

## LES INFLUENCES STRUCTURALES SUR LA MORPHOLOGIE DE LA GROTTÉ DE REMOUCHAMPS (BELGIQUE) (\*)

par CAMILLE M. EK (\*\*)

(11 figures dans le texte)

### RÉSUMÉ

La structure géologique a eu, sur la genèse et la morphologie de la Grotte de Remouchamps, des effets déterminants.

#### 1. *Influence du pendage des bancs.*

D'importants siphons prennent naissance lorsque la direction d'écoulement de l'eau est parallèle à l'orientation du pendage.

#### 2. *Influence des diaclases.*

Les diaclases constituent souvent des chemins plus favorables à l'eau que les surfaces de stratification. Les causes en sont recherchées : 1° dans l'influence de la pente d'une surface sur la vitesse d'écoulement de l'eau; 2° dans l'existence d'une ouverture préalable des diaclases; 3° dans la plus grande propreté des surfaces de diaclases.

#### 3. *Influence des failles.*

Une imposante galerie s'est développée dans la charnière faillée d'un anticlinal. Elle suit non seulement la direction de la faille, mais aussi la pente de l'ennoyage du pli. Quant à la salle la plus grande de la grotte, elle coïncide avec l'existence d'une faille normale. C'est la relaxation, pensons-nous, qui a entraîné des effondrements souterrains qui se sont propagés sur une hauteur de près de 60 m.

### ABSTRACT

The geological structure has had a determining effect on the genesis and morphology of the Remouchamps cavern.

#### 1. *Influence of the dip of the beds.*

Some important siphons have formed where the direction of water flow is parallel to the dip.

#### 2. *Influence of joints.*

Joints often provide more favourable routes for water than the bedding planes. The factors responsible for this appear to be (a) the influence of the slope of a surface on the speed of water flow, (b) the existence of open joints, and (c) the cleanliness of the joint surfaces (as compared with those of bedding planes).

(\*) Communication présentée à la séance du 2 décembre 1969. Manuscrit déposé le 27 février 1970.

(\*\*) Laboratoire de Géographie physique et Géologie, Université de Liège, Place du Vingt Août 7, 4000 Liège, Belgique.

### 3. *Influence of faults.*

An imposing gallery has formed in the faulted hinge of one of the anticlines. It follows not only the strike of the fault but also the slope of the fold plunge.

The largest chamber of the cavern coincides with the position of a normal fault. It is thought that the release of strain along the fault has led to progressive subterranean collapse extending to a height of nearly 60 meters.

## INTRODUCTION (\*)

La structure géologique a, en général, sur la genèse et la morphologie des cavités karstiques, des effets déterminants. La Grotte de Remouchamps en offre des exemples particulièrement clairs.

Creusée entièrement dans le Frasnien moyen (M. Coen, 1970) cette cavité développe autour d'un drain principal 2800 m de galeries et de salles. La carte géologique que nous en avons levée nous a semblé un point d'appui nécessaire aux présentes observations; seule la carte permet d'ailleurs de replacer chaque influence structurale dans son contexte tectonique général (C. Ek, 1970).

### I. LE PENDAGE ET LA DIRECTION DES BANCS

#### 1. *Conduits parallèles à la stratification.*

Il est fréquent qu'un conduit souterrain — ou même tout un réseau de conduits — se développe dans une même couche ou un même ensemble de couches, parallèlement à la stratification.

Nous n'avons jamais observé dans les roches étudiées aucun cas où l'origine première de ce phénomène soit due à une plus grande solubilité ou à une plus grande vitesse de dissolution du banc concerné. Toutes nos observations montrent que l'amorce du phénomène se produit *entre* deux bancs, le long d'une surface de stratification constituant un passage pour l'eau. Cela est dû à ce que la porosité des calcaires étudiés ne permet dans leur masse qu'une circulation d'eau infime par rapport aux discontinuités que représentent certaines surfaces de stratification.

Mais dès que le passage de l'eau est réalisé avec une continuité suffisante, la nature lithologique des bancs peut intervenir pour que le conduit se développe dans l'une ou l'autre des deux couches en contact.

