

LASZLO KIRALY et GIANPIETRO SIMEONI

## STRUCTURE GÉOLOGIQUE ET ORIENTATION DES CAVITÉS KARSTIQUES: LA GROTTÉ DE « CHEZ LE BRANDT » (JURA NEUCHÂTELOIS)

### Introduction et résumé

Dans deux articles précédents (KIRALY, 1968 et KIRALY-MATHEY-TRIPET, 1969) nous avons montré qu'il y a une relation indéniable entre orientation des cavités karstiques, structure géologique et direction générale de l'écoulement des eaux souterraines. Nous nous sommes proposé alors de multiplier les études comparatives afin de mettre en évidence les groupes de fissures qui sont plus karstifiés que d'autres. Dans cette note nous présentons une de ces études comparatives.

Dans la première partie on présente brièvement la méthode de levé topographique et le plan de la grotte.

La deuxième partie contient la comparaison entre structure géologique (fissuration, stratification) et orientation des cavités karstiques.

### 1. Méthode de levé topographique et plan de la grotte

Le plan de la grotte a été levé à l'aide de deux boussoles et d'une chevillère. Cette méthode est rapide et exclut, pratiquement, toute possibilité d'erreur dans la mesure de l'azimut ou de la pente d'une cavité. Les points de visées sont numérotés 1, 2, 3... N. On tire la chevillère entre deux points voisins, entre 1 et 2 par exemple, et l'on effectue deux visées simultanément: une visée de 1 vers 2 et une visée de 2 vers 1. Pour savoir si les visées sont justes, le contrôle est immédiat (voir fig. 1): la différence entre les

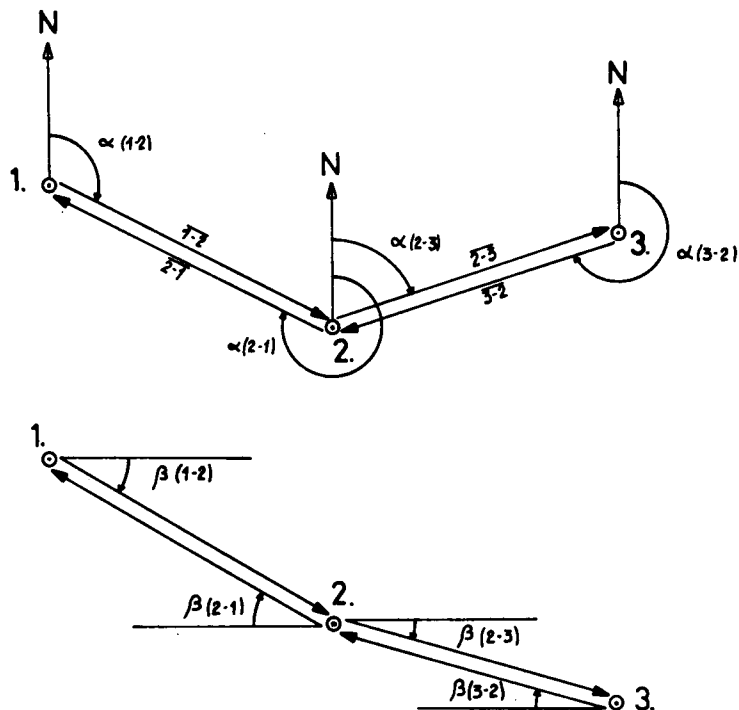


Fig. 1. Principe de levé topographique à deux boussoles.

azimuts  $\alpha_{1-2}$  et  $\alpha_{2-1}$  doit être approximativement  $180^\circ$  et la somme des pentes  $\beta_{1-2}$  et  $\beta_{2-1}$  doit être zéro. En effet si  $\beta_{1-2}$  est  $-20^\circ$  ( $20^\circ$  vers le bas), alors  $\beta_{2-1}$  doit être  $+20^\circ$  ( $20^\circ$  vers le haut). Ainsi l'orientation de chaque tronçon rectiligne est mesurée deux fois avec contrôle immédiat excluant toute erreur grossière.

L'orientation de l'axe des tronçons rectilignes est présentée, en plan et en profil, dans la fig. 2.

