes concernent uniquement les journées estivales pluvieuses et fraîches du 6/7 juillet 1990.

La cavité se développe à une altitude moyenne de 1900 m ce qui laissait envisager des températures assez basses.

Pour l'air, elles se situent entre 2,3 et 3,2 degrés centigrades; la température augmentant depuis l'amont de la Galerie Principale jusqu'à la base du P 43. Aucune mesure n'a été effectuée vers l'aval au-delà du P 43. Les données manquent également pour la zone d'entrée.

Concernant l'eau, les variations de températures sont sensiblement plus importantes (2,3 - 3,8 degrés). Dans la partie supérieure de la Galerie Principale fossile, elles se situent, avec 2,3 degrés, légèrement en dessous de la température de l'air. Dans la partie médiane se trouve une arrivée d'eau plus "chaude" (jusqu'à 3,8 degrés). La conjonction des deux températures d'eau est, à cet endroit, plus élevée que celle de l'air.

L'ensemble de la cavité et en particulier l'amont de la Galerie Principale est parcouru par un fort courant d'air descendant, sensible même dans les tronçons les plus larges. Il provient des différentes petites galeries secondaires. Dans l'aval, il suit le niveau le plus bas et est très faible dans les galeries fossiles situées au-dessus.

BIOLOGIE

Quelques os de chiroptères ont été récoltés en divers endroits et remis pour détermination à Ph. Morel.

SEDIMENTS

Le niveau supérieur est marqué par de nombreux décollements et éboulements dus à la gélifraction. Dans la partie terminale de la galerie secondaire (profil 2), les parois sont recouvertes de mondmilch.

Dans le niveau inférieur, les amas de blocs et de pierres sont de dimensions respectables, certains blocs atteignant la taille d'une maison. Pratiquement tous les terminus sont constitués de trémies. Les sédiments sableux et argileux sont peu représentés et forment de fines croûtes sur le sol de la galerie fossile de l'aval (profil 4) et, localement, de l'amont entre les profils 7 et 8. Juste avant le profil 11, on trouve un cône d'argile reposant sur les éboulis.

Quelques rares concrétionnements ont été repérés dans la galerie fossile de l'aval. Seule la spacieuse partie terminale de la Galerie Principale est mieux concrétionnée. A cet endroit, on note la présence assez remarquable de plaques de calcite complètement recristallisées et atteignant 20 cm d'épaisseur. Elles sont localisées dans les plafonds et également dans la galerie Kurt où elles dépassent largement des parois. Situées toutes à une même altitude, aux environs du plafond actuel de la Galerie Principale, ces plaques témoignent d'un ancien stade d'évolution. Elles semblent avoir presque complètement rempli la galerie et avoir ainsi fonctionné à la manière d'un barrage épisodique qui serait à l'origine des dépôts argileux. Le plancher stalagmitique n'a vraisemblablement cédé qu'à une période récente, s'effondrant alors peu à peu dans la galerie inférieure présentant un profil d'incision.

GEOLOGIE

La cavité se développe presque exclusivement dans le Schrattekalk (Urgonien). A cet endroit, le pendage de la dalle est d'environ 30 degrés en direction du SE. La grande galerie fossile (Galerie Principale) recoupe régulièrement les couches marneuses des Drusbergerschichten et s'y enfonce parfois de quelques mètres. Cependant, étant donnée la très forte incision, les Drusbergerschichten sont souvent recouverts d'éboulis et, en plusieurs endroits, la galerie a migré de quelques mètres en hauteur.

Les joints de stratification ne sont pas prépondérants sur la morphologie des différentes galeries. Plus importantes sont les nombreuses fractures qui ont déterminé les directions des conduits et sont responsables des changements de directions abrupts ainsi que de l'aspect chaotique de certains tronçons. Les deux directions orthogonales NNE-SSW et WNW-ESE sont déterminantes. Seule la partie la plus large de la Galerie Principale fait exception; la fracture directrice est orientée du N au S et a un pendage de 50-60 degrés vers l'E.

MORPHOLOGIE

Deux niveaux subhorizontaux séparés par une zone verticale de 45 m caractérisent la topographie de la Mendiphöhle. Les puits sont tous issus de failles et créés en régime vadose.

Le niveau supérieur a été fortement délité par le gel, ce qui a occulté les profils originaux. Seuls quelques segments résiduels laissent supposer une origine phréatique. Les galeries sont de dimensions modestes et le développement est faible.

Le niveau inférieur est bien plus volumineux, et quoique souvent perturbés par des effondrements, les profils originaux en classique "trou de serrure" restent parfaitement visibles. Malheureusement, ces preuves de genèse phréatique se perdent quelque peu dans les zones fortement fracturées de l'aval et du terminus amont. Vers l'aval, l'écoulement s'est divisé en deux galeries d'aspect phréatique. Elles se perdent toutes deux dans des éboulis qui témoignent de la relative proximité de la surface. Seuls les surcreusements semblent être d'origine vadose.

A l'amont, le passage de la volumineuse Galerie Principale à des conduits méandreux et exigus généralement situés dans le plafond de la galerie est assez remarquable. Deux explications de cette "anomalie" semblent plausibles :

La galerie "monumentale" ne possède pas de continuation vers l'amont sous les éboulis. Elle doit uniquement son origine à l'addition de plusieurs facteurs favorables : marnes du Drusberg friables, faille importante et double arrivée d'eau opposée. La galerie primitive, plus petite et dont on voit encore des vestiges de plancher stalagmitique, se trouvait alors dans la zone frontière entre l'écoulement vadose (galerie secondaire) et phréatique (Galerie Principale). Ce n'est que dans une phase plus tardive, alors que le niveau de la nappe phréatique est descendu, qu'a débuté le surcreusement des galeries - accompagné d'une très forte incision - jusqu'à leur niveau actuel. Cette hypothèse est cependant contredite par la présence de volumineuses galeries situées plus en aval (profil 3, 6-8) et peu marqué par l'incision. Elles témoignent d'un bassin versant bien plus important que ceux que représentent les petites arrivées d'eau des galeries secondaires.

Les deux arrivées d'eau sont également des galeries secondaires du point de vue hydrogéologique. Le gigantesque conduit phréatique continue sous les amas de blocs et de pierres. Une continuation dans les marnes du Drusberg - que la galerie a déjà fortement entamées et dans lesquels la fracture N-S s'enfonce - n'est cependant pas envisageable. Pour rester dans le Schrattekalk, cette hypothétique galerie, doit virer fortement vers le NE voir l'E, mais dans tous les cas abandonner son ancienne faille directrice N-S.

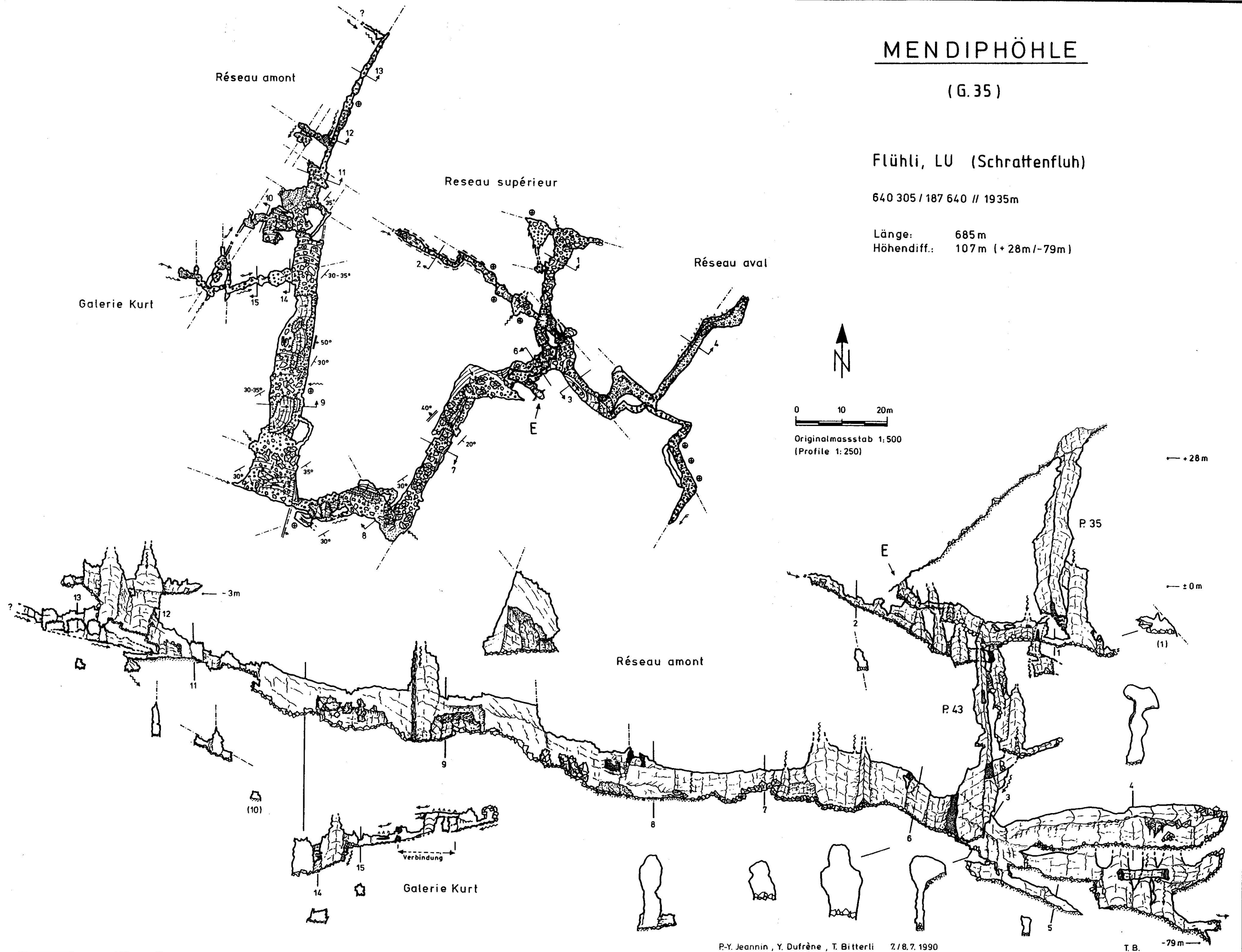
MENDIPHÖHLE

(G. 35)

Flühli, LU (Schraftenfluh)

640 305 / 187 640 // 1935m

Länge: 685 m
Höhendiff.: 107 m (+28m/-79m)



GENESE ET EVOLUTION

En regard des deux niveaux déterminés et malgré le faible développement de l'étage supérieur, deux phases noyées principales peuvent être postulées. La succession des événements a peut-être été la suivante :

Formation en régime noyé du niveau supérieur avec une nappe karstique située vers 1940 m de hauteur. La petite galerie secondaire s'ouvrant dans un des puits parallèles appartient vraisemblablement à ce niveau, voire en constitue un affluent.

La nappe karstique descend jusqu'au niveau des marnes du Drusberg, au-dessus desquels sa pente semble être assez importante. Captage du système via divers puits. Développement du niveau inférieur à la limite des marnes du Drusberg avec une pente importante vers l'amont. La surface piézométrique s'aplanit vers le SE et se distingue ainsi des marnes du Drusberg; ce phénomène est bien visible dans la galerie supérieure de l'aval.

Passage à des conditions vadoses avec vraisemblablement présence d'une zone de crue et passage épisodique d'importants débits d'eau. Début de l'érosion régressive dans l'amont et surcreusement d'un large méandre, atteignant 5 m de profondeur, dans l'aval.

Captage du niveau supérieur de l'aval accompagné de l'assèchement du méandre. Développement du niveau

intermédiaire dans des conditions plus ou moins phréatiques (zone de battement ou de crue). Les galeries de dimensions plus réduites indiquent des débits moins importants et/ou une phase active plus courte. Il est à noter que cette galerie se dirige dans une direction opposée à celle de la phase précédente.

Le niveau de la nappe phréatique continue à descendre. Captage régressif du niveau intermédiaire dans des conditions vadoses, généralement en des endroits où des cheminées fonctionnent comme arrivées d'eau.

Il faut relever que les trois stades d'évolution, déterminés à la suite d'observations morphologiques, correspondent à d'anciens niveaux de la nappe phréatique situés aux alentours de 1900 m d'altitude, c'est-à-dire à plus de 1000 m au-dessus du niveau actuel ! Il est difficile de se représenter l'aspect de la surface topographique à cette époque où les fonds des vallées - qui déterminent finalement l'altitude de la nappe phréatique - pouvaient se trouver au niveau des sommets actuels.

Signalons également la présence, sur le massif voisin des Sieben Hengste, de cavités analogues et situées à des altitudes comparables. Ce fait prouve le caractère non exceptionnel de la Mendiphöhle. A quelle époque remonte donc la phase d'activité de cette grotte ? Question intéressante car, en ce temps-là, la profonde vallée de l'Emme ne séparait pas encore le massif de la Schratzenfluh de ses illustres voisins.



Panorama de la région d'Heidenloch avec l'entrée de la Mendiphöhle (flèche) (photo E. Taillard)

LE CALCUL DES BOUCLES EN TOPOGRAPHIE SOUTERRAINE

par Eric Taillard

*Errare humanum est
Perseverare diabolicum*

AVERTISSEMENT

Lecteur innocent, si tu n'es ni amateur d' X et autre q , ni chatouilleur de matrices, et que tu rejettes l'erreur avant même de la calculer, ne t'égaré pas et passe ton chemin sans tenter le diable.

Lecteur inconscient, toi qui persévères dans l'erreur et qui veux descendre dans son cercle infernal, mesure bien ta décision et prépare-toi aux pires souffrances.

INTRODUCTION

Si beaucoup de spéléologues sont capables d'effectuer les calculs topographiques pour des cavités sans galeries qui bouclent sur elles-mêmes, peu en revanche savent comment corriger les erreurs de mesures effectuées lors d'une topographie qui comporte des boucles.

Ce fait est bien compréhensible si l'on tient compte de la bibliographie existante : il est facile de trouver un livre ou un article dans lequel les calculs pour des cavités sans boucles sont présentés (voir par exemple le cours de Grossenbacher) ; par contre, on constate un manque flagrant de littérature concernant la correction des erreurs de mesure.

Le but de cet article est de présenter deux méthodes de calcul, la première étant suffisamment simple pour pouvoir être utilisée sans l'aide d'une machine programmable donc utile pour le calcul «à la main» de petites cavités comprenant une ou deux boucles. La seconde méthode est un peu plus complexe car elle nécessite la résolution de systèmes d'équations linéaires, mais elle reste simple à programmer (voir figure 7) et fonctionne pour toute cavité.

DES COORDONNEES

Commençons par le début. Puisque les calculs en topographie souterraine ont pour but premier de transformer des

coordonnées sphériques — mesurées avec une chevillière, une boussole et un clisimètre — en coordonnées cartésiennes — que l'on peut aisément reporter sur papier millimétré — il nous faut d'abord choisir un repère orthonormé. À vrai dire, l'usage ne nous laisse guère de liberté car traditionnellement (si on se réfère à la manière dont Gigon donne les coordonnées des entrées de grottes) l'axe de la première coordonnée va d'Ouest en Est, celui de la deuxième du Sud au Nord et celui de la troisième de bas en haut. Nous nommerons donc très naturellement par la suite axe des x le premier de ces axes, y le deuxième et z l'axe vertical.

Exercices :

- Combien y a-t-il de manières différentes d'attribuer les lettres x , y et z à trois axes distincts ?
- Quelle est la meilleure manière d'attribuer ces lettres dans le cas qui nous intéresse ?

Réponses :

- Plusieurs
- La meilleure est celle décrite ci-dessus (évidemment !) car elle correspond à ce que l'on apprend à l'école sous nos latitudes, mais certains préféreront d'autres notations — pour des raisons historiques par exemple. Soyons conciliants et donnons-leur raison, sans pour autant adhérer à leur système.

La figure 1 représente le système orthonormé que nous avons choisi, avec une visée de longueur L , d'azimut A et de pente P . Le point de départ de cette visée est a et son point d'arrivée b . Il faut mentionner que les mesures ici indiquées correspondent aux valeurs que l'on peut lire dans les instruments les plus utilisés en Suisse (de marque Suunto, sans vouloir faire de publicité) ; certains instruments ont d'autres points de référence.

On notera les coordonnées cartésiennes d'un point a par le triplet (a^x, a^y, a^z) ; l'accroissement sur chacun des axes auquel participe une visée sera indiqué par Δ^x, Δ^y et Δ^z . Pour la figure 1, on a donc $\Delta^x = b^x - a^x$, $\Delta^y = b^y - a^y$ et $\Delta^z = b^z - a^z$ ou encore, si l'on exprime les Δ à l'aide des coordonnées sphériques :

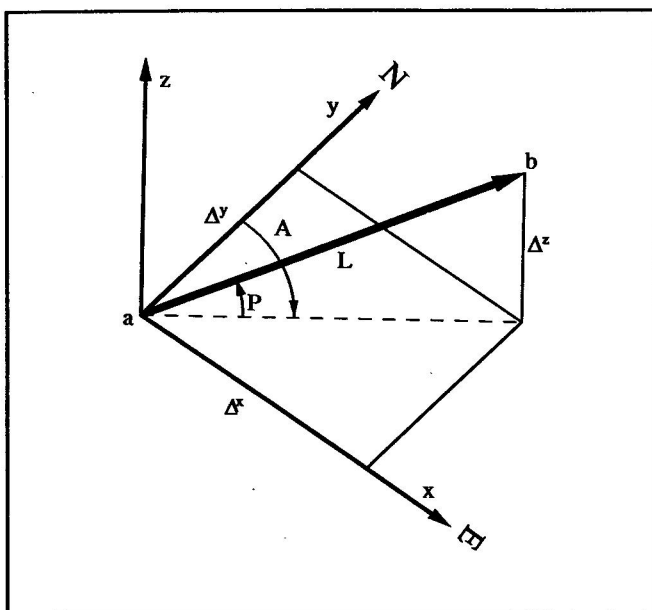


Figure 1 : Le système de coordonnées choisi.

$$\Delta^x = L \cdot \sin(A) \cdot \cos(P)$$

$$\Delta^y = L \cdot \cos(A) \cdot \cos(P)$$

$$\Delta^z = L \cdot \sin(P)$$

Ce sont là des formules bien connues du calculateur-topographe.