Les conduits parallèles à la stratification se caractérisent en général par le calibrage assez régulier de leur section sur la longueur de leur parcours, ce qui se comprend aisément puisqu'ils rencontrent sur ce parcours la même résistance. C'est le cas, par exemple, de la galerie de l'Erèbe (joignant la Grande Galerie à la rivière) à la Grotte de Remouchamps (fig. 1).

Le pendage n'influence pas seulement la direction des couloirs mais parfois aussi leur forme. La figure 2 montre deux coupes transversales de conduits subparallèles à la stratification et présentant une section transversale très dissymétrique, du fait que le plafond est constitué par une surface de stratification.

Enfin, dans la plupart des salles de la grotte, le plafond provient de décollements de bancs et est constitué par une surface de stratification.

(\*) Ce travail est extrait, sans modification majeure mais résumé, d'un chapitre d'une thèse de doctorat encore inédite, présentée en 1969 sous le titre : « Facteurs, processus et morphologie karstiques dans les calcaires paléozoïques de la Belgique ».

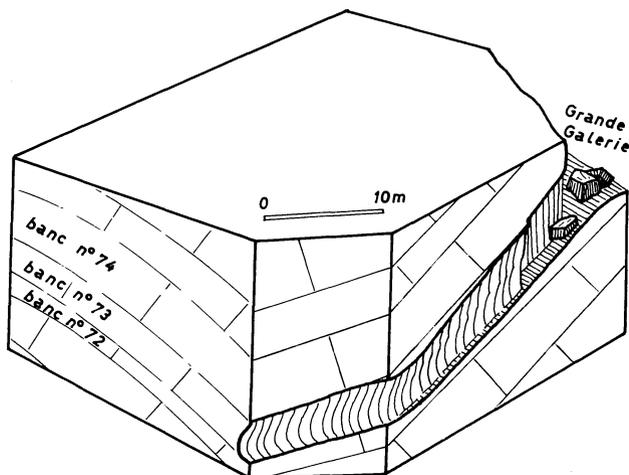


Fig. 1. — La Galerie de l'Erèbe (Grotte de Remouchamps) : conduit en pente, parallèle à la stratification.

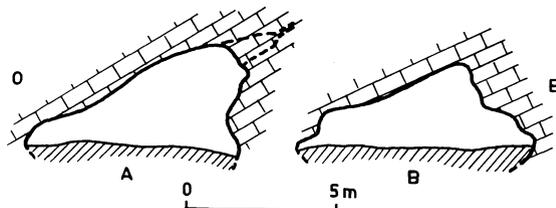


Fig. 2. — Sections transversales dans le secteur de la Place Forte (Grotte de Remouchamps) : Influence de la stratification (extrait de C. Ek, 1961).

2. *Conduits obliques ou perpendiculaires à la stratification.*

D'autres facteurs que la stratification déterminent parfois la direction des galeries souterraines : diaclases, failles, etc.

Lorsque le conduit a une direction quelconque par rapport aux strates, il est fréquemment de forme très irrégulière : cela est particulièrement clair dans la Galerie des Fées et la Galerie ogivale (fig. 3). La cause en est dans une attaque différentielle des bancs et dans les perturbations qu'apportent à l'écoulement de l'eau les obstacles obliques ou perpendiculaires, mais aussi les venues d'eau affluentes, qui parfois suivent, elles, une surface de stratification et confluent alors obliquement avec le conduit principal.

Cependant une rivière puissante peut être capable de calibrer un conduit oblique aux bancs. C'est le cas de la section d'extrême-aval de l'ancien cours de la rivière souterraine de Remouchamps (fig. 4).

Cependant, même une rivière souterraine puissante ne peut souvent rien contre la situation structurale dont un exemple est donné par la fig. 5 : lorsque l'eau coule suivant une orientation parallèle à celle du pendage, il est fréquent que la rivière soit obligée de franchir le passage en siphon. C'est le cas en deux places de l'ancien cours du Rubicon (fig. 5 et 6).