## 2. Orientation des cavités et structure géologique

### 2.1. Situation géologique, fissuration

L'emplacement de la grotte est marqué sur l'esquisse géologique de la fig. 3. La grotte se développe dans le Séquanien supérieur du flanc SE de l'anticlinal de « La Citadelle – Le Mont du Cerf ». L'entrée de la cavité (526,400/199,000) est formée par une large diaclase N  $140^\circ$  E. Elle se situe en lisière de forêt, en marge d'une dépression karstique. A l'E de l'entrée, un petit ravin de direction N-S, entaille les couches du Séquanien.

Dans la région de la grotte les dolines s'alignent selon deux directions caractéristiques de la fissuration régionale.

La grotte est formée par une succession de tronçons plus ou moins rectilignes dont la longueur totale est de 255 m. Le dénivellement entre l'entrée et le point le plus profond, situé au bout du réseau souterrain (fig. 2) est de 56 m. environ. L'inclinaison et l'orientation moyennes de la cavité sont respectivement  $13^\circ$  et N  $145^\circ$ E. Les tronçons de la grotte se développent, généralement, dans le plan des couches.

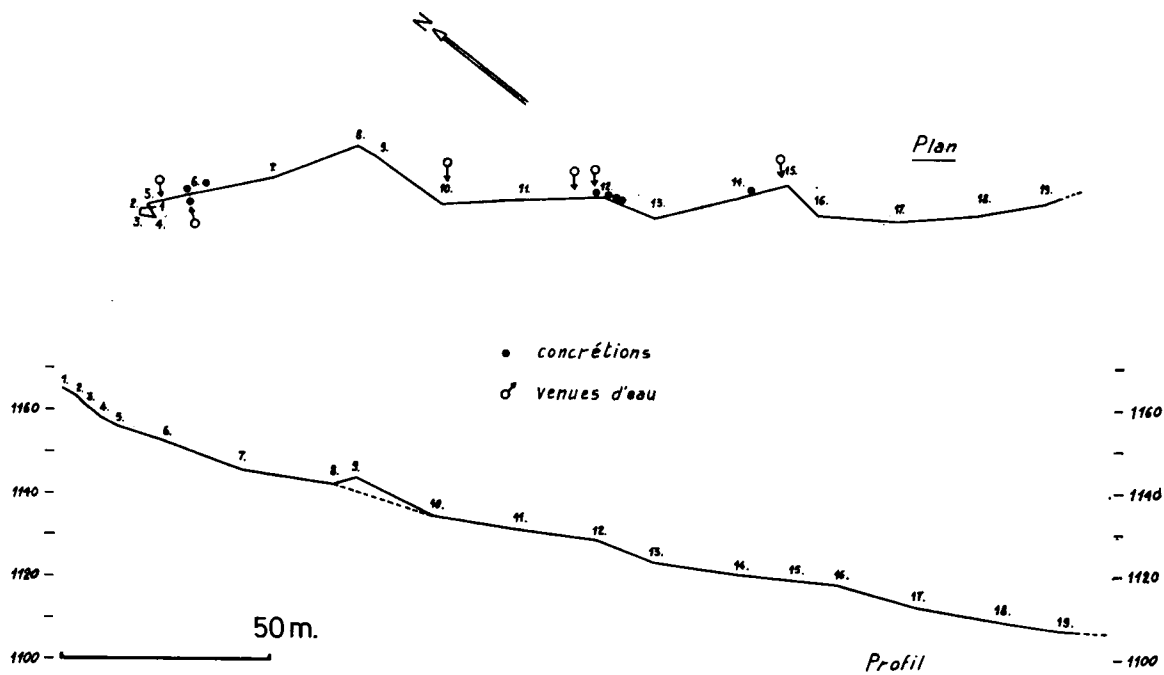


Fig. 2. Plan et profil de l'axe des cavités.