DES ERREURS

Maintenant que nous avons fixé le système de coordonnées dans lequel nous travaillons, il nous faut analyser la source de nos maux et examiner d'où proviennent les erreurs.

Comme nous effectuons trois mesures pour chaque visée et que ce sont les coordonnées cartésiennes qui nous intéressent, nous décomposerons pour chaque visée l'erreur que nous avons faite sur les trois axes x, y et z en une somme d'erreurs provenant des mesures de la longueur, de l'azimut et de la pente.

Commençons par le cas le plus simple : l'erreur de mesure sur la longueur. On admettra que cette erreur est proportionnelle à la longueur de la visée, c'est-à-dire qu'elle peut être exprimée en pour-cent : lorsqu'on affirme «La longueur L entre ces deux points est 10 m à ±1%» cela signifie qu'il est très peu probable que la longueur réelle ne soit pas comprise entre 9.9 m et 10.1 m ; en termes statistiques, on dira qu'on a effectué une mesure de longueur L avec un écart-type proportionnel à L/100.

En figure 2, voyons de manière concrète ce que cela signifie : nous avons représenté une visée de longueur mesurée L + e^L et de longueur réelle L. Cette visée, décomposée selon les trois axes du système cartésien a pour longueurs Δ^x, Δ^y et Δ^z. On voit que les longueurs

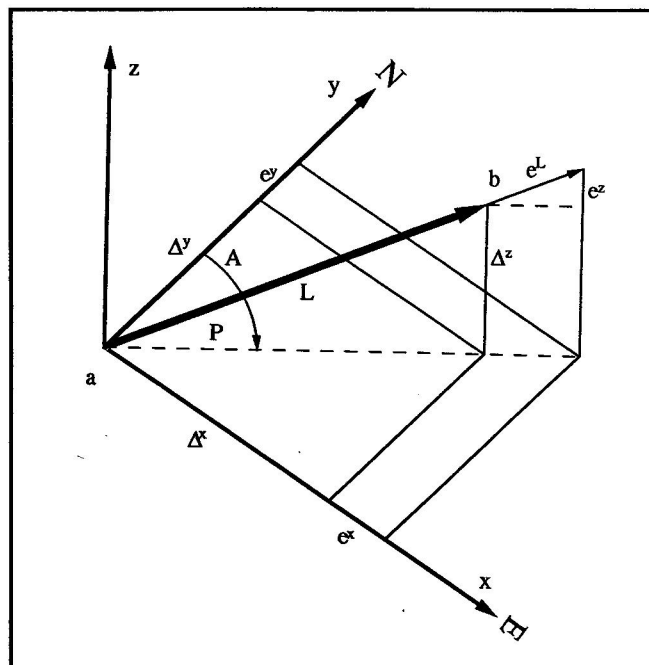


Figure 2 : Erreur de mesure de longueur.

mesurées sont Δ^x + e^x, Δ^y + e^y et Δ^z + e^z, avec e^x = Δ^x·e^L/L, e^y = Δ^y·e^L/L et e^z = Δ^z·e^L/L.

Par conséquent, si on effectue les mesures de longueur avec une précision p^L, la contribution due à l'erreur de mesure de la longueur d'une visée est au maximum pour chaque axe :

$$|p^L \cdot \Delta^x| = |p^L \cdot L \cdot \sin(A) \cdot \cos(P)|$$

$$|p^L \cdot \Delta^y| = |p^L \cdot L \cdot \cos(A) \cdot \cos(P)|$$

$$|p^L \cdot \Delta^z| = |p^L \cdot L \cdot \sin(P)|$$

Pour la mesure de l'azimut, on donnera la précision p^A en fraction de tours, par exemple, si on peut mesurer à ±1°, on aura p^A = 1/360.

En figure 3, on a représenté une visée de longueur L, d'azimut mesuré A + e^A et de pente P. L'azimut réel est A.

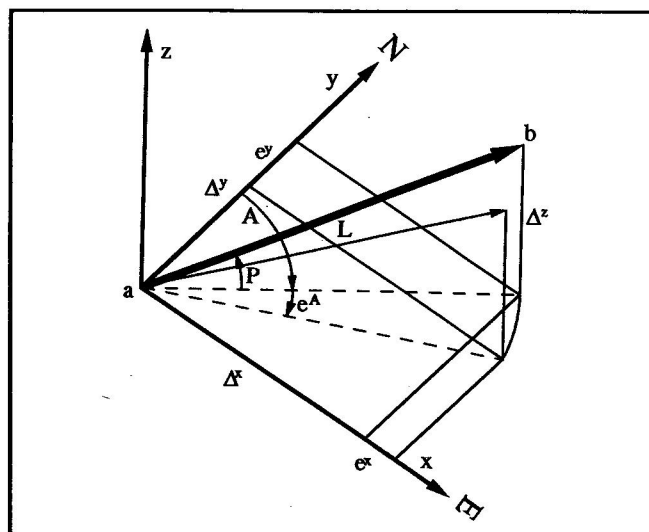


Figure 3 : Erreur de mesure de l'azimut.

La contribution de cette erreur sur x est :

$$L \cdot \cos(P) \cdot (\sin(A + e^A) - \sin(A))$$

ce qui est approximativement égal à :

$$L \cdot \cos(P) \cdot (\cos(A) \cdot e^A)$$

si on suppose e^A petit.

On obtient de même l'erreur approximative sur y et z. Par conséquent, si on effectue les mesures d'azimut avec une précision de p^A tours, on obtiendra une contribution due à l'erreur de mesure de l'azimut d'une visée pour chaque axe de :

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^A \cdot L \cdot \cos(A) \cdot \cos(P) |$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^A \cdot L \cdot \sin(A) \cdot \cos(P) |$$

$$0$$

Par un raisonnement analogue, si on effectue les mesures de pente avec une précision p^P , on obtient une contribution maximale due à l'erreur de mesure de la pente d'une visée pour chaque axe de :

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \sin(A) \cdot \sin(P) |$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \cos(A) \cdot \sin(P) |$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \cos(P) |$$

Mais on a omis dans ces dernières formules de tenir compte du fait que la précision de la mesure de l'azimut dépend de la pente : une visée très inclinée engendre une imprécision plus grande qu'une visée presque horizontale. Le cas extrême est celui d'une visée verticale et qui n'a pas d'azimut, donc toute visée que l'on croit verticale engendre une imprécision totale sur la mesure de l'azimut. C'est pourquoi nous majorerons les facteurs $\sin(A)$ et $\cos(A)$ des expressions ci-dessus par 1. On obtient donc finalement l'erreur possible sur chaque axe en sommant les erreurs provenant de toutes les mesures :

$$e^x = | p^A \cdot L \cdot \sin(A) \cdot \cos(P) | +$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot L \cdot p^A \cdot \cos(A) \cdot \cos(P) | +$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \sin(P) |$$

$$e^y = | p^A \cdot L \cdot \cos(A) \cdot \cos(P) | +$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot L \cdot p^A \cdot \sin(A) \cdot \cos(P) | +$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \sin(P) |$$

$$e^z = | p^A \cdot L \cdot \sin(P) | +$$

$$| 2 \cdot \pi \cdot p^P \cdot L \cdot \cos(P) |$$

Ces estimations des erreurs maximales nous seront utiles par la suite, mais ne nous donnent nullement les erreurs que

l'on a effectivement faites.

«Ô bienheureux qui peut encore espérer de surnager dans cet océan d'erreurs ! Ce qu'on ne sait point est précisément ce dont on aurait besoin, et ce qu'on sait, on n'en peut faire aucun usage». Essayons d'être moins pessimiste que Goethe et de corriger au mieux nos boucles.

VOTRE PREMIERE BOUCLE

Voilà ! vous êtes tout fier, vous venez de topographier votre première boucle. Mais vous êtes tout de même anxieux de savoir si vous avez travaillé précisément, alors, bien vite, vous calculez les accroissements Δ_1^x , Δ_1^y et Δ_1^z en x, y et z auxquels chaque visée i contribue. Comme vous venez de lire ce qui précède, vous calculez aussi les erreurs maximales possibles e_i^x , e_i^y et e_i^z : cela doit bien servir à quelque chose. Puis, pour les n visées de votre boucle, vous sumez les valeurs des Δ et vous reprenez votre souffle car vous savez que vous devriez obtenir 0.

Mais voilà ! le miracle ne s'est pas produit et vous obtenez :

$$0 \neq E^x = \Delta_1^x + \Delta_2^x + \dots + \Delta_n^x = \sum_{i=1}^n \Delta_i^x$$

$$0 \neq E^y = \sum_{i=1}^n \Delta_i^y$$

$$0 \neq E^z = \sum_{i=1}^n \Delta_i^z$$

E^x (respectivement E^y et E^z) est l'erreur que vous avez commise sur l'axe des x (respectivement y et z) le long de toute la boucle. Comme vous l'aurez deviné, tous les calculs seront similaires sur les axes x, y et z ; nous ne donnerons plus que les formules sur l'axe des x, étant sous-entendu qu'il faudra répéter les calculs pour les autres axes.

Est-ce que cette erreur est grave ? Vous vous souvenez que vous avez calculé les erreurs maximales e_i^x (que vous avez pu faire pour chaque visée ; mais comment évaluer l'erreur maximale que vous avez pu faire le long de toute la boucle ?

En ouvrant un livre de statistique, vous trouverez une phrase du genre : «La variance d'une somme de variables aléatoires est égale à la somme des variances si les variables aléatoires sont indépendantes» et une autre du genre «la variance est par définition égale au carré de l'écart-type».

Comme on suppose toutes nos mesures indépendantes les unes des autres, il est facile de calculer la variance de la somme des visées : soit $v_i^x = (e_i^x)^2$; v_i^x est proportionnel à la variance de chaque visée. La variance de la somme des visées est donc proportionnelle à $\sum_{i=1}^n v_i^x$. On en déduit que

l'erreur E^x est grave si $|E^x| > \sqrt{\sum_{i=1}^n v_i^x}$ car cela signifie que vous avez fait une erreur réelle plus grande que l'erreur de mesure maximale que vous estimez. Quelque chose n'a donc pas été fait correctement et il faut recommencer :

1) Les calculs (voyons ! il doit y avoir une erreur dans les calculs. Non ? Êtes-vous absolument certain de leur exactitude ? N'avez-vous pas mal évalué la précision des instruments ? Allons ! encore un petit effort intellectuel sinon l'erreur sera vraiment grave et il va falloir faire un gros effort physique !)

2) Les visées elles-mêmes (en changeant de topographe parce que ça commence à ne pas être drôle et que cette fois au moins ce ne sera plus votre faute !)

Vous voyez ! avec un peu de persévérance vous êtes arrivés

à $|E^x| \leq \sqrt{\sum_{i=1}^n v_i^x}$, donc l'erreur n'est pas très grave et il est possible de tricher un peu sur chaque visée pour fermer parfaitement la boucle.

Bien évidemment, plus l'erreur possible est élevée, plus on aura le droit de tricher. Ainsi, on obtiendra les valeurs des accroissements corrigés :

$$\Delta_i^x \text{ corrigé} = \Delta_i^x - \frac{E^x}{\sum_{i=1}^n v_i^x} \cdot v_i^x$$

Il est facile de voir que $\sum_{i=1}^n \Delta_i^x \text{ corrigé} = 0$.

Content de vos calculs, vous retournez sous terre et continuez la topographie de votre grotte où vous avez remarqué une cheminée ainsi qu'une cascade à remonter dans votre fameuse galerie en boucle ; il y aura certainement de la jolie «première».

Et il y en a : figurez-vous que dans la cheminée il y a un départ latéral qui débouche sur une rivière. Vous laissez l'amont pour une prochaine expédition et vous topographiez l'aval qui aboutit... précisément à la cascade repérée la première fois.

Ô rage ! Ô désespoir ! Ô rivière ennemie, il va falloir recommencer tous les calculs à cause de cette seconde boucle imbriquée dans la première. Mais au fait, comment les faire, ces calculs ?

VOTRE DEUXIEME BOUCLE

Résumons la situation en figure 4 : En a on a le départ de la cheminée qui débouche en b dans la rivière. Cette dernière se jette en c dans la galerie initiale.

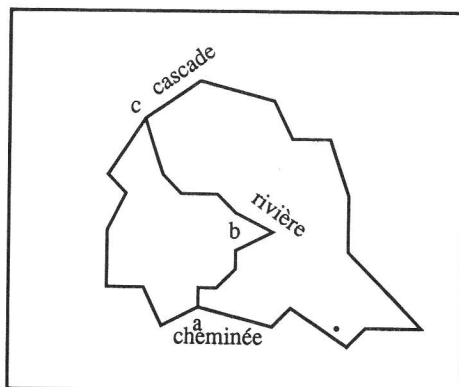


Figure 4 : Un réseau avec deux boucles imbriquées.

En réalité, vous avez mesuré la distance a-c trois fois : une première fois en passant à gauche par la galerie principale, une deuxième en passant par la droite et enfin en passant par la cheminée, la rivière et la cascade.

Vous calculez donc les valeurs $\Delta_1^x, e_1^x, \Delta_2^x, e_2^x$ et Δ_3^x, e_3^x qui correspondent à la distance (sur x) entre a et c et l'erreur maximale que vous avez pu faire le long de ces trois trajets différents. Tout se passe donc comme si vous aviez fait trois «super-visées» avec des précisions différentes. Afin d'alléger les formules par la suite, on appellera poids d'une visée la quantité $w_i^x = \frac{1}{v_i^x} = \frac{1}{(e_i^x)^2}$. Pour estimer la distance

$\Delta^x \text{ corrigé}$ entre a et c, vous devez donc faire une moyenne pondérée entre ces trois super-visées, en tenant plus compte des mesures précises (qui ont un grand poids) que des mesures imprécises :

$$\Delta^x \text{ corrigé} = \frac{w_1^x \cdot \Delta_1^x + w_2^x \cdot \Delta_2^x + w_3^x \cdot \Delta_3^x}{w_1^x + w_2^x + w_3^x}$$

Le long du premier trajet, vous estimez que vous avez fait une erreur $E_1^x = \Delta^x \text{ corrigé} - \Delta_1^x$, le long du deuxième $E_2^x = \Delta^x \text{ corrigé} - \Delta_2^x$, etc. Il ne reste donc plus qu'à répartir ces erreurs comme vous l'avez fait pour la boucle simple.

En réfléchissant un peu, vous réalisez que vous arriverez désormais à faire les calculs pour toutes les grottes du type série-parallèle, c'est-à-dire que l'on peut réduire à une seule super-visée : il suffit pour cela de réduire pas à pas chaque galerie simple (sans départ intermédiaire) en une super-visée et toutes les (super-) visées parallèles (entre deux mêmes points) en une seule (voir la figure 5 qui donne un exemple d'une telle réduction), puis de rétablir dans l'ordre inverse les visées normales en corrigeant les erreurs au fur et à mesure.

La méthode générale est la suivante : si on a n visées en série (c'est à dire une galerie simple) d'accroissements Δ_i^x et de poids w_i^x ($i = 1 \dots n$), la réduction donnera une super-visée d'accroissement :

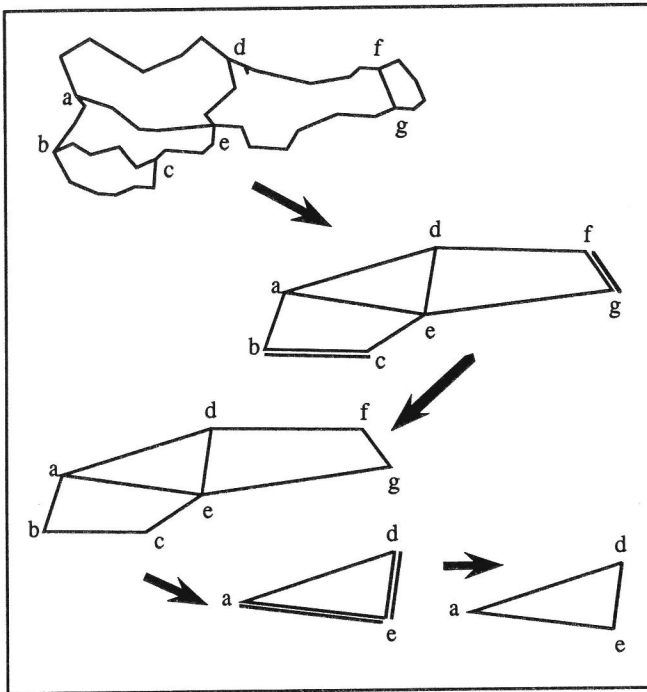


Figure 5 : grotte de type série-parallèle et réductions.

$$\Delta^x = \sum_{i=1}^n \Delta_i^x$$

et de poids

$$w^x = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{w_i^x}}$$

De même, si on a n visées parallèles, la réduction donnera une super-visée d'accroissement :

$$\Delta^x = \frac{\sum_{i=1}^n w_i^x \cdot \Delta_i^x}{\sum_{i=1}^n w_i^x}$$

et de poids :

$$w^x = \sum_{i=1}^n w_i^x$$

Fort de tous ces raisonnements, vous retournez confiant dans votre grotte pour topographier l'amont de la rivière que vous n'aviez pas encore exploré. Après quelques dizaines de mètres, vous remarquez que la rivière sourd d'un éboulis impénétrable. La topographie est donc terminée. Ah ! Non ! il y a un passage au-dessus de l'éboulis. Vous vous y enflez et débouchez dans une galerie assez spacieuse qui donne sur un petit puits. Comme vous êtes prévoyant, vous avez avec vous une échelle et vous pouvez descendre dedans pour aboutir dans une grande galerie.