Légende des figures 3, 4, 7, 9 et 10

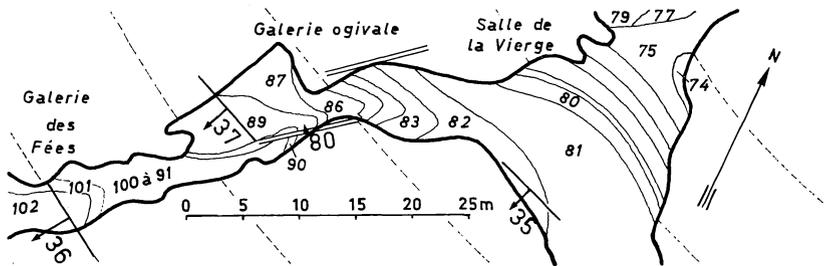
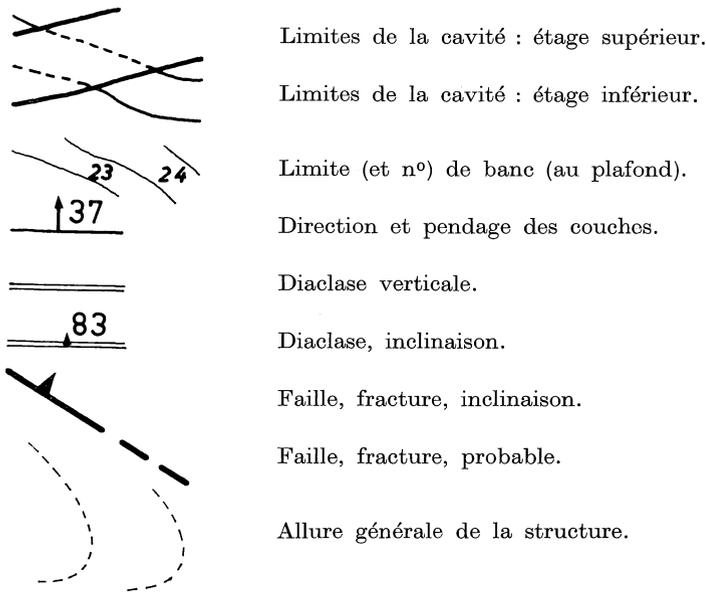


Fig. 3. — La Galerie des Fées et la Galerie ogivale (Grotte de Remouchamps) : galeries obliques à la direction des strates; la forme des galeries est très irrégulière.

Les limites des bancs sont tracées, sur cette figure et les suivantes, telles qu'elles apparaissent au *plafond* des cavités, car le sol est en général recouvert de dépôts meubles. Dès lors, le tracé des limites des bancs est influencé par les irrégularités du plafond. C'est ce qui explique leur apparente discordance avec les indications du pendage et les traits interrompus représentant l'allure en plan générale de la structure, traits destinés à rendre plus aisée l'interprétation des figures.

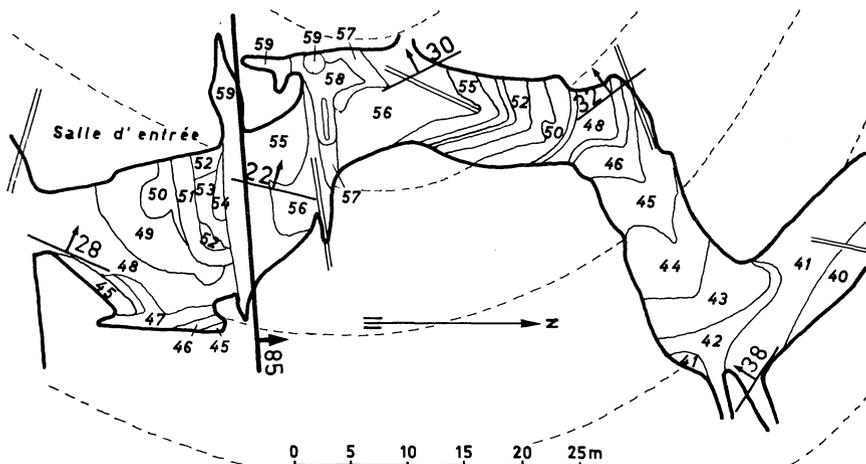


Fig. 4. — Section extrême-aval de l'ancien cours du Rubicon (Grotte de Remouchamps) : galerie bien calibrée par un cours d'eau.