L'orientation des couches est de N  $40^\circ$  à  $50^\circ$ E avec un pendage de  $10^\circ$  à  $15^\circ$  vers le SE. Les têtes de banc forment quelques affleurements très lapiézés aux environs de l'entrée de la grotte. Les pôles des principales diaclases, mesurées dans la grotte, et des principales fissures lapiézées, mesurées en surface, sont présentés sur le diagramme de la fig. 4. Les pôles sont distribués en quatre accumulations (désignées I, II, III et IV) correspondant à quatre groupes de fissures régionalement développées

dans le Jura. Le plan moyen de chaque groupe, ainsi que le plan moyen des couches sont représentés en projection cyclographique sur la fig. 4. Ces plans moyens occupent, à peu de chose près, l'emplacement prévu par le schéma théorique de la fissuration appliqué pour le Jura : les groupes I et II sont des fissures de tension, le groupe III représente les cisaillements senestres et le groupe IV les cisaillements dextres. Les couches étant très peu inclinées, toutes ces diaclases sont subverticales. Les groupes III et IV ne sont pas tout à fait symétriques par rapport au groupe I. La qualité des affleurements n'a pas permis de calculer la fréquence moyenne des différents groupes de fissures.

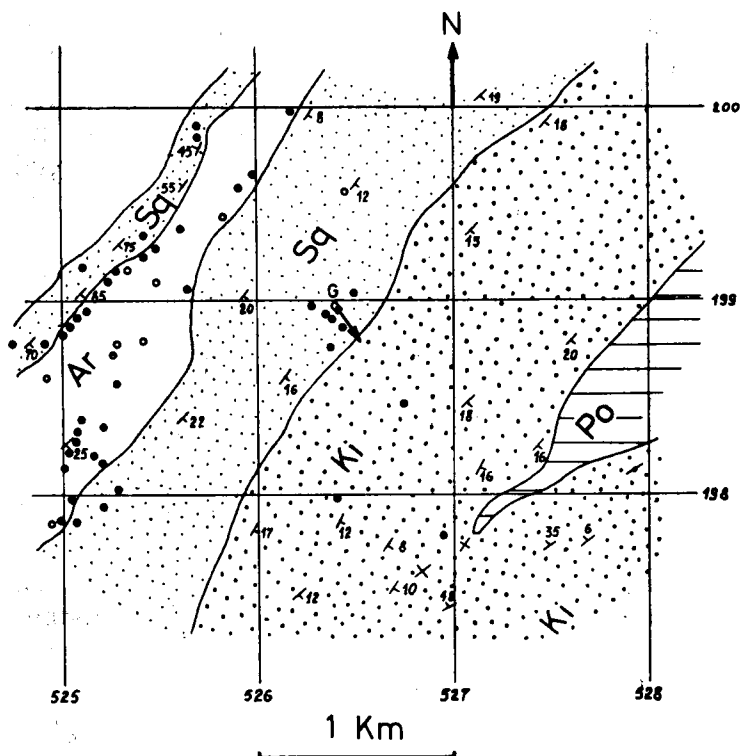


Fig. 3. Esquisse géologique des environs de la grotte (d'après Ch. Mühlethaler, 1930).  
 Sq: séquanien, Ar: Argovien, Ki: Kimmeridgien, Po: Portlandien, G: grotte de « Chez le Brandt »,  $\nabla$  orientation des couches géologiques,  $\circ$  dolines.

## 2.2. Orientation des cavités

Sur la figure 5 nous avons représenté l'orientation de l'axe des cavités karstiques ainsi que l'orientation des principaux groupes de fissures et le plan moyen des couches. Chaque pôle d'un tronçon rectiligne est pondéré par la longueur du tronçon (en mètres). Pratiquement les tronçons rectilignes sont parallèles à deux groupes de fissures: aux fissures de tension I et aux fissures de cisaillement senestres III. D'après les fig. 2 et fig. 5 il est clairement visible que les fissures de tension I sont plus karstifiées que les cisaillements senestres III: sur une longueur totale de 200 m. environ la grotte est formée par des fissures de tension élargies (dissolution, incision), tandis que les cisaillements (« décrochements ») élargis ne représentent qu'une cinquantaine de mètres environ de la grotte.

La plupart des pôles représentant les tronçons rectilignes des cavités se situent au voisinage de la projection cyclographique du plan moyen des couches (fig. 5). Cela signifie que, si la *direction* des cavités est déterminée surtout par la direction des principaux systèmes de fissures, la *pente* des cavités est influencée par l'inclinaison des couches. Autrement dit, l'orientation de l'axe des cavités souterraines est la même

que l'orientation des intersections des couches avec les fissures de tension I et avec les fissures de cisaillement III. Relevons, enfin, que les intersections des couches avec les fissures de cisaillement IV et avec les fissures longitudinales II sont très peu karstifiées.