Tiens ? Une marque de peinture rouge !

Vous vous rendez compte que vous êtes à nouveau dans la galerie initiale. Bah ! cela ne fera qu'une boucle supplémentaire.

Revenu chez vous, vous essayez de réduire votre grotte en une seule super-visée (voir figure 6, où d est le nouveau point de jonction) mais vous n'y arrivez pas.

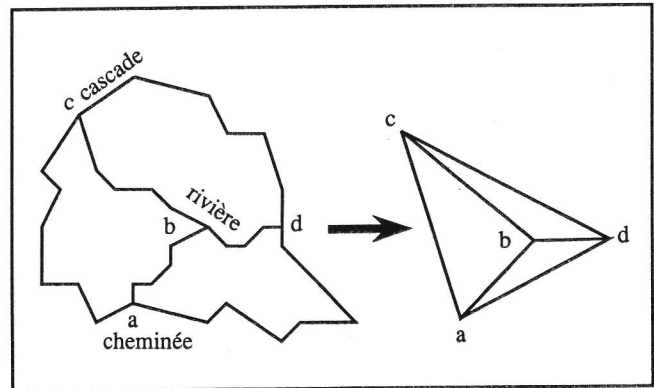


Figure 6 : Un réseau pas de type série-parallèle.

Il faudra donc trouver une autre méthode de calcul, et vous êtes bien décidé à ce que cette méthode marche pour toute grotte.

LE PRINCIPE DES MOINDRES CARRES

Numérotons les points topographiques de 0 à n (le point 0 est l'entrée de la grotte ; on supposera que ses coordonnées sont (0, 0, 0)), et les visées de 1 à m ; appelons L_i , A_i , P_i départ_i et arrivée_i, la longueur de la $i^{\text{ème}}$ visée, son azimut, sa pente, le numéro du point dont elle est issue et le numéro du point où elle aboutit ($i = 1 \dots n$) ; notre problème consiste à trouver les coordonnées (x_j , y_j , z_j) de chaque point j ($j = 1 \dots m$).

Lorsqu'on désire connaître la distance Δ_i^x réel entre deux points, on effectue une visée i accompagnée d'une erreur :

$\Delta_i^x = \Delta_i^x \text{ réel} + q_i^x \text{ réel}$, où $q_i^x \text{ réel}$ est l'erreur inconnue (sur x) que l'on a faite lors de la mesure. Comme on ne peut pas connaître cette erreur, on va chercher des valeurs x_j de coordonnées de chaque point j telles que la somme

$$\sum_{i=1}^m w_i^x \cdot (\Delta_i^x - (x_{\text{arrivée}_i} - x_{\text{départ}_i}))^2$$

soit la plus petite possible.

Expliquons quelque peu cette formule : La quantité $(x_{\text{arrivée}_i} - x_{\text{départ}_i})$ correspond à l'estimation de l'accroissement de longueur sur x de la visée i, donc $\Delta_i^x - (x_{\text{arrivée}_i} - x_{\text{départ}_i})$ correspond à l'erreur estimée sur cette visée. On met cette erreur au carré pour obtenir une

valeur non négative. On sait que plus la mesure d'une visée est précise, moins on a le droit de tricher ; d'où le poids w_i qu'il faut mettre devant chaque terme de la somme. Si on utilise des notations plus condensées on a :

— $\Delta^x, \Delta^y, \Delta^z$, départ, arrivée et w : vecteurs de taille m dont la $i^{\text{ième}}$ composante donne l'accroissement sur x, y et z de la visée i , son point de départ et d'arrivée et enfin son poids associé.

— x, y et z : vecteurs de dimension n dont la $j^{\text{ième}}$ composante donne les coordonnées en x, y et z du point j .

— R : matrice de dimension $m \times n$ décrivant le réseau et dont la composante (i, j) est définie par :

$$(R)_{ij} = \begin{cases} -1 & \text{si } \text{départ}_i = j \\ 1 & \text{si } \text{arrivée}_i = j \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

— W^x, W^y et W^z : matrices de dimension $m \times m$ des poids associés aux visées et définies par :

$$(W^x)_{ij} = \begin{cases} w_i^x & \text{si } i = j \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

On peut écrire les équations donnant les coordonnées cherchées :

$$x = (R^t \cdot W^x \cdot R)^{-1} \cdot R^t \cdot W^x \cdot \Delta^x$$

$$y = (R^t \cdot W^y \cdot R)^{-1} \cdot R^t \cdot W^y \cdot \Delta^y$$

$$z = (R^t \cdot W^z \cdot R)^{-1} \cdot R^t \cdot W^z \cdot \Delta^z$$

où le «t» placé en exposant d'une matrice signifie transposée et «-1» inverse.

La manière de résoudre ces équations importe peu; en figure 7 nous donnons un petit programme écrit en langage pascal qui effectue ces calculs en utilisant la méthode de factorisation de Cholesky. (On pourra se référer, pour l'estimation des coordonnées par les moindres carrés et la factorisation de Cholesky à l'ouvrage de Farebrother. En quelques mots : soit $B^x = R^t \cdot W^x \cdot R$, V^x une matrice triangulaire inférieure (dont les éléments au-dessus de la diagonale sont nuls) telle que $V^x \cdot (V^x)^t = B^x$, $t^x = R^t \cdot W^x \cdot \Delta^x$ et s^x tel que $V^x \cdot s^x = t^x$ (donc $(V^x)^t \cdot x = s^x$). La première étape consiste à calculer Δ^x, w^x, B^x et t^x en fonction des visées que l'on a faites, puis à factoriser B^x pour obtenir V^x puis à calculer s^x et enfin x .

Il faut mentionner que l'on peut optimiser ce programme au niveau de l'espace mémoire nécessaire à son fonctionne-

ment : on peut utiliser la variable B pour mémoriser à la fois V et B ; nous ne l'avons pas fait par souci de clarté.)

VOTRE PREMIER GRAND RESEAU

Qu'il a été long le chemin de la correction de boucles. Finalement, nous avons obtenu une méthode qui fonctionne pour n'importe quel réseau connexe (dont on peut atteindre n'importe quel point à partir de l'entrée en suivant des visées). Cette dernière méthode est-elle équivalente, pour des grottes série-parallèle, à la première qui consistait à réduire la grotte en une super-visée ? La réponse est oui (ouf !)

Cela est intéressant direz-vous, mais, comme vous avez programmé la méthode des moindres carrés parce que vous n'aviez qu'à la copier, à quoi vous sert la première méthode ?

Elle vous servira pour calculer votre premier grand réseau, car, telle qu'elle est décrite ci-dessus, la méthode des moindres carrés nécessite une taille mémoire proportionnelle au carré du nombre de points topographiques. En effectuant la réduction des galeries simples en super-visées, vous n'aurez besoin plus que d'une place mémoire proportionnelle au carré du nombre de boucles, ce qui sera un gain non négligeable si vous travaillez sur une petite machine. De plus, le temps de calcul sera réduit d'un facteur encore plus grand.

Cependant, des programmes de calculs de coordonnées plus «professionnels» utilisent une méthode différente de correction par les moindres carrés ; ils résolvent par la méthode dite des «gradients conjugués», moins gourmande en place mémoire, les équations donnant les coordonnées. Ne vous étonnez donc pas si vous obtenez des résultats légèrement différents avec un autre logiciel, par exemple «Toporobot».

Voilà ! la boucle est bouclée ; à vous de jouer !

BIBLIOGRAPHIE.

- R. W. FAREBROTHER (1988): «Linear least squares computations». - volume n° 91 de la série «statistics : text books and monographs»; M. Dekker Inc., New-York & Bâle.
- R. GIGON (1976): «Inventaire spéléologique de la Suisse, volume 1 : Canton de Neuchâtel». - Commission de Spéléologie de la Société helvétique des Sciences naturelles, Neuchâtel.
- Y. GROSSENBACHER (1991): «Topographie souterraine». - Société suisse de spéléologie, Neuchâtel.

```

program calcule_coordonnees(input,output);
const  pi = 3.14159265359;
       n_max = 50; (* nb max de pt topo *)
       m_max = 70; (* nb max de visees *)

type t_reel = double;
(* si le compilateur ne supporte pas : real *)
coordonnees = array[1..3] of t_reel;
(* L, A, P ou x, y, z *)
debut_fin = record
  debut, fin : integer
  (* pt initial et final d'une visee *)
end;

var delta, visee, w : array[1..m_max] of coordonnees;
    Lp : array[1..m_max] of t_reel;
    t, s : array[1..n_max] of t_reel;
    c : array[0..n_max] of coordonnees;
    points : array[1..m_max] of debut_fin;
    V, B : array[1..n_max, 1..n_max] of t_reel;
    nb_visees, nb_pts, nb_divisions, echelle,
    no_coord : integer;
    deviation, preci_L,
    preci_A, preci_P : t_reel;

procedure lire_donnees;
var i : integer;
begin
  writeln('Mesure en grades (400) ou degres (360) ? ');
  readln(nb_divisions); writeln(nb_divisions);
  writeln('Precision des instruments (L, A, P)');
  readln(preci_L, preci_A, preci_P);
  writeln(preci_L:10:3, preci_A:10:3, preci_P:10:3);
  writeln('deviation de l'aiguille aimantee ? ');
  readln(deviation); writeln(deviation:10:3);
  writeln('Echelle (100 pour 1/100) ?');
  readln(echelle); writeln(echelle:5);
  writeln('Coordonnees du point 0 (x,y,z [m]) ?');
  readln(c[0,1], c[0,2], c[0,3]);
  writeln(c[0,1]:10:3, c[0,2]:10:3, c[0,3]:10:3);
  writeln('Nb de points topo et nombre de visees ? ');
  readln(nb_pts, nb_visees);
  writeln(nb_pts:5, nb_visees:5);
  for i := 1 to nb_visees do begin
    writeln('visee ',i:4,
      '; point de depart et d'arrivee, L, azimut, pente ?');
    readln( points[i].debut, points[i].fin,
      visee[i,1], visee[i,2], visee[i,3]);
    writeln( points[i].debut:4, points[i].fin:4,
      visee[i,1]:10:2, visee[i,2]:10:2,
      visee[i,3]:10:2)
  end
end;

procedure calcule_delta_Lp_w;
var i : integer;
begin
  for i := 1 to nb_visees do begin
    visee[i,2] := visee[i,2] + deviation;
    visee[i,2] := 2*pi * visee[i,2]/nb_divisions;
    visee[i,3] := 2*pi * visee[i,3]/nb_divisions;
    Lp[i] := visee[i,1] * cos(visee[i,3]);
    delta[i,1] := Lp[i] * sin(visee[i,2]);
    delta[i,2] := Lp[i] * cos(visee[i,2]);
    delta[i,3] := visee[i,1] * sin(visee[i,3]);
    w[i,1] := 1/( abs(delta[i,1] * preci_L) +
      abs(2*pi * delta[i,2] * preci_A) +
      abs(2*pi * delta[i,3] * preci_P));
    w[i,1] := w[i,1] * w[i,1];
    w[i,2] := 1/( abs(delta[i,2] * preci_L) +
      abs(2*pi * delta[i,1] * preci_A) +
      abs(2*pi * delta[i,3] * preci_P));
    w[i,2] := w[i,2] * w[i,2];
    w[i,3] := 1/( abs(delta[i,3] * preci_L) +
      abs(2*pi * Lp[i] * preci_P));
    w[i,3] := w[i,3] * w[i,3];
    Lp[i] := 1000*Lp[i]/echelle
  end
end;

function R(i,j: integer): integer;
begin
  if points[i].debut = j then R := -1
  else if points[i].fin = j then R := 1
  else R := 0
end;

function Rtw(no_coord, i, k : integer) : t_reel;
begin
  if points[k].debut = i then Rtw := -w[k, no_coord]
  else if points[k].fin = i then Rtw := w[k,no_coord]
  else Rtw := 0.0
end;

procedure construit_B_t(no_coord : integer);
var i,j,k : integer;
begin
  for i := 1 to nb_pts do
    for j := i to nb_pts do begin
      B[i,j] := 0.0;
      for k := 1 to nb_visees do
        B[i,j] := B[i,j] + Rtw(no_coord,i,k)*R(k,j)
      end;
    end;
  for i := 1 to nb_pts do begin
    t[i] := 0.0;
    for k := 1 to nb_visees do
      t[i] := t[i] + Rtw(no_coord,i,k)*delta[k,no_coord]
    end
  end;
end;

procedure calcule_V;
var i,j,k : integer;
    somme : t_reel;
begin
  for i := 1 to nb_pts do begin
    somme := 0.0;
    for k := 1 to i-1 do somme := somme+V[i,k]*V[i,k];
    V[i,i] := sqrt(B[i,i]-somme);
    for j := i+1 to nb_pts do begin
      somme := 0.0;
      for k := 1 to i-1 do
        somme := somme + V[i,k] * V[j,k];
        V[j,i] := (B[i,j] - somme)/V[i,i]
      end
    end
  end;
end;

procedure calcule_c(no_coord : integer);
var j,k : integer;
    somme : t_reel;
begin
  for j := 1 to nb_pts do begin
    somme := 0.0;
    for k := 1 to j-1 do somme:= somme + V[j,k]*s[k];
    s[j] := (t[j] - somme)/V[j,j]
  end;
  for j := nb_pts downto 1 do begin
    somme := 0.0;
    for k := j+1 to nb_pts do
      somme := somme + c[k,no_coord]*V[k,j];
    c[j,no_coord] := (s[j]-somme)/V[j,j]
  end;
  for j := 1 to nb_pts do
    c[j,no_coord] := (c[j,no_coord] + c[0,no_coord]) *
      1000 / echelle;
  c[0,no_coord] := c[0,no_coord] * 1000 / echelle
end;

procedure imprime_resultats;
var i : integer;
begin
  writeln('visee : No, L[m], Lp[mm] et delta (x, y, z [m]);');
  for i := 1 to nb_visees do
    writeln( i:4, visee[i,1]:8:4, Lp[i]:8:1,
      delta[i,1]:8:3,delta[i,2]:8:3,delta[i,3]:8:3);
  writeln('coordonnees des pts topo (no, x,y,z[mm]) :');
  for i := 0 to nb_pts do
    writeln(i:4,c[i,1]:8:1,c[i,2]:8:1,c[i,3]:8:1)
  end;
begin
  lire_donnees;
  calcule_delta_Lp_w;
  for no_coord := 1 to 3 do begin
    construit_B_t(no_coord);
    calcule_V;
    calcule_c(no_coord)
  end;
  imprime_resultats
end.

```

Figure 7 : Programme pascal pour le calcul de n'importe quelle grotte.

MEXIQUE

Cerro Rabon : Premiers résultats de l'expédition 1991

Par Pierre-Yves Jeannin (Troglolog)

L'année 91 entrera sans aucun doute dans les annales des expéditions au Cerro Rabon. Le premier record était sans doute le nombre de participants –plus de vingt personnes– qui nous a permis de tirer profit du nombre et des qualités de chacun, et d'aboutir à de bons résultats.

Le point de mire de l'expédition était évidemment le Kijahe Xontjoa qui nous avait mené à –973 m en 1989 où un siphon nous barrait la route. A –950 mètres une galerie avait été entrevue. Le fort courant d'air qui s'y engouffrait nous laissait rêveur...

C'est donc de longue date que le rendez-vous avait été fixé, le 4 mars 1991 à Huautla de Jimenez (Oaxaca, Mexico) pour les participants à l'expédition 91. Quinze Suisses (Bâlois, Fribourgeois et Neuchâtelois), six Américains et une Anglaise formaient le groupe. Après les retrouvailles, toute l'équipe se dirige vers Tenango où le protocole administratif retient une partie de l'équipe. Les autres s'en vont déjà s'attaquer à la construction du camp de base.

C'est le 8 mars, enfin, que tout est prêt et que la première expé peut avoir lieu. Pour nous mettre en train, nous allons d'abord faire un objectif facile vers –320 m dans le Kijahe. Philippe s'était arrêté au sommet d'un puits voici deux ans... On en profite pour contrôler l'équipement du P200. Après quelques heures de pointe, on doit s'arrêter en bout de corde, comme d'habitude dans le Kijahe, nous avons déjà utilisé les deux cents mètres de corde que contenaient nos sacs... et ça continue.