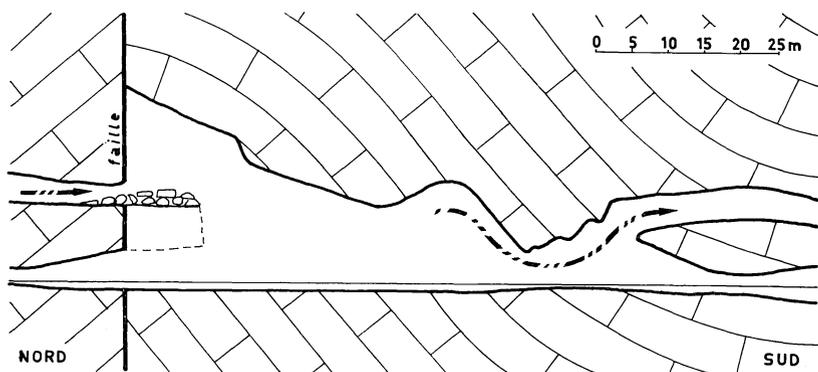


Fig. 5. — Profil longitudinal de l'ancien siphon en amont du Précipice. Les deux flèches indiquent le premier cours de la rivière souterraine; le trait fin indique le niveau actuel de l'eau.

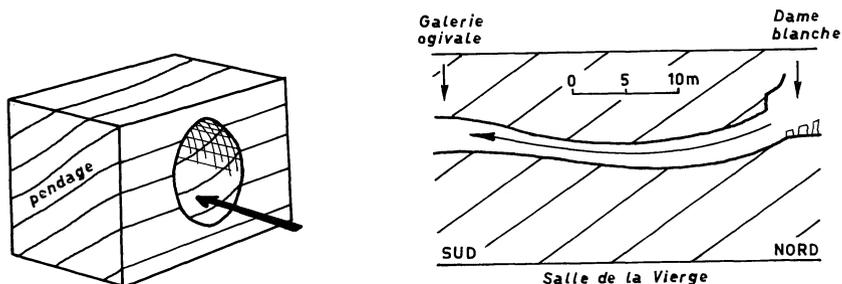


Fig. 6. — Schéma de la relation pendage-sens du courant provoquant la formation d'un siphon; à droite, l'exemple de la Salle de la Vierge (Grotte de Remouchamps). La Salle de la Vierge ne s'individualise pas sur la coupe car elle doit sa qualité de salle non à sa hauteur mais au fait qu'elle constitue un élargissement du passage.

La fig. 5 montre en coupe deux étages successifs de la rivière souterraine. L'inférieur est régulier et mène actuellement la rivière, par une pente faible et assez constante, jusqu'à sa résurgence au niveau de la plaine alluviale de l'Amblève. L'étage supérieur, qui nous intéresse ici, et où l'ancien cours de la rivière est indiqué par des flèches, comporte un siphon reliant le cours amont au cours aval; ce dernier se poursuit en pente faible vers une basse terrasse de l'Amblève, constituant le niveau de base de cet étage.

On voit que la rivière souterraine, au franchissement de la Faille du Père Éternel, a été forcée par la structure à chercher un passage plus bas que son niveau de base d'alors; la branche amont du siphon suit la stratification et la percée vers l'aval s'est probablement faite au départ de diaclases.

Un cas tout à fait analogue est montré par la fig. 6 : la Salle de la Vierge était jadis traversée par un cours d'eau que la structure a obligé à passer en siphon : le pendage a localement la même orientation que le courant.

Nous pensons que, dans de tels cas, le franchissement final de l'obstacle est dû à la pression sous laquelle l'eau affouille la branche amont du