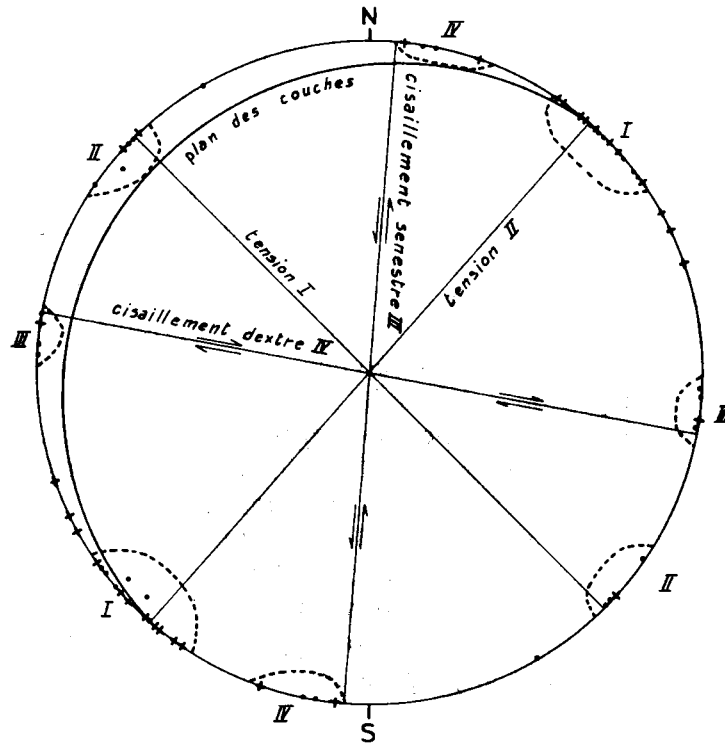


Fig. 4. Orientation des fissures (mesurées dans la grotte) et des lapiez (mesurés en surface). Croix: lapiez. Points: fissures (projection équi-surface, hémisphère supérieur).

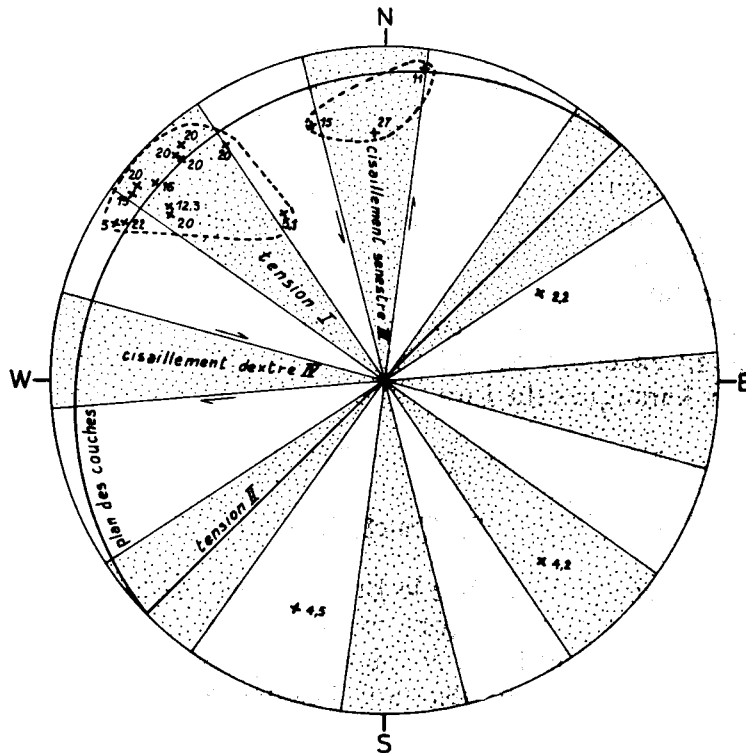


Fig. 5. Orientation des cavités par rapport aux principaux systèmes de fissures. Croix: pôles des axes des cavités. Chaque pôle est pondéré par la longueur du tronçon rectiligne.