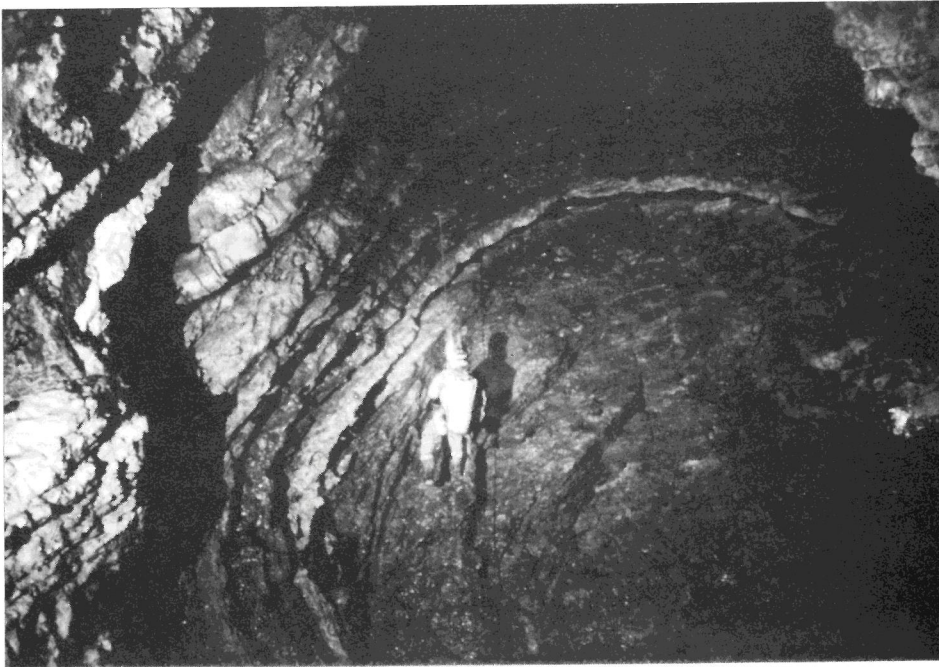
La pluie fait son apparition : en une nuit il pleut plus de 70 mm. Impossible de descendre au fond du Kijahe car les puits sont arrosés à partir de –500. On se rabat alors sur d'autres objectifs : Up Hill Cave, une petite grotte connue sur 80 mètres, est topographiée. Après une escalade, une

suite y est découverte et la cavité acquiert rapidement le nom de "Endless Cave". Son développement passe progressivement à 200, 500, 800 m pour dépasser, à la fin du camp, le kilomètre. Malgré une dizaine d'expéditions, divers puits restent à descendre et toutes les galeries, parfois étroites ou sinueuses n'ont pu y être reconnues. Des observations archéologiques ont été effectuées dans le secteur de la grotte ainsi que dans la cavité elle-même. A n'en point douter, les ancêtres des Mazatèques actuels utilisaient largement les cavernes pour s'y abriter, y capter de l'eau ou pour y enterrer leurs morts.

Vingt personnes, ça «mange» beaucoup d'objectifs et, au Mexique, beaucoup de corde! Après quelques jours, notre kilomètre et demi de nouille est dangereusement menacé et il nous faut en conserver un minimum pour pouvoir descendre au fond du Kijahe. Nous adoptons donc une "stratégie d'exploration" qui évite le gaspillage de corde. C'est bien simple, il suffit de terminer au plus vite les cavités commencées avant d'en explorer de nouvelles.

C'est d'abord Nita Xcoa, explorée jusqu'à –173 m en 1989 qui nous occupe pendant quelques jours. Après deux ou trois descentes le fond en est atteint (–240 mètres). A peine déséquipées, les cordes repartent dans une cavité voisine : Nita Granola qui, après plusieurs puits entrecoupés de méandres, nous mène à son fond à la cote –270 m. Dans un rayon de 150 m, c'est la troisième cavité, après Nita Ya Heke et Nita Xcoa, à dépasser 200 mètres de profondeur! Plusieurs autres petits puits voisins sont encore visités mais sans grandes découvertes.

A proximité de l'entrée du Kijahe quelques dolines sont prospectées et des cavités longues de 200 ou 300 mètres y



*Le Kijahe Xontjoa vers -600 m
au début de la "Wet pit serie".
(photo P. Schenker)*

sont topographiées. Parmi elles, un joli puits de 150 mètres de profondeur. Certaines semblent encore pouvoir offrir des suites prometteuses...

Le Mexique, c'est aussi la jungle où il fait bon tailler son chemin à la recherche de quelque cité perdue ou pourquoi pas d'un gouffre inexploré. Un chemin taillé en 89 est taillé à nouveau, la jungle ayant repris ses droits. Une zone intéressante est atteinte, mais le temps manque pour y explorer les cavités situées à 4 ou 5 heures de marche du camp de base. Un bivouac s'imposera. D'autres cavernes sont inventoriées çà et là dans la jungle.

C'est le 13 mars, alors que la saison sèche semble cette fois-ci bien installée, que nous nous attaquons au morceau de choix... le fond du Kijahe. Comme il ne reste déjà plus que deux semaines d'expédition, nous décidons de lancer directement une grande offensive : nous descendons à six, avec trois matériels de couchage – on fait des rotations pour dormir – et des vivres pour quatre jours (trois nuits). L'objectif est simple : explorer et si possible s'offrir le luxe de passer la barrière tant convoitée des -1000 m.

Après la descente pendant laquelle les puits sont rééquipés, la première équipe attaque directement la topo. C'est simple, c'est seulement gros : la galerie atteint par endroits 45 mètres de largeur, ce qui n'est pas sans faire paniquer les dessinateurs topographes, car le dessin occupe toute la feuille topo! Après 650 mètres de topo, c'est la crise : à l'exception d'un lac sombre et gluant, tous les objectifs sont épuisés. Serait-ce déjà la fin? Laissons ce lac aux suivants et allons nous coucher.

Les suivants passent le-dit lac et topographient 600 mètres de vastes galeries rectilignes, puis la première équipe continue sur 500 ou 600 mètres et ainsi de suite pendant trois jours... Trois kilomètres et demi sont rapportés et plus de 50

objectifs sont encore ouverts!

A peine ressortis, on prépare déjà la pointe suivante (voir article en page 40), puis c'est déjà la dernière descente qu'il faut préparer. En trois bivouacs le rêve est devenu réalité, le Kijahe est un réseau de plus de 12 kilomètres de développement pour 1160 mètres de profondeur. Il ne reste que 70 ou 80 points d'interrogation sur les plans, pour rêver aux prochaines expéditions...

Tous cela est bien joli, mais ça manque un peu de "croustillant" pour la prochaine fois; l'explo à -1000 est presque déjà devenue une routine. Il manque un point chaud, un objectif unique, alléchant, dont on rêve en attendant de reprendre l'avion... Fidèle à ses promesses, le Cerro Rabon nous a fait ce petit cadeau : le dernier; alors que le dernier groupe ressort du fond du Kijahe, quelques spéléos s'aventurent dans une petite grotte semblable à tant d'autres. Ils s'arrêtent soudain devant la gueule noire d'un puits de dimensions plutôt modestes. Désinvoltés ils y lancent un caillou :

"Boum,"

Hep, ça a l'air plutôt profond!"

"Boum, Boum,"

"Mais ça n'en finit pas de descendre!"

"Boum."

Après 17 secondes de chute en 4 ricochets, le bloc s'est écrasé au fond de l'abîme. Les trois spéléos n'en croient pas leurs oreilles; quelques quintaux de cailloux passent alors au fond de puits, lancés par des explorateurs frénétiques. Tous les chronomètres se bloquent régulièrement entre 16 et 17 secondes... Il en faut sept et demi pour le P200! D'après les calculs d'un éminent physicien, 17 secondes en 4 rebonds ça fait 345 m ± 100 m... Chauffez les cordes pour la prochaine fois!

Kijahe Xontjoa ou La Porte Oubliée: une ouverture sur un autre monde

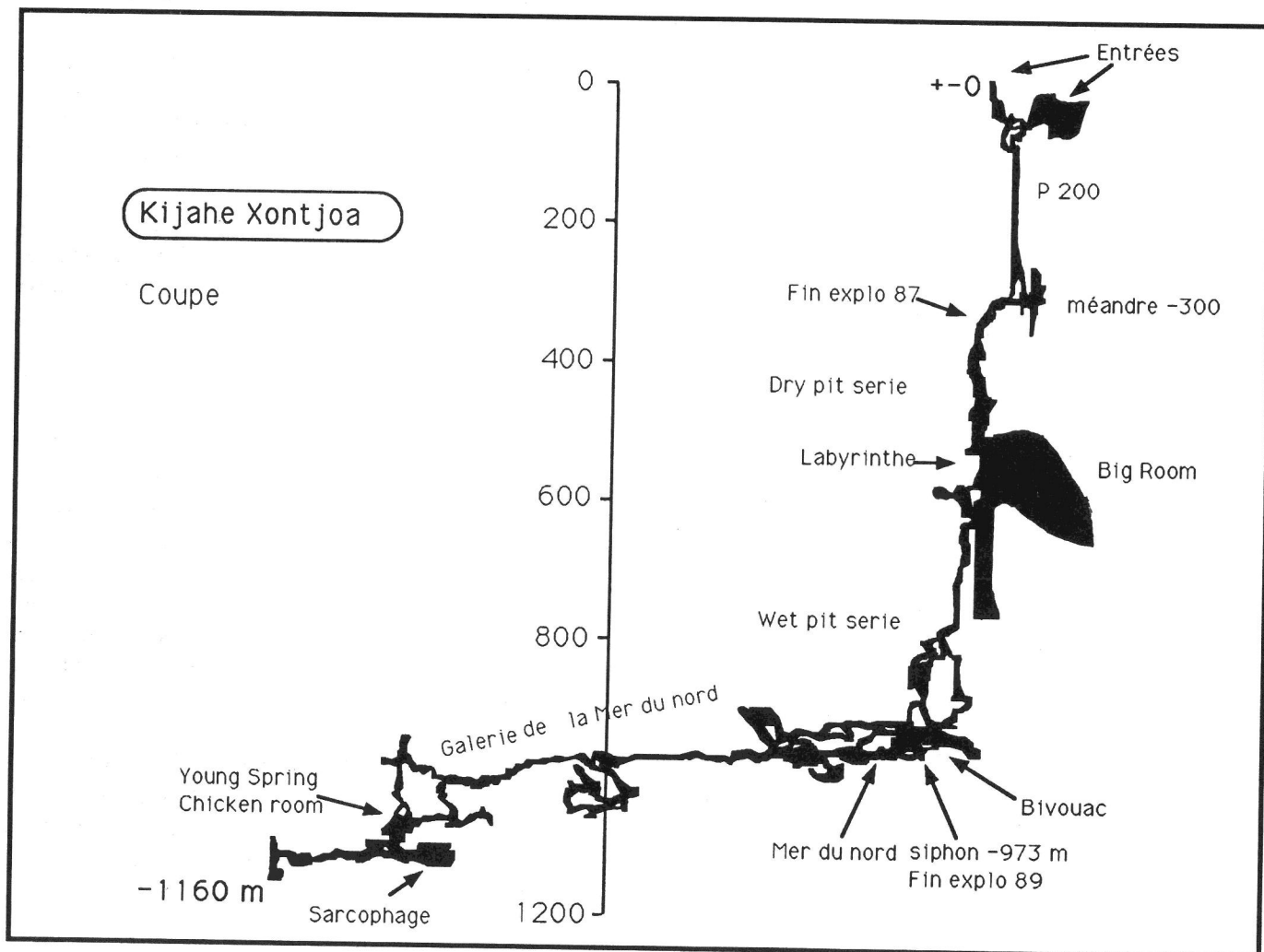
Par Roman Hapka (SCMN)

(«Kijahe Xontjoa» signifie «La Porte Oubliée» en langue mazatèque. Prononcez «killiaé sheuntoa»)

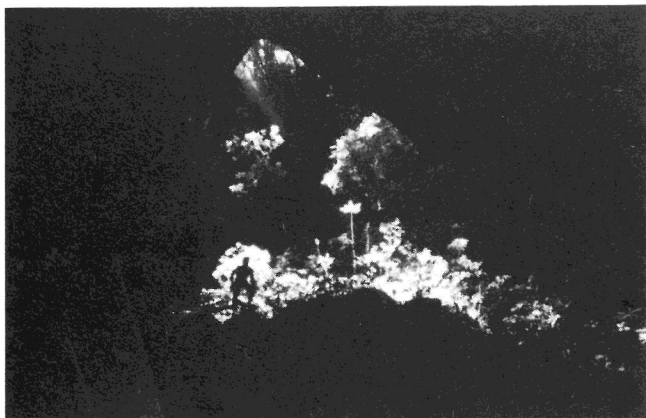
Cerro Rabon, Sierra Mazateca, Mexique, le 18 mars 1991

Cela faisait bien 3 ans que j'en rêvais de cette descente et maintenant, arrivé au moment décisif, j'hésitais. Ça n'avait l'air de rien, c'était sans importance, c'était moins qu'une pensée, qu'une impression, un sentiment d'angoisse dans cette atmosphère d'excitation et de familiarité qui régnait sur le camp. C'était inattendu et gênant : j'avais peur. Je ne pouvais pas m'empêcher d'avoir peur.

Les deux premières équipes chargées de réétudier les puits arrosés et de trouver la continuation étaient remontées ce matin même des profondeurs, porteuses de nouvelles dithyrambiques : le Kijahe se poursuivait par de gigantesques galeries subhorizontales. Le réseau recherché depuis 6 années se dévoilait enfin. 3,5 km de première en 4 jours d'expédition; on croit rêver. Depuis des heures, Ursie, Karlin, Pierre-Yves, Thomas, Arniko et Laurent sont bombardés par un feu roulant de questions, mais leurs yeux brillants en disent bien plus long que toutes les tentatives de description.



Coupe schématique du Kijahe Xontjoa (Développement : 12,5 km, profondeur : -1110 m)



Après un ultime coup d'oeil vers le soleil je me lance sur les traces de Linda et Karlin... (photo J.-M. Jutzet)

Maintenant, dans le crépuscule bourdonnant de moustiques, il s'agit de constituer les prochaines équipes. A qui le tour?... Hésitations, longs regards, plates plaisanteries. Chacun soupèse sa forme du moment, son envie, son angoisse. Certains sont malades, d'autres légèrement blessés. Il faut dire que dix jours de jungle ont laissé des traces : écorchures, coupures et piqûres diverses plus ou moins infectées marbrent les corps. Et Pierre-Yves qui raconte et raconte encore, modelant la première. A mesure que les images décrites prennent place devant mes yeux, je sens s'affermir ma détermination. Allez merde, j'y vais :

– «Moi, je descends demain!»

Presque aussitôt Peter et Bruno se décident également. Quelques jours auparavant une petite descente dans un réseau secondaire du Kijahe nous avait menés à -450. On s'était tellement marré que la bande s'est reformée spontanément. Karlin et Linda vont se joindre à nous. Ce sera l'équipe internationale : une Anglaise, un Américain, un Allemand, un Suisse allemand et un Suisse romand. J'ai intérêt à prendre mon dictionnaire. Finalement, pour des raisons de logistique, Tom, Jean-Marc et Pascal tous trois de purs fribourgeois, vont nous précéder d'une demi-journée. En tout cas, ça promet dans les sacs de couchage!

Cette nuit-là je dormis comme une brute, sans un rêve, sans même un cauchemar. Le lendemain matin il faisait soleil.

Je monte seul vers le Kijahe. Les autres me précèdent ou suivent à courte distance. Essoufflé, je m'assieds sur une racine spongieuse. La jungle est dense, opaque, sombre. J'écoute le silence. Il n'y a pas un bruit. Je veux dire pas un bruit susceptible de m'inquiéter. Ce sont seulement des froissements de branches, des glissements furtifs, les milles petits craquements de la forêt tropicale.

Ayant repris mon souffle je repars en vacillant sous ma charge de matériel et de nourriture. Soudain, une balafre noire déchire le rideau vert de la jungle : la doline d'entrée du Kijahe. Ecartant une liane, je me penche précautionneusement dans le vide, apercevant quarante mètres plus bas la bâche bleue placée pour recueillir l'eau dégoulinant de la

paroi.

Peter et Bruno arrivent. Nous nous équipons cérémonieusement avant de descendre les 20 m de cordes menant au fond de la doline. Je remplis ma lampe à carbure et bois goulûment une longue rasade d'eau fraîche. Après un ultime coup d'oeil vers le soleil, je me lance sur les traces de Linda et Karlin qui ont déjà franchi la spacieuse entrée. Merveilleuse impression; la première galerie d'une grotte inconnue est toujours une porte sur l'aventure.

Deux petits ressauts de 4 m me mettent tout de suite au parfum. Difficile la descente en opposition. J'aurais préféré un bout de nouille, mais ici l'équipement est minimal, il faut se débrouiller avec les moyens du bord. Je suis confiant. Puits de 9 m, petit pendule suivi d'un puits de 14 m et je me retrouve à côté de Linda et Karlin.

Ils font triste mine. Surtout Linda : elle a décidé de ressortir; la peur de l'inconnu et le gigantisme de la remontée sont trop forts, ce sera pour une autre fois. Je ne fais pas le fier étant à deux doigts de l'accompagner rejoindre la lumière et les oiseaux. Un coup d'oeil sur le sourire crispé de Peter m'indique qu'il gamberge pas mal aussi. Remerde je continue!

Dix mètres plus bas, je regrette déjà ma témérité. Il faut dire qu'il y a de quoi remplir copieusement sa combi : un puits de 200 mètres! Quel vide.

La lumière de Karlin file vers les profondeurs. Il disparaît, brusquement aspiré, semble-t-il, par le silence du puits. Une minute, puis 2, puis 3, enfin après bien 5 minutes qui m'apparaissent comme devant être mes dernières, j'entends confusément :

– «Rooope Freeee!»

Regards. Bruno s'élançait à son tour. D'autres minutes s'écoulaient. Maintenant le silence pesant me noue la gorge, un silence noir.

–»Seilll freiiii!»

C'est le moment d'y aller. Mais il ne faut pas se presser. Il faut y aller mollo. Je me donne le temps de poser soigneusement mon descendeur en «C», car 20 kg de PMI interdisent le positionnement normal. Vertige. Même ainsi la corde est tellement pesante que je dois littéralement me hâler vers le bas. Après une cinquantaine de mètres cela va mieux. Je laisse filer : 60, 80, 100 mètres. Chaque fois que je m'arrête quelque peu pour jouir du spectacle, j'entame une hallucinante partie de yo-yo due à l'élasticité de la corde. Enfin après plus de 150 m plein vide j'arrive sur un fractionnement. Encore un immeuble de 12 étages et je suis en bas.

A moi la joie de beugler la liberté retrouvée du filin.

Karlin et Bruno sont déjà loin, avalés par une fissure sombre et humide. Deux petits puits de 16 et 12 m et je les rejoins à -320, dans le glouglou du méandre actif qui avait marqué la fin de l'exploration en 1987.

– «Everything ok?»

– «No problem!»

Tu parles, chacun pense secrètement à la remontée. 200 m à, disons 50 cm, euh bon, 40 cm la pompée cela fait...500 pompées...! C'est sûrement faux, d'ailleurs j'ai jamais aimé les maths, surtout appliquées.

Peter arrive et nous continuons vivement, varappant d'une marmite de géant à la suivante, accompagnant le filet d'eau. Au sommet d'un puits de 15 m, nous perdons notre gazouillant compagnon. C'est le début de la «Dry Pit Serie», enchaînement superbe, calme et reposant de puits silencieux : P 15, P 29, P 42, P 21, P 45. Un pendule digne des plus belles créations neuchâteloises me propulse dans un conduit sableux et étroit : l'entrée du labyrinthe. Un fouillis de boyaux qui s'entremêlent aux environs de -500, propre à paumer le plus futé des Thésée. Une des issues permet d'atteindre «The Big Room», une autre mène vers le fond, certains passages restent mystérieux et peu fréquentables, quoique très fréquentés.

C'est donc suants et pestants que nous débouchons au sommet du premier ressaut de la «Wet Pit Serie». Nous y retrouvons l'élément liquide. Les parois noires sont luisantes d'humidité. Heureusement, il n'a pas plu depuis 10 jours et le débit est minimal, mais en crue cela doit devenir l'enfer.

Les puits s'égrènent, m'aspirant vers le centre de la terre. P 18, P 19, P 9, -600; P 24, P 20, P 27, -700; P 26, P 64, -800; P 15, P 13, P 56, -900; P 13 et enfin un dernier puits de 28 m et me voilà à -950, tout près du point extrême atteint en 1989. Dix mètres plus loin, la gueule noire d'une galerie attise irrésistiblement mon envie d'en voir plus. Il faut dire que la première n'est vieille que d'une semaine.

Mais auparavant il faut trouver le bivouac. Encore un petit puits de 8 mètres et nous débouchons dans une salle, ou plutôt non, dans une vaste galerie montante encombrée de blocaille. Purée c'est gros. Le bivouac ne peut plus être loin car mon estomac a déjà enregistré les douceurs promises par une délicieuse odeur d'oeuf grillé.

Nous y voilà. Ils sont trois à discuter, serrés autour du réchaud qui grésille, une fesse en équilibre sur leur bidon. Tom, Jean-Marc et Pascal, descendus 12 heures avant nous, ont eu le temps de bien dormir et vont bientôt partir pour leur première pointe.



Une étrange ambiance règne dans ce bivouac situé 1000 mètres sous la surface. (photo J.-M. Jutzet)

Une étrange ambiance règne dans ce bivouac situé 1000 mètres sous la surface. Contrairement aux cavités frigorifiques de nos latitudes, il y règne une douce chaleur : 16 degrés, le rêve. De plus aucun courant d'air glacé comme des mains froides ne vient me caresser les oreilles. Le gigantisme de la galerie relativise considérablement l'impact de notre présence. Nous chuchotons et rechignons à nous éloigner du cercle de lumière créé par les lampes. A une vingtaine de mètres, l'eau chute d'une cheminée à la bordure édentée. Trois hamacs se prélassent un peu à l'écart.

Après avoir ingurgité ma ration de boeuf stroganoff lyophilisé, je réussis l'exploit de me glisser sans casse dans un des cocons. Quelques paroles sont encore échangées, puis on éteint. Silence, obscurité totale. Peu à peu une sourde angoisse me noue l'estomac. Je n'ose pas imaginer les 1000 mètres de roche qui m'écrase. Soudain, ma plus forte impression de la journée : lointaine puis proche, floue puis précise, lente puis rapide, une flûte pleure sa rengaine. C'est Bruno l'Enchanteur... Je l'écoute avec une sorte de volupté et des frissons me parcourent le dos. Apaisé, le sommeil me gagne bientôt.

Réveil vaseux à 2 heures du matin. Il s'agit d'avoir débarrassé le plancher avant le retour de l'autre équipe. En effet, afin de minimiser le matériel, nous ne disposons que de quatre matériels de couchage que nous occupons à tour de rôle toutes les 12 heures.

Le petit déjeuner, copieux, est rapidement expédié et tout le monde s'équipe pour la suite. Ce faisant, Peter, toujours aussi habile, réussit à se brûler méchamment avec son carburant. Rien de mieux pour calmer la douleur qu'un peu d'eau fraîche. Cela tombe bien puisqu'à une centaine de mètres du bivouac se situe un lac baptisé la Mer du Nord, petite piscine gélifiante et passage obligatoire vers les nouvelles parties. Nous voilà bientôt agglutinés sur sa berge étroite et c'est nus comme des vers que le fâcheux obstacle est franchi le plus rapidement possible. Heureusement l'eau a 15 degrés, mais tout de même, à 4 heures du matin, l'effet est rude!

La galerie s'élargit. Les blocs recouverts d'une épaisse couche de glaise sont particulièrement glissants et témoignent des mises en charge successives. La menace d'une crue toujours possible m'effleure l'esprit. Il faudrait rapidement trouver un autre passage afin de shunter ce trou à rats.

Nous parcourons précautionneusement 300 mètres de chaos, lorsque des éclats de voix résonnent sous la voûte monumentale. Les Fribourgeois reviennent! Bientôt leurs lumignons brillent au loin. La jungle laissant des traces, à mes cris de singe répondent les hurlements tout autant simiesques de Tom (à moins qu'il ne tente une youtze). Tout va bien, ou presque :

- «Alors ce puits ?»

- «Chier, on avait pas assez de corde.»

- «Quoi avec 80 m de 8 ?»

- «Ben non! Arrêt à 10-15 m du fond.»
- «Ça tombe bien, on escorte la PMI de 60 m...»
- «Super, alors à vous la jonction et à nous les hamacs.»
- «Bonne nuit...euh, bonjour...et bonne baignade.»
- «Ouais, à ce soir.»

De cône d'éboulis en fissure boueuse, d'écho mille fois répété en méandre glissant, de juron choisi en regard émerveillé, nous progressons pendant trois heures dans la Galerie de la Mer du Nord avant d'atteindre enfin notre but. Ces 80 m de puits devraient permettre un accès plus facile au fond actuel : une zone éboulée et chaotique située à 1100 m de profondeur. Au-delà, c'est l'inconnu....

Karlin rééquipe avec la PMI et s'enfonce accompagné de Bruno et d'un fort courant d'air. Peter et moi suivons en topographiant. Superbe descente. Le puits est bien un peu délité vers le bas mais l'excitation me fait oublier les lugubres échos provoqués par les nettoyages de Karlin. Puis c'est le silence. Ils sont sans doute en train de descendre le dernier ressaut.

-«Yeaah! One survey station! That's the jonction!»

Le cri m'attrape en plein croquis. Un coup de gomme et je me grouille de finir avant de les rejoindre dans un large méandre perclus de marmites de géants. Une cinquantaine de mètres encore et me voilà devant le dernier point topo, à passé 1 km du bivouac.

Au-dessus doit se trouver une grande salle non topographiée : «Young Spring Chicken Room», gros volume d'environ 60 m de diamètre pour 15 m de hauteur. Je m'y rends avec Bruno. En-dessous, la suite dans l'éboulement ne



Quelques mètres après la "Mer du Nord" : «La galerie s'élargit. Les blocs recouverts d'une épaisse couche de glaise sont particulièrement glissants...»

semble pas évidente, voir impossible. Ce sera pour Peter et Karlin, vieux briscards éternellement optimistes.

Trois bonnes heures se sont écoulées. Nous redescendons attendre les autres. Le rendez-vous fixé est passé depuis longtemps lorsque enfin ils reviennent, rayonnants :

-«It's great.... Big Gallery.... A river.... We stopped on darkness.»

On a compris.

Ils ont traversé l'éboulis après plus de 3 heures de contorsions et de reptations épuisantes, après avoir failli abandonner plus de 10 fois et s'être battu contre des milliers d'aspérités coupantes qui s'accrochent au corps comme autant de petites mains voraces. Pas facile le coin, mais la suite promet.

Il est déjà 15 h 30, il s'agit maintenant d'entamer le long chemin du retour; croiser les Fribourgeois et leur faire part de la bonne nouvelle; goûter aux délices glacés de la Mer du Nord, pour enfin, aborder les contrées lointaines du rêve.

-«Merde! 4 heures du mat!»

Ma montre-réveil japonaise n'a pas fonctionné ou alors mon oreille suisse ne l'a pas entendue. Deux heures de perdues sur l'horaire! Heureusement que Pierre-Yves n'en sait rien, quel cirque il mènerait. Enfin bref, nous voilà quittes pour écouter le repos suivant.

Déjeuner, puis départ et bain, ce dernier sans Karlin qui doit remonter aujourd'hui. Dommage pour lui.

Vers 7 heures, nous croisons enfin les mozos préalpins. Contents, ils le sont, après avoir gambadé dans des centaines de mètres de méandre inconnu, suivi une rivière, découvert une cascade et s'être arrêtés en plein milieu d'une spacieuse galerie joliment concrétionnée.

La suite est pour nous. Merci les gars!

Galerie, puits, étroitures, rivière, dernier point topo de Tom. Enfin! Je me lance avec émerveillement dans ma première vraie première à plus de 1000 m sous terre.

Les lieux m'oppressent quelque peu et ce n'est qu'une fois repris les gestes familiers de la topo; dessiné, noté les mesures, demandé un renseignement sur tel ou tel recoin, que je retrouve les plaisirs de la spéléo. Et quels plaisirs! Imaginez un méandre profilé en «8», au plafond plat, au sol brillant, sans un gramme de sédiments, rien que de la roche nue, large de 4 m et haut de 6.

Les petites vicissitudes et facilités de la vie me paraissent être à des années lumières. J'aborde un autre monde. Un monde où règne une quiétude absolue, toute de silence, de calme et de beauté. Mais un monde également où l'erreur ne pardonne pas. Je n'ose pas imaginer un secours à une telle profondeur.

Nous progressons lentement de lacet en lacet. Bruno qui est parti devant pour une courte reconnaissance, revient bientôt, le visage illuminé d'un sourire sibyllin :

- «Alors?»
- «S'isch ziemli gross dörli!»
- «Wie ziemli?»
- «Yoo...eifach gross.»
- «A Saal?»
- «Nei, en andere Gang, mindscht fufzeh Meter brit.»
- «...?»

Fébrilement nous poursuivons la topo. Je dessine plus rapidement en me demandant comment je réussirai à placer une

galerie encore plus grosse sur ma feuille.

Soudain, le silence se fait. Je m'approche. Peter et Bruno sont perchés sur une sorte de balcon au-dessus du vide, minuscules globules rouges perdus dans une artère calcifiée. Dix mètres en-dessous : le sol encombré de blocs. A droite et à gauche : les ténèbres. Je m'avance d'une dizaine de mètres, me retourne, et réalise soudain que la galerie par laquelle nous sommes arrivés n'est en fait qu'un affluent d'une galerie monumentale. Un affluent, c'est les Fribourgeois qui vont faire une tête!

Dilemme. Où est l'aval de ce monstre ? Après discussion la branche de droite est choisie et nous nous enfonçons encore plus lentement – dessin oblige – dans le vide. Bruno et Peter, qui prennent les mesures, sont éloignés de 15–20 mètres. Et je dessine, et dessine encore; une paroi, des blocs toujours plus volumineux, des maisons. C'est un véritable boulevard.

Bruno est reparti jeter un coup d'oeil. Après un quart d'heure sa flamme clignote dans le lointain, à au moins 50 m. Revenu à notre hauteur, il éprouve quelques difficultés à reprendre son souffle. Enfin :

–«S'isch ziemli gross dörli!»

Peter me regarde puis demande d'un ton suspicieux :

–«Wie ziemli?»

–«Yoo...Sarawak Size!»

Je dessine un superbe bloc et Peter pose gentiment les Suunto. Sarawak, c'est ce gigantesque système de Bornéo qui recèle la plus grande salle du monde et des galeries grandes comme des salles. Bruno ayant participé aux expés doit savoir de quoi il parle.

– «I go mal lüege.». Et Peter disparaît sur les traces de Bruno.

Je continue le dessin. Remerde, encore plus gros alors que déjà là, ma galerie prend la moitié de la feuille ? Je crois que j'avais craquer. Y en a marre de dessiner des blocs dont on ne voit qu'un côté.

De longues minutes s'écoulent avant que Peter ne revienne :

– « Roman c'est fraiment gross. Ça du fa bas groire, c'est gomme à Cheve. Kolossal!»

Mon coeur rate une marche et mes cheveux se dressent, signes d'une intense activité cardio-cérébrale. Cheve c'est le mégagouffre de 1340 m de profondeur découvert par les américains sur un massif voisin du nôtre. Hors, depuis le début du camp, Peter qui a participé à l'expé gringo de 1990, parle sans arrêt du gigantisme des galeries.

Bruno et Sarawak, Peter et Cheve, cela commence à faire beaucoup. Et si je poussais aussi ma petite prose comparative ?

Nous cessons de déblatérer comme des chameaux devant une prairie grasse et repartons lentement. Très lentement parce que moi, je continue à dessiner ces putains de blocs. Mes acolytes commencent bientôt à s'impatienter. C'est vrai que ce n'est pas marrant d'attendre que je termine mes

gribouillis, même s'il fait 16 degrés... à l'ombre!

Encore 50 mètres; cela descend toujours : –1150. Nous franchissons le seuil d'une salle. Mais en est-ce vraiment une ? D'après Peter il s'agirait plutôt de la suite de la galerie qui continue à s'élargir. C'est à la fois fantastique et terriblement impressionnant. Si le plafond est assez bas – entre 2 et 15 m de hauteur – la largeur du conduit rendrait jaloux un terrain de football. A gauche comme à droite, je ne vois rien qui ressemble véritablement à une paroi, uniquement des blocs, et quels blocs.

Nous effectuons encore 2 points topo dans ce labyrinthe de géants – heureusement que la chevillière n'a que 30 m –, puis stoppons car il est déjà 15 heures et le retour s'annonce.

Je jette un coup d'oeil aux feuilles topo. Seulement 15 visées, mais 300 m de galeries... ça fait en moyenne 20 m par visée. C'est pas droit le méandre du Johnny!

C'est le coeur gros que nous jettons un dernier coup d'oeil à la suite. L'endroit, baptisé illico «Le Sarcophage» par Peter, est impressionnant : deux dalles horizontales de 40 m de largeur et bien 60 m de longueur semblent léviter à moins de 2 mètres l'une de l'autre. Pour l'instant rien ne bouge, mais quand est-ce qu'aura lieu le prochain effondrement ? Nous laissons le soin à nos successeurs de jouer les Atlas ou les crèmes à gaufre.

Après un ultime petit pique-nique, la longue remontée vers le bivouac est entamée. Bruno trouve encore assez d'énergie pour esquisser une magnifique formation stalagmitique d'un coup de crayon magique.

Nous arrivons juste à temps pour dire au revoir à Tom, Jean-Marc et Pascal qui s'apprentent à ressortir. 1000 mètres de puits à remonter! Oublie et dort Roman, c'est seulement pour demain.

– «Coucou, c'est nous!»

J'entrouvre un oeil glauque pour apercevoir une face hilare et rubiconde.

– «Alors on roupille encore ?»

– «Ben...c'est quel heure ?»

– «Minuit et demi».

La relève est arrivée. Pierre-Yves, Viviane et Michel viennent prendre nos places avant de s'enfoncer eux aussi dans l'inconnu du Kijahe.

Pour nous c'est fini, ou presque, car il reste à avaler le gros morceau de l'expédition : la remontée. Cela n'ira d'ailleurs pas sans mal : nous nous perdrons quelque peu, Peter se débrouillera tant bien que mal avec son pouce calciné, je m'ouvrirai le genou sur une arrête tranchante et Bruno se fera arraché son casque par un gros bloc tombé d'on ne sait où. Ce n'est qu'après neuf longues heures d'efforts et de sueur que la porte du monde d'en haut sera enfin franchie.