### 2.3. Karstification des fissures et écoulement des eaux souterraines

Récemment nous avons fait l'hypothèse que la karstification d'un groupe de fissures dépend surtout de la composante du vecteur vitesse de filtration  $\vec{q}$  dans la direction de ces fissures (KIRALY-MATHEY-TRIPET, 1969), et que le karst « fossilise » les conditions paléo-hydrauliques. Dans notre cas la composante de  $\vec{q}$  aurait été grande dans la direction des fissures de tension I, relativement faible dans la direction des cisaillements III et très faible dans la direction des fissures longitudinales II et des cisaillements IV. La composante du vecteur vitesse de filtration  $\vec{q}$  dépendra, elle-même, de la composante du gradient hydraulique  $\vec{j}$  dans la direction des fissures, de l'ouverture  $d$  et de la fréquence  $f$  des fissures. En admettant que les eaux s'écoulent vers le fond du synclinal de La Brévine, le gradient général  $\vec{j}$  devrait être plus ou moins parallèle aux fissures de tension I. Dans ce cas la composante de  $\vec{j}$  est maximale parallèlement au groupe I, elle est plus faible parallèlement aux groupes III et IV. Toutefois, la différence entre ces composantes est très faible et ne permet pas d'expliquer la très grande différence dans la karstification des groupes I, III et IV. Nous n'avons pas pu calculer la fréquence des groupes I et III, mais il nous semble que la fréquence du groupe I soit légèrement supérieure à celle du groupe III (la fréquence du groupe IV étant très faible), renforçant ainsi la tendance à la karstification des fissures de tension. Nous pensons, toutefois, que c'est surtout la différence dans l'ouverture  $d$  des fissures I et III qui explique la différence dans la karstification de ces groupes: dans la zone de « décompression » (près de la surface topographique) les fissures de tension s'ouvrent beaucoup plus facilement que les fissures de cisaillement. Le débit transmis par un groupe de fissures étant proportionnel à  $d^3$  on comprend facilement la prépondérance des tronçons de grotte parallèles aux fissures de tension.

### 2.4. Venues d'eau et concrétionnement

La cavité étudiée est de caractère cutané. Quelques larges fissures verticales, parallèles à l'axe des galeries, sont le siège de plusieurs venues d'eau qui se manifestent surtout après des averses. Souvent, ces fissures sont élargies en forme d'entonnoirs par l'action corrosive des eaux d'infiltration. Les eaux d'infiltration ont creusé, au centre des couloirs, un sillon concrétionné. Par endroits, les venues d'eau latérales forment de grandes incrustations calcaires. La forme particulière de quelques-uns de ces dépôts, indique que concrétionnement et corrosion se relayent dans le temps. Par exemple, une magnifique coulée concrétionnée qui se trouve près du point 2 (fig. 2), est entaillée par un petit sillon corrodé.

Une étude complète sur les caractères chimiques et le régime des eaux d'infiltration est actuellement en cours par M. Miserez, qui poursuit des recherches sur la géochimie des eaux karstiques du Jura.

## 3. Conclusions

Dans le cas de la grotte de « Chez le Brandt » (grotte cutanée, située à une profondeur de moins de 56 m.) les tronçons rectilignes de la grotte sont des fissures de tension (direction N 130 – 140 E) et des fissures de cisaillement senestres (direction N 170° – 10° E) élargies par la karstification. Les fissures de tension karstifiées représentent quatre cinquièmes de la longueur totale de la grotte. La karstification prépondérante des fissures de tension est due, probablement, à la plus grande ouverture de ces fissures dans la zone de « décompression ».

### Références citées

- KIRALY, L. (1968): Eléments structuraux et alignement de phénomènes karstiques. (Région du gouffre du Petit-Pré de Saint-Livres, Jura vaudois). – *Bull. Soc. neuch. Sci. nat.* 91: 129-146, 10 fig.
- KIRALY, L., MATHEY, B. et TRIPET, J.-P. (1969): Fissuration et orientation des cavités souterraines: région de la grotte de Milandre (Jura tabulaire). – *Actes 5<sup>e</sup> Congr. intern. Spéléo., Stuttgart* (à paraître).
- MUHLETHALER, Ch. (1930): Atlas géologique de la Suisse, feuilles 276 (La Chaux) et 277 (Les Verrières).

*Institut de géologie  
Centre d'hydrogéologie  
11, rue E.-Argand  
CH-2000 Neuchâtel*