Soleil et fleurs.... Je n'oublierai jamais le Kijahe.

¹ Méandre particulièrement tortueux permettant l'accès au réseau des Sieben Hengste par les puits Johnny.

CANTON DE NEUCHÂTEL



Grotte du TM 800, Tunnel routier sous La Vue-des-Alpes

par Pierre-Yves Jeannin et Rémy Wenger

COMMUNE : Fontainemelon, NE

COORDONNÉES : 557 914 / 212 855

ALTITUDE : 998 m

On y accède en parcourant 800 mètres à partir du portail sud du tunnel allant de Fontainemelon aux Convers. Deux portes, situées au plafond de l'ouvrage, au niveau de la future galerie de service, débouchent dans la grotte.

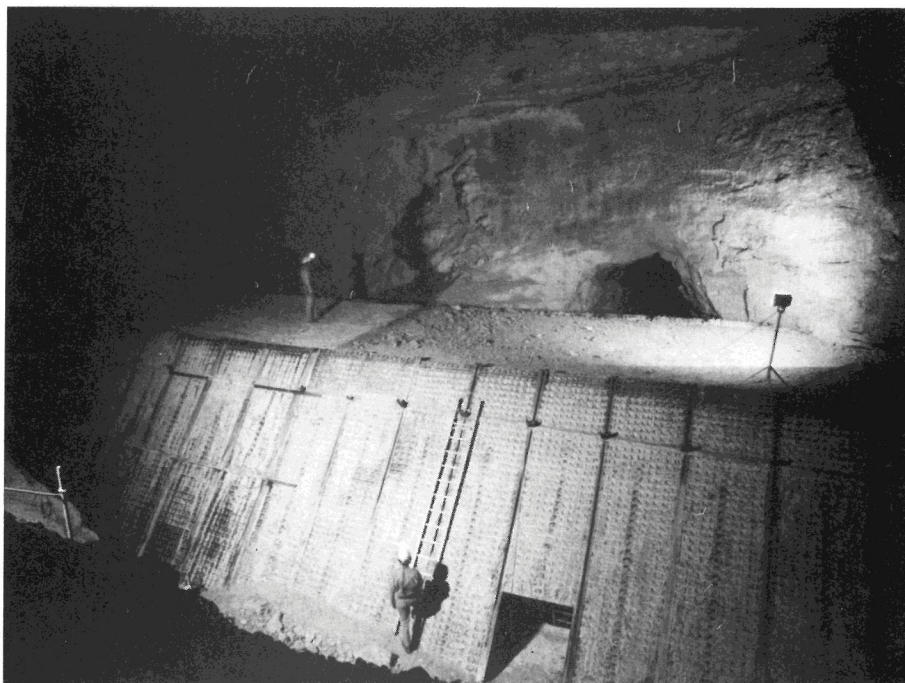
SITUATION, ACCES

La grotte s'ouvrant dans le tunnel routier de la Vue-des-Alpes, il est impératif de contacter le Service des Ponts et Chaussées de l'Etat de Neuchâtel pour obtenir l'autorisation de s'y rendre.

DESCRIPTION

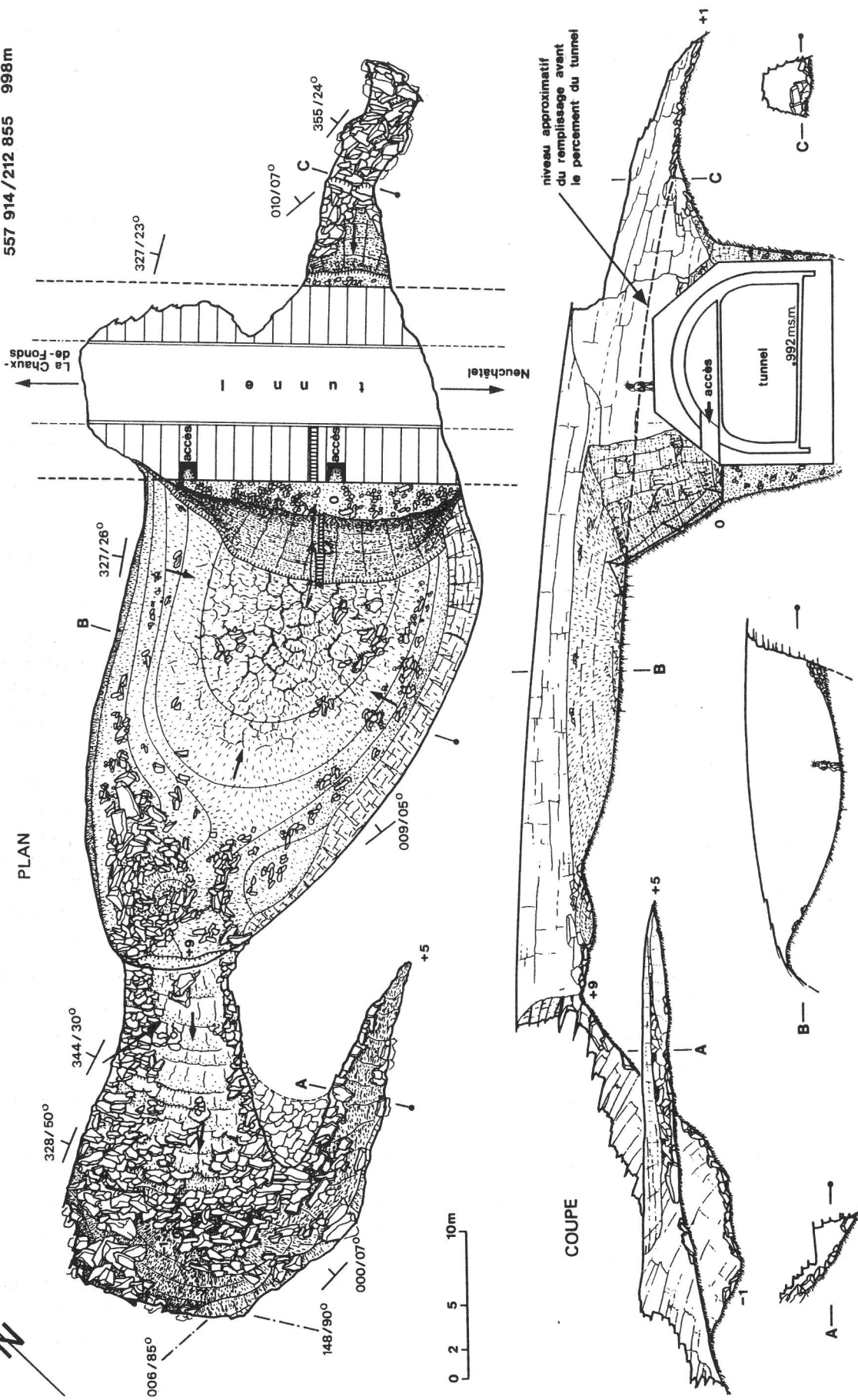
Les deux portes débouchent au pied d'un talus de glaise sèche, haut de 6 mètres environ. Au sommet, la galerie, large d'une vingtaine de mètres, part horizontalement vers l'Ouest. Son plafond est formé d'une dalle calcaire mono-

*Vue générale en direction de la voûte cintrée du tunnel
(photo: R. Wenger)*



Grotte du TM 800

Tunnel routier de la Vue-des-Alpes
Fontainemelon, NE
557 914/212 855 998m



GS TROGLOGOG FB MB PYJ RW 5.1991 BCRA 4D RW91

Figure 1 : Topographie et mesures géologiques

lithique dont la portée est impressionnante. Après une trentaine de mètres, le sol argileux est recouvert de blocs effondrés du plafond. Celui-ci s'abaisse, rejoignant presque le sol qui descend alors abruptement. La pente ébouluse mène à une salle en croissant qui contourne partiellement la base de l'éboulis de la salle supérieure. Un enduit glaiseux et humide recouvre les blocs, les rendant très glissants. La salle en croissant représente probablement la partie amont de la galerie.

On accède à l'aval en passant par dessus le béton du tunnel. La galerie est alors nettement plus petite, le sol d'abord glaiseux, puis recouvert de blocs, rejoint le plafond après une quinzaine de mètres. Aucun courant d'air n'est perceptible.

DÉVELOPPEMENT : 118 m

DÉNIVELLATION : 10 m (+9 ; -1)

HISTORIQUE

La cavité a été découverte le 15 janvier 1991 lors des travaux de percement du futur tunnel routier de la Vue-des-Alpes.

Avant elle, d'autres vides karstiques, certes moins spectaculaires, avaient déjà été mis à jour sur ce vaste chantier. Le plus important étant le gouffre Wirth TB 300, profond de 47 mètres (voir article paru à ce propos dans *Cavernes No 1/1990, 25-26*).

Le tracé du tunnel ne recoupait pas directement la grotte TM 800, mais traversait son remplissage. La galerie pilote, tube circulaire d'un diamètre de 3 mètres creusé à la foreuse, avait franchi cette zone sans recouper de grands vides, mais en traversant une blocaille de remplissage. Ce n'est que lors de l'élargissement à l'explosif de la galerie à sa section définitive (env. 80 m²), que la caverne apparut, contraignant les ouvriers à recouvrir cette section du tunnel d'une voûte artificielle prenant appui dans le calcaire aux deux extrémités du volume occupé par le remplissage (durée des travaux spéciaux : un peu moins de deux mois).

La cavité a été explorée par les ingénieurs et ouvriers travaillant sur le chantier du tunnel, parmi lesquels se trouvaient le géologue cantonal et un membre du SVT. A l'initiative du Musée cantonal d'Archéologie et de l'Institut de Géologie de l'Université de Neuchâtel, des membres du GS Troglolog ont cartographié et observé la caverne les 27 mars et 15 mai 1991.

GÉOLOGIE

La cavité se développe dans les couches du milieu du Séquanien. La dalle calcaire formant le plafond de la galerie est posée sur un lit marneux et marno-calcaire épais de

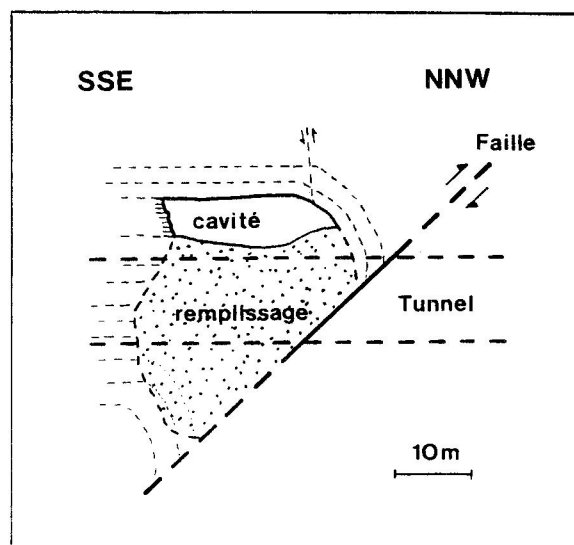


Figure 2 : Coupe schématique montrant la situation géologique de la grotte

3 mètres au moins. L'axe de la galerie a suivi l'axe d'un pli, anticlinal, en genou, qui est accompagné de "failles d'accommodation". La figure 2 schématise en coupe la situation de la grotte. Après discussion avec les géologues étudiant le tunnel, il semble que ce pli représente les crochons d'une faille inverse que le tunnel recoupe quelques mètres plus loin. Les mesures géologiques effectuées sont reportées sur la figure 1.

Le plafond de la galerie présente de nombreuses fissures ouvertes, visiblement récentes. Vu la portée de la dalle, il est à craindre que de grandes plaques se détachent. L'armature du tunnel a été prévue en fonction de cette éventualité. Dans la salle en croissant, un rejet de 2 à 5 cm est visible sur les joints de stratification (glissement couche à couche chevauchant vers le sud, rejet N340/10°).

Ce rejet est postérieur à la formation de la grotte (profil de la galerie décalé), mais antérieur ou synchrone à la dernière période noyée (les fissures sont remplies d'argile).

MORPHOLOGIE ET REMPLISSAGES

La taille de la galerie peut être estimée à au moins 15 ou 20 mètres de diamètre, car les forages effectués au fond du tunnel n'ont pas atteint le plancher rocheux du sol de la galerie, seules les épontes ont pu être localisées. L'incision – chute de blocs – a favorisé l'élargissement de la galerie, comme en témoignent les blocs pris dans le remplissage et l'aspect délité des parois. Celles-ci présentent localement des formes arrondies de dissolution, également visibles au plafond.

Le remplissage de la galerie est constitué de trois types de matériaux (section B de la figure 1 et figure 3) :

– blocs calcaires et marno-calcaires enrobés d'argile brune,

NE

SW

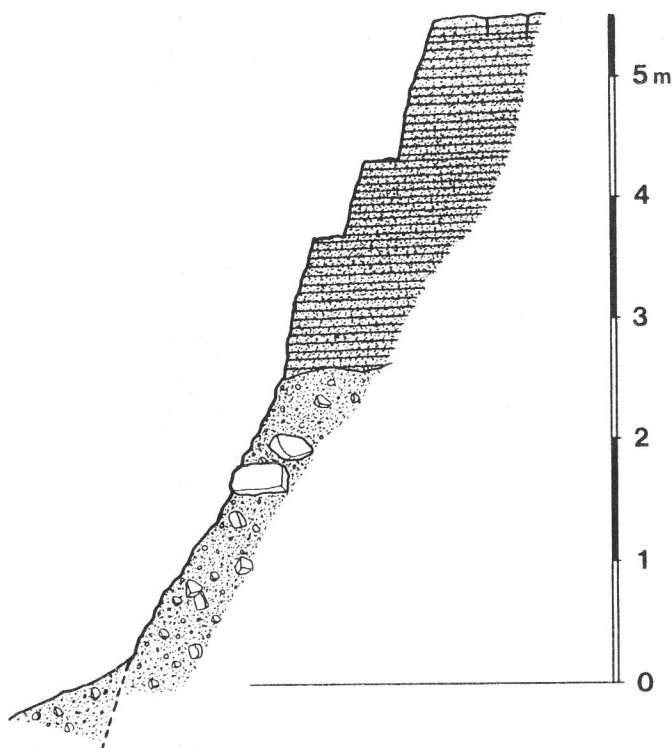


Figure 3 : Coupe stratigraphique du remplissage de la galerie à côté de l'échelle.

posés au sommet du remplissage, surtout le long des parois de la galerie (figure 1). Il s'agit sans doute de l'éboulis des matériaux tombés assez récemment des parois de la galerie;

– limon varvé brun-ocre, contenant de rares blocs calcaires et présentant des structures de tassement. Il s'agit d'un remplissage rythmique déposé parallèlement au plafond lorsque la galerie était noyée et fonctionnait comme un karst noyé actif;

– gravier limoneux contenant çà et là de gros blocs calcaires tombés du plafond. Ce sédiment grossier a dû se déposer alors que le régime était plutôt torrentiel dans la galerie (écoulement vadose possible). Le débit était alors certainement considérable (plusieurs m^3/s).

Vu l'épaisseur du sédiment et les structures de tassement, il est probable que le niveau du remplissage se soit sensiblement abaissé par compaction lors du dénoyage de la galerie. Peut-être remplissait-il toute la galerie ?

GENÈSE

Le scénario le plus probable pour expliquer la formation de la galerie regroupe les phases suivantes :

1) Phase d'érosion : un conduit elliptique se forme près du plafond actuel de la galerie (régime probablement noyé) puis s'agrandit soit en canyon (écoulement libre), soit en gardant son profil plus ou moins elliptique (écoulement

noyé). A la fin de cette phase, le conduit – d'un diamètre d'au moins 15 ou 20 mètres – ne contient aucun remplissage. Il doit alors s'agir d'un drain majeur du système karstique.

2) Phase de dépôt : la rivière alluvionne et dépose le sédiment graveleux qui remplit progressivement la galerie (écoulement libre possible). Après une éventuelle période fossile, la galerie se noie soudainement. Les limons varvés se déposent, alternant les horizons fins et plus grossiers au rythme des saisons. Ils finissent par colmater presque totalement la galerie.

3) Phase fossile : l'eau quitte la galerie, asséchant le sédiment qui se tasse. Quelques blocs tombent encore du plafond et des parois, obstruant les extrémités de la galerie.

4) Phase noyée : la galerie est entièrement envahie par l'eau. Pratiquement sans vitesse, l'eau dépose un enduit argileux sur les blocs, le sédiment et les parois de la grotte.

5) Phase fossile : l'eau quitte la grotte qui devient complètement fossile et pratiquement sans connexion avec le système karstique actif.

L'âge de chacune de ces phases est inconnu, la phase 4 pourrait remonter à la dernière glaciation (?). Les études complémentaires des phénomènes karstiques observés dans le tunnel et ailleurs dans le Jura permettront peut-être de préciser l'histoire de la karstification jurassienne.

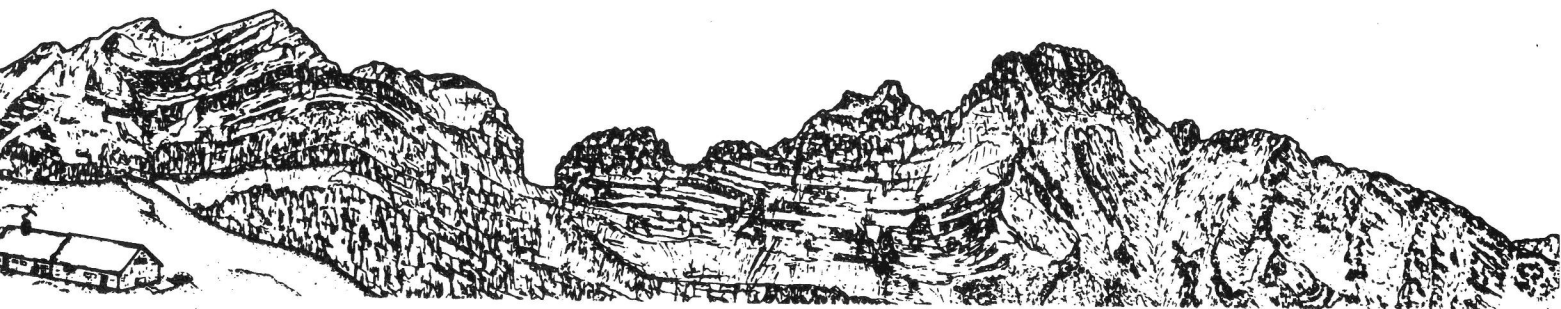
Remarquons que des galeries de taille aussi grande ne sont guère fréquentes dans le Jura neuchâtelois. Le "Métro" dans le gouffre du Cernil Ladame (Môtiers, NE) est situé sensiblement à la même altitude et présente des remplissages semblables aux limons varvés. Une comparaison plus détaillée entre les deux sites serait sans doute intéressante.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Messieurs Meia et Tschanz pour les commentaires et les informations qu'ils ont bien voulu nous transmettre. Nous remercions aussi le Fonds national pour la recherche scientifique qui soutient nos recherches. (subside No 20-30305.90).



REGION DU MUERTSCHENSTOCK (GL)



Inventaire des cavités du lapiaz du Sivellen

par J. Farine & P. Iseli (Troglòlog)

GU 2 - Guflenhöhle

COMMUNE : Filzbach, (GL).

COORDONNEES : 787 810 / 214 865

ALTITUDE : 1680 m

SITUATION, ACCES : La grotte s'ouvre sous le Scheienstock, dans un petit bosquet, à une dizaine de mètres du bord des falaises inférieures de Guflen.

Monter au pied de l'extrémité sud des falaises qui domine l'alpage de Lochgaden (à 350 m au sud-ouest du Spaneggsee). A cet endroit, la paroi est décalée d'environ 30 m en arrière le long d'une fracture sur laquelle on aperçoit un beau porche de 5 m de haut et de 2 m de large (hélas stérile!). Depuis le porche, une escalade prudente de quelques mètres permet par temps sec de se rendre sur la falaise. A 20 m de là, en longeant le bord en direction du nord-est, on arrive dans un petit effondrement. Sur la paroi nord, bien visible, on voit l'entrée de GU 2.

On peut aussi atteindre la cavité, en partant du pâturage de Zels (au pied du petit col qui sépare le Fronalpstock du Mittagstöckli). Il suffit de partir vers le nord-est, en marchant à flanc de coteau et en montant légèrement. Après avoir dépassé le gouffre GU 1, on se trouve rapidement en face de la petite forêt délimitant l'emplacement de la grotte.

Par temps humide, il est fortement conseillé d'utiliser le second itinéraire qui est aussi le plus aisé depuis l'alpage d'Ober Stafel.

DESCRIPTION : L'entrée donne sur un talus d'éboulis terreux, qui mène directement à la très confortable pre-

mière galerie (min. 2m x 4 m). Sur la droite se trouve un petit diverticule parallèle et bien couvert de mondmilch au plafond.

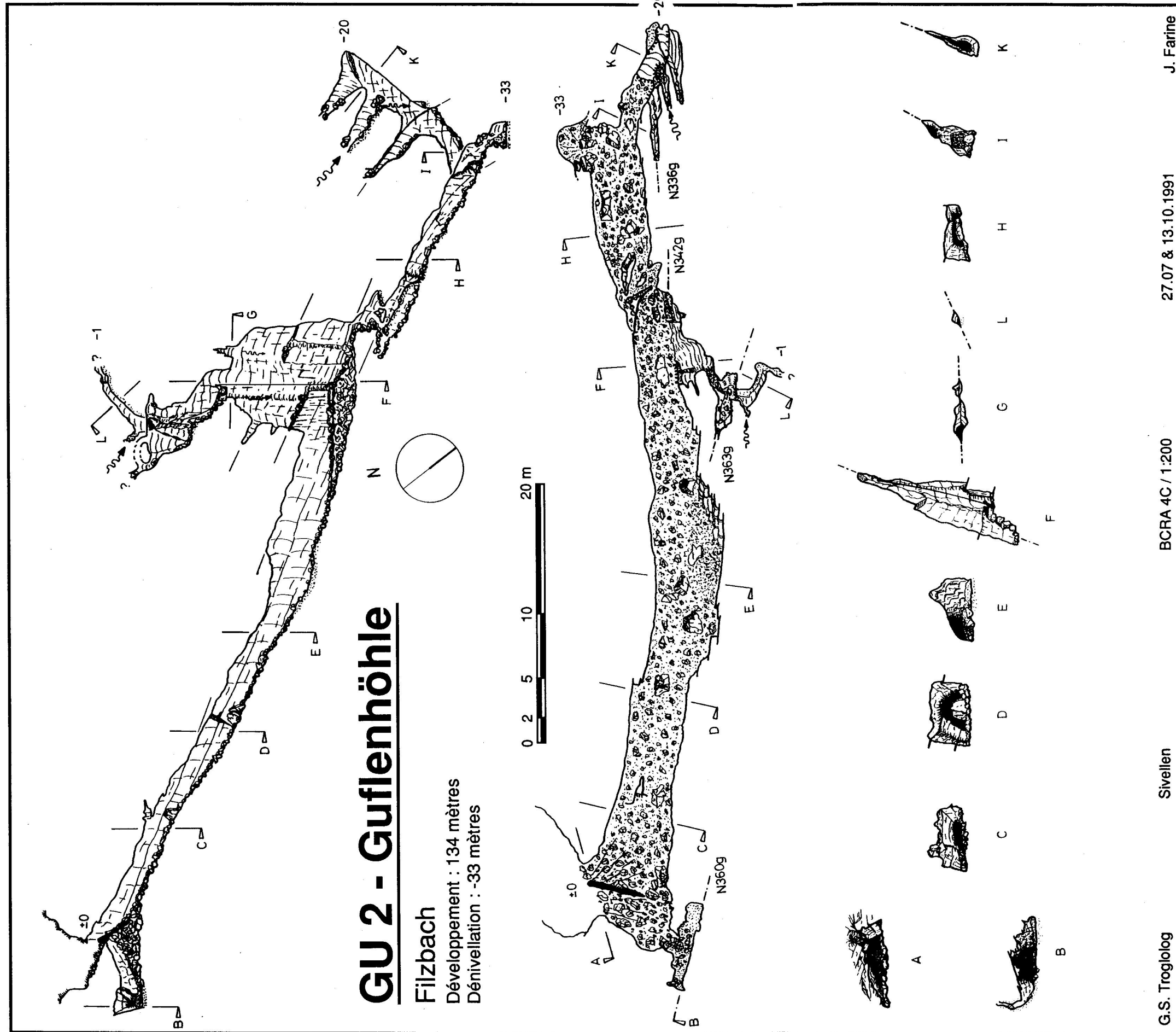
La première galerie, encombrée de blocs de toutes tailles et de restes de bois, descend gentiment en tournant légèrement à gauche. A 30 m de l'entrée, le sol devient un peu terreux sur la droite et présente des trace d'animaux (bauges, crottes).

Le plafond s'élève ensuite tandis que les parois se resserrent sensiblement. On arrive ainsi à 50 m de l'entrée à la fin de la première galerie, haute maintenant de 8 m et large de 3 m. Le plafond est percé de deux cheminées, actives par temps pluvieux. Celle du fond est trop étroite, tandis que l'autre laisse entrevoir une continuation pénétrable.

L'accès à la deuxième galerie est un passage plus resserré : un petit ressaut entre les blocs et la paroi, dans l'axe de la première galerie, débouche dans une petite salle suivie d'un goulet de quelques mètres.. Un petit ressaut terreux descend dans la deuxième galerie, plus basse et plus courte que la première. Après 10 m, on voit les strates s'incliner et plonger dans le sol. Le plafond ne tarde pas à en faire autant et les seuls échappatoires possibles sont une petite salle terreuse à gauche et une galerie remontante à droite.

L'accès à la petite salle se fait par une étroiture entre les blocs. On gagne alors 2 m en profondeur. C'est le point bas de la cavité (-33 m). Toute suite y fait hélas défaut. Un faible courant d'air filtre parfois entre les blocs, et une désobstruction pourrait être envisagée directement depuis le fond de la deuxième galerie.

La galerie remontante est inclinée à environ 50 grades.



GU 2 - Guflenhöhle

Filzbach

Développement : 134 mètres

Dénivellation : -33 mètres

G.S. Troglolo

Sivellen

BCRA 4C / 1:200

27.07 & 13.10.1991

J. Farine

Sur les premiers mètres le sol est couvert de concrétions en tête d'épingle donnant aux cailloux un aspect de brocolis. Cette galerie permet de s'élever d'une dizaine de mètres et donne accès à trois diverticules, tous sur la même fracture et tous obstrués ou impénétrables après quelques mètres. Du plafond du premier part une superbe strate qui s'infléchit sur 2 à 3 m pour s'enfoncer dans le sol.

La cheminée entrevue à 50 m de l'entrée, haute d'une dizaine de mètres, donne accès à une petite salle sur fracture, au sol très instable : lors de l'exploration, l'éboulis formant plancher s'est brusquement enfoncé de 10 cm!

De cette petite salle partent trois diverticules :

- Au sud-est un petit boyau remontant. Il est partiellement obstrué par des blocs et couvert de mond-milch, ce qui empêche toute tentative de le forcer (un spit serait le bienvenu...).
- Un autre, au plafond semble le rejoindre. Lui aussi est inaccessible.

- Le troisième départ, au nord-est, est une belle galerie en joint d'environ 0.8 m x 1.5 m, fortement montante. Une petite oppo est nécessaire pour l'atteindre. Après 2 m, on remarque un petit méandre tout à fait impénétrable, avec arrivée d'eau, puis la galerie tourne à gauche. L'argile rouge sur laquelle on patine en beauté à cet endroit laisse deviner la suite : les parois se resserrent, la galerie fait un coude serré à droite et donne sur une étroiture. L'argile y est si collante qu'on y laisse les gants en essayant de désobstruer... sans savoir encore si on pourra prendre le virage! En cours d'exploration.

DEVELOPPEMENT : 134 mètres.

DENIVELLATION : -33 mètres.

REMARQUES : Dans la même dépression, à une dizaine de mètres de GU 2, un boyau que nous avons désobstrué part dans les strates sur 4 m de long.

GEOLOGIE : Malm. Le pendage à l'entrée est de N377/42°. La cavité suit les strates en s'y enfonçant légèrement et rejoint un joli pli observable en surface dans les falaises, en direction du Fronalpstock. Dès l'entrée on remarque une nette schistosité, à peu près horizontale.

NEOTECTONIQUE : La plupart des profils ont été déplacés. Ordre de grandeur 2 à 3 cm. La calcite au sol de la galerie remontante est bien cassée.

MORPHOLOGIE : Il s'agit d'une galerie à profil phréatique. Des blocs effondrés du plafond et des parois en ont cependant modifié l'aspect dans toute la cavité. Cupules d'érosion à 10 m de l'entrée.

Une fracture parcourant le plafond de toute la cavité (et sur laquelle se développent les galeries du fond) est certainement à l'origine de sa formation.

Le concrétionnement, présent dès l'entrée (mondmilch dans le diverticule), s'intensifie vers le fond. Les parois



*La première galerie de GU 2
(photo F. Bourret).*

de la deuxième galerie sont par endroits recouvertes de calcite, mais c'est au départ de la galerie remontante que les formes sont les plus variées.

HYDROGEOLOGIE : Les deux galeries principales sont toujours sèches. Par temps pluvieux, les 2 cheminées à 50 m de l'entrée sont parcourues par un écoulement, celui de la plus large étant nettement plus important, et creusant une rigole (prof. 10 cm) dans la paroi. Par temps sec, tous deux disparaissent. Dans le diverticule argileux du fond apparaît par contre un suintement qui semble peu affecté par la météo extérieure, mais qui tarit en automne.

TEMPERATURE : Mesure faites le 29.7.91 avec un thermomètre digital au 1/10^{ème}, calibré.

A 30 m de l'entrée : 4.9°C
 A 50 m (cheminées) : 4.4°C
 Au fond de la 2^{ème} galerie : 4.7°C

BIOSPELEOLOGIE : En octobre 1991, nous observons pour la première fois, pour le massif, 2 chauves-souris qui hibernent dans la première galerie.

Mais le plus spectaculaire, c'est les nombreux os trouvés dans la grotte. Il s'agit de :

- Bouquetin, *Capra ibex*. Reste appartenant à environ 10 à 15 animaux en majorité adultes et vraisemblablement des mâles.

4 espèces de chauves-souris :

- Barbastelle commune, *Barbastella barbastellus*. Au moins 5 individus.

- Murin de Natterer ou de Daubenton, *Myotis nattereri / daubentoni*. 1 individu.

- Murin à moustaches ou de brandt, *Myotis mystacinus / brandti*. 1 individu.

- grand Oreillard, *Plecotus auritus*. 1 individu.

3 espèces de rongeurs :

- Campagnol roussâtre, *Clethrionomys glareolus*. 2 individus.

- Campagnol des neiges, *Microtus nivalis*. 1 individu.

- Mulot indéterminé, *Apodemus sp.* 3 individus.

1 espèce d'insectivore :

- Taupe, *Talpa europaea*. 2 individus.

De plus nous avons trouvé plusieurs mandibules de Moutons ou de Chèvres ainsi qu'un crâne de jeune bouc, *Capra hircus*, dans la petite grotte située à une dizaine de mètres de GU 2.

EXPLORATION : G.S. Troglolog, le 27 & 29 juillet 1991 (J. Farine, V. Jeannin, M. Borreguero, P. Iseli).

ETA 18

COMMUNE : Obstalden, (GL).

COORDONNEES : 728 420 / 213 320

ALTITUDE : 1985 mètres

SITUATION, ACCES : Par le chemin du bas du lapiaz, avant la falaise du Schwartzchopf, monter dans la pente. On débouche alors sur une fracture principale, définissant un petit vallon qu'il faut remonter. On passe sur la droite d'ETA 4 et une vingtaine de mètres après, on débouche dans une dépression d'environ 40 mètres de diamètre, toujours sur la fracture. En face de nous, sur le bord sud-sud-est de cette dépression, s'ouvre ETA 18.

DESCRIPTION : Puits de 14 mètres, légèrement incliné. Des blocs coincés forment un palier à -8.5 mètres. Au fond, un méandre impénétrable (10 x 50 cm) dégageait un faible et irrégulier courant d'air le jour de l'exploration (en surface il soufflait un vent violent).

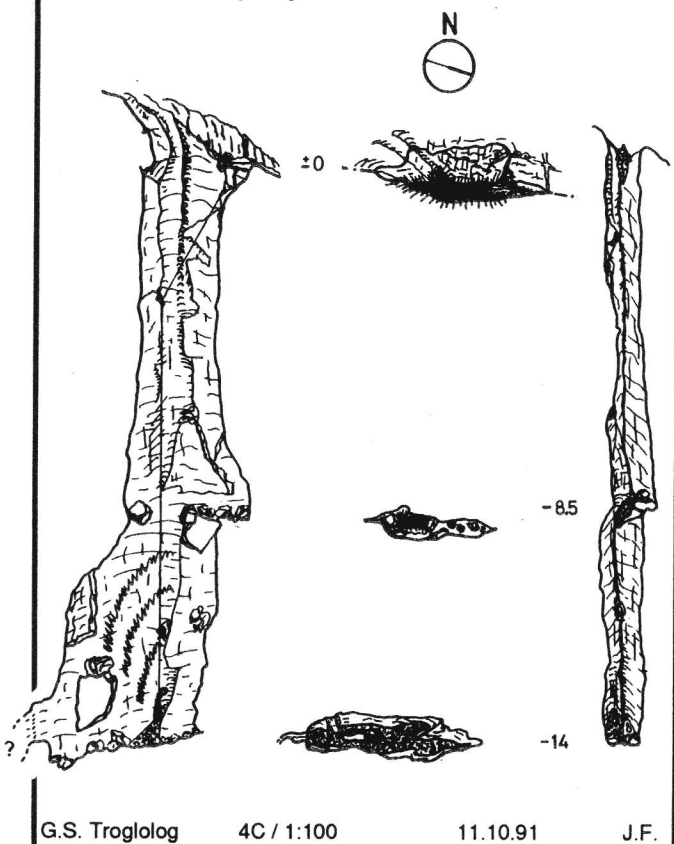
DEVELOPPEMENT : 14 mètres.

DENIVELLATION : -14 mètres.

ETA 18

Obstalden (GL)

Dév : 14 mètres
Dén : -14 mètres



GEOLOGIE : Malm.

CLIMATOLOGIE : Le trou a été bâché pendant l'hiver 90-91 pour faire fondre le névé qui bouchait la suite vers - 8 m.

MATERIEL : Une corde de 20 mètres accrochée sur des amarrages naturels. A -3 m, poser une déviation sur piton.

EXPLORATION : G.S. Troglolog, le 13 octobre 1991 (J. Farine).

ETA 17

COMMUNE : Obstalden, (GL).

COORDONNEES : 728 560 / 213 285

ALTITUDE : 2010 mètres

SITUATION, ACCES : Prendre le chemin du bas du lapiaz, puis monter sur le Schwarzchopf et suivre la crête la plus orientale (celle qui domine le Chüetal) jusqu'au coin de zone XI / ETA. De là, il faut descendre à l'ouest, sur une quarantaine de mètres. Les entrées se trouvent, de part et d'autre et à quelques mètres de la limite de zone, le long d'un petit vallon nord-sud, à la rupture de pente séparant le talus «herbeux» et le lapiaz «rocheux».

DESCRIPTION : l'entrée de 1.7 m par 70 cm de haut, conduit dans une galerie, au sol encombré de blocs de toutes tailles

Dans la partie aval, le plafond rejoint le sol très rapidement, tandis qu'à l'amont on peut parcourir 8 mètres avant d'être arrêté par une trémie, qui sépare ETA 17 de XI 6. Un étroit passage dans la paroi permet d'atteindre la base d'un puits de 6 mètres. Le sommet de celui-ci constitue la deuxième entrée de la cavité. A mi-hauteur du même puits, une étroiture horizontale correspond à la troisième entrée.

DEVELOPPEMENT : 20 mètres.

DENIVELLATION : 10 mètres (+8, -2 m).

GEOLOGIE : Malm.

REMARQUES : La grotte a été mésestimée par nos prédécesseurs puisqu'une croix a été trouvée à côté de chaque entrée. C'est la fière allure de l'entrée principale qui nous poussé à y retourner.

EXPLORATION : G.S. Troglolog, le 28 juillet 1991 (F. Bourret, P. Iseli).

XI 6

COMMUNE : Obstalden, (GL).

COORDONNEES : 728 555 / 213 275

ALTITUDE : 2015

SITUATION, ACCES : XI 6 se trouve à 7 mètres d'ETA 16, sur la même fracture.

Prendre le chemin du bas du lapiaz, puis monter sur le Schwarzchopf et suivre la crête la plus orientale (celle qui domine le Chüetal) jusqu'au coin de zone XI / ETA. De là, il faut descendre à l'ouest, sur une quarantaine de mètres. L'entrée se trouve quelques mètres de la limite de zone, le long d'un petit vallon nord-sud, à la rupture de pente séparant le talus «herbeux» et le lapiaz «rocheux».

DESCRIPTION : A 1 m de l'entrée, la galerie principale se divise en deux. Sur la gauche, l'aval. Cette galerie fait 1 m de long et butte sur une trémie de gros blocs. Derrière ceux-ci, la galerie continue : c'est ETA 17.

A l'amont, la galerie de 1.5 m de large, mais basse monte jusqu'à une petite salle au sol couvert de gros blocs. Plus loin, à 20 m de l'entrée, la galerie se resserre fortement. Sur la droite, un petit puits sur faille de 2 m se termine sur un fond plat, terreux. La galerie principale peut encore se parcourir sur 8 m, en se faufilant, à plat ventre sur les bords d'une trémie.

DEVELOPPEMENT : 29 mètres.

DENIVELLATION : 7 mètres (+5, -2 m).

GEOLOGIE : Malm.

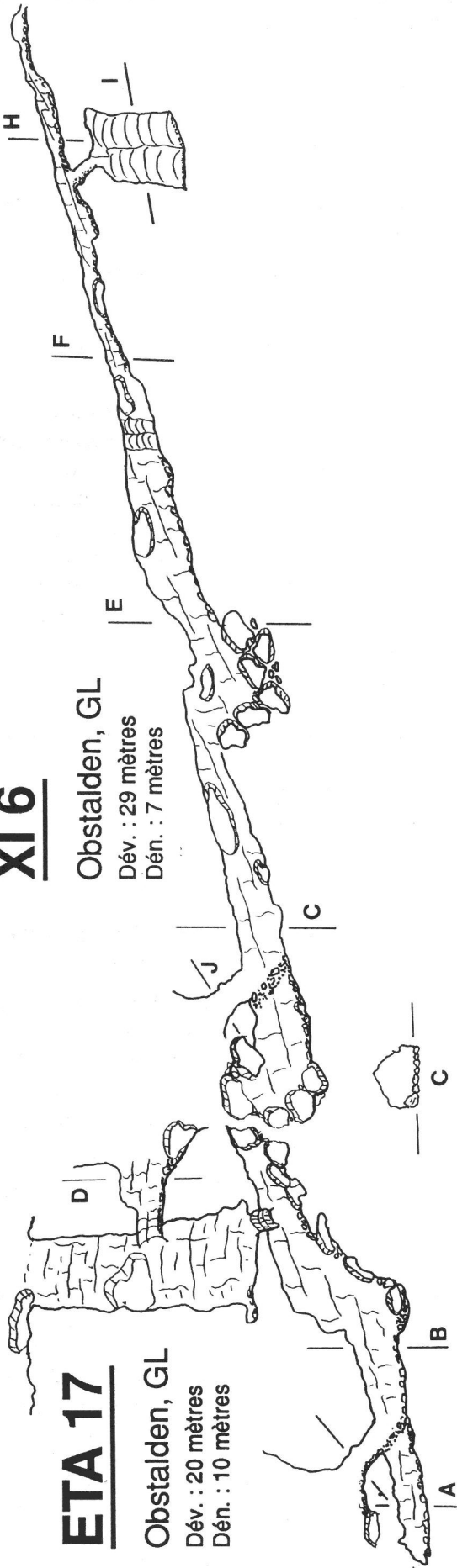
EXPLORATION : G.S. Troglolog, le 29 juillet 1991 (F. Bourret, P. Iseli).

XI 6

Obstaliden, GL

Dév. : 29 mètres

Dén. : 7 mètres

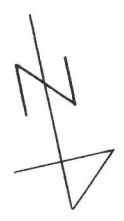
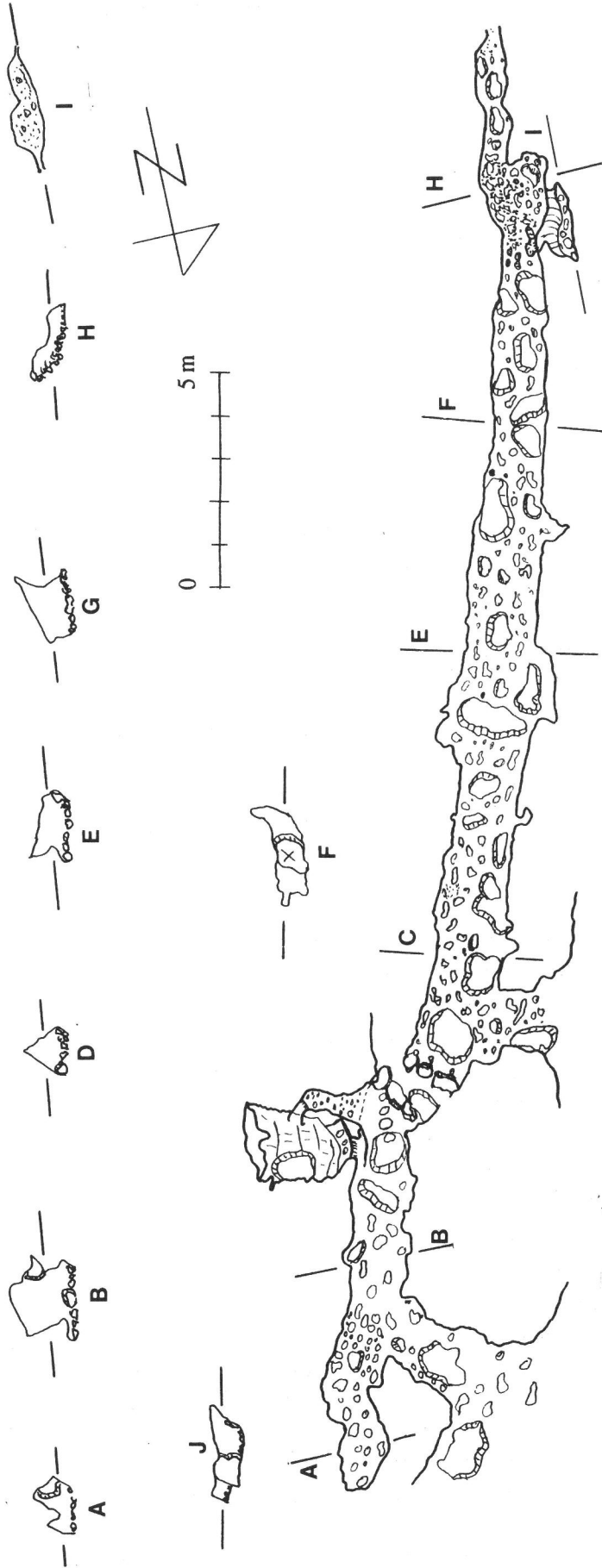


ETA 17

Obstaliden, GL

Dév. : 20 mètres

Dén. : 10 mètres



DIVAGATIONS

par Miguel Borreguero

- Comment ça, *spéléologue* ?
- Ben oui, M'sieur l'agent.
- Vous allez quand même pas me dire que vous êtes *spéléologue* ?
- Ben si, M'sieur l'agent.
- Et vous croyez que je vais vous laisser aller, comme ça, Monsieur le spéléologue ?
- C'est pas permis, M'sieur l'agent ?
- Et quand vous faites de la spéléologie, vous faites quoi, exactement ?
- Ben je porte un sac, M'sieur l'agent.
- Dites-moi, mon brave, et à l'école, hm ? Vous y avez été à l'école ?
- Oh, vous savez, moi, j'avais tellement de plaisir à faire de la spéléo, avec les copains, à descendre les puits en première, à...
- Et voilà ! On s'amuse, et après voilà !
- Mais des fois je tiens le flash, aussi, M'sieur l'agent. Quand on fait des photos.
- Ah ! Attention, c'est pas la même chose : vous portez un sac ou vous tenez un flash ?
- Ben, "voyez, quand le docteur est sympa, il me laisse tenir le flash..."
- Ben vous avez de la chance ! Moi, je dois m'en tenir aux consignes. Alors vous irez voir le spéléologue responsable en chef au guichet N° 23, qui vous dirigera vers le docteur ès spéléologie, orientation hydorradiospéléologie appliquée phase II, et il verra bien s'il peut vous employer dans son équipe de spéléorecherche préliminaire mésoprofonde en zone subtempérée. Et pour la prochaine fois, vous ferez compléter par l'office spéléologique de placement : «*spéléologue-porteur (pour un sac)*».
- Merci, M'sieur l'agent.

BIBLIOGRAPHIE

par Denis Blant

Une fois n'est pas coutume, nous reprenons la rubrique Bibliographie, car quelques ouvrages méritant d'être mentionnés sont sortis de presse durant cette année 1991.

Le premier ouvrage est le **Topoguide 1, Spéléologie en Franche Comté** (Edition SHAG, Besançon. 142 p.). Ce livre présente, en 31 fiches, les grands classiques de Franche Comté en donnant toutes les indications utiles pour l'accès et la visite, ainsi que les topographies des cavités présentées.

Commande : auprès de la Bibliothèque SSS, Patrick Dériaz, Les Invuex, 1614 Granges. Prix : Frs. 21.-

Le second ouvrage est le tome 2 de l'**Inventaire spéléologique du Doubs** (332 p, 4 tomes à paraître en tout). Cet ouvrage traite de la partie Nord-Ouest du département du Doubs. On y trouve la description de cavités telles que la grotte des Cavottes, le gouffre de Grange-Mathieu ou le gouffre du Leubot.

Le tome 1 (partie Nord-Est du département du Doubs), est aussi toujours disponible. Y figurent des "classiques" bien connues des spéléologues neuchâtelois comme la grotte de la Malatière (Bournois), le gouffre de Pourpevelle, la grotte du Crotot, la rivière souterraine de Lanans.

Commandes : Comité départemental de spéléologie du Doubs, 6 bis rue de Dole, 25000 Besançon.

Dans le registre des bouquins traitant des cavernes en général, il n'est guère possible de passer sous silence l'excellent ouvrage de nos collègues Rémy Wenger (photos) et Jean-Claude Lalou (textes) **Cavernes du Monde**, paru aux éditions Mondo, qui présente les aspects du monde souterrain sur les cinq continents.

Commandes : en librairie ou directement aux éditions MONDO à Lausanne.

Pour les amateurs (et aussi les inconditionnels que devraient être tous les spéléologues dignes de ce nom !) de topographie, signalons également la sortie du **Cours de topographie souterraine** (cours SSS N° 4) réalisé par notre collègue Yvan Grossenbacher. Cette ouvrage d'excellente facture (le prix étant de seulement 20 francs) présente d'une manière simple et claire tous les aspects de la topographie souterraine, depuis les mesures "in situ" jusqu'au "produit fini" prêt à être publié dans l'une des excellentes revues spécialisées dont nous taïrons le nom.

Commandes : auprès de la librairie SSS.



Le présent compte-rendu d'activités couvre la période juin 1990 - juin 1991.

VISITES, ENTRAÎNEMENTS

Les cavités ou sites d'escalade visités durant cette période sont : le gouffre du **Petit-Pré** et la glacière de **Druchaux** (VD) les 16 et 17 juin 1990 dans le cadre du stage technique SSS, le canyon du **Chenau de l'Envers** (BE) le 27 juin, les mines de **Baulmes** (VD) le 28 août et le 21 septembre, les grottes du tunnel routier sous **La Vue-des-Alpes** (NE) le 7 octobre, les grottes de **Lechugilla Cave**, **Carlsbad Cavern** et **Ice Cave** (New Mexico, USA) du 12 octobre au 5 novembre pour l'un d'entre nous, le gouffre de **Pertuis** (NE) et le gouffre de **Morey** (Doubs, F) le 14 octobre. Pour le premier semestre de 1991, citons le gouffre de **La Tourne** (NE) le 29 mars, le gouffre des **Ages** (Doubs, F) le 13 avril, la grotte de **Vert** (NE) le 20 avril, le Pont du **Gor de Brayes** (NE; entraînement sur corde) le lendemain, la grotte de la **Cascade** (NE) le 1er juin, les grottes de **La Baume**, de **Vert**, de la **Cascade** et de la **Sourde** (NE) entre le 8 et le 15 juin.

SCHRATTENFLUH

Durant l'été 90, cinq incursions ont permis à quelques membres d'arpenter leur lapié préféré en juillet et en août : visite et topo au **P 55** et à la **G 35** (Mendiphöhle) les 8 et 9 juillet, topo de surface et dans la **G 20** (Neuenburgerhöhle) les 19 et 20 juillet, récupération d'ossements dans la **G 20** le 2 août, topo dans la **G 57** du 4 au 6 août, et re-topo à la même place du 16 au 19 août, avec découverte en prime de la seconde entrée du **P 155**.

INITIATION

Les sorties d'initiation ont été les suivantes : la grotte de **Vers-Chez-le-Brandt** (NE) avec 30 enfants le 13 octobre 90 dans le cadre du "Passeport-vacances", la grotte de la **Cascade** (NE) le 9 février et le 31 mars 91, le **Touki-Trou** (JU) le 6 avril, la grotte de la **Roche-aux-Crocs** (NE) les 20 et 25 mai, le gouffre du **Pierrier** (NE) le 26 mai et la

grotte du **Chapeau de Napoléon** (NE) le 22 juin.

TECHNIQUE(S)

Citons les sorties effectués pour prendre des mesures de radon : le 14 août à la glacière de **Monlési** (NE), le 16 à la grotte de **Moron Ouest** et au gouffre du **Gros-Crêt** (NE), le 17 aux grottes du **Grand Bochat** et grotte des **Moulins du Col des Roches** (NE), le 21 aux gouffres **Tristan** et des **Marmottes** (VD) et le 28 septembre à la grotte du **Boulevard de la Liberté** (NE).

Sortie explosive au gouffre des **Marmottes** (VD) où la seconde étroiture l'est moins dès le 11 septembre.

CONTROLES - POLLUTION

Durant cette période, pas moins de 55 cavités ont été scrutées d'un oeil attentif pour y déceler toute nouvelle trace de pollution. Citons les contrôles effectués le 28 septembre dans les gouffres des **Anciens Moulins** et de l'**Ancienne Scierie** en collaboration avec l'équipe technique du Service d'hygiène de La Chaux-de-Fonds pour mesurer le taux de carbone résiduel dans l'air et prendre des échantillons d'eau et de boue à différentes profondeurs.

Citons également l'opération de nettoyage effectuée le 6 octobre à la glacière des **Baumes**, qui a permis de remplir 14 sacs avec les déchets récoltés.

DIVERS

Dans la rubrique "sérieux s'abstenir" mentionnons le quasi séculaire caquelon de Noël du club le 8 décembre dans un lieu qu'il devient inutile de citer, où une fois de plus d'émérites ténors ont pu faire vibrer leurs cordes vocales. Le 28 avril, stage de secours à la grotte de la **Cascade**, fréquenté par deux de nos membres qui ont eu tout le loisir de se familiariser avec le dégagement de blessé et le transport de civières. Citons pour terminer une sortie le 31 mai à la grotte du **Bichon** (NE) en présence de l'Archéologue cantonal ayant pour but une estimation de la valeur de ce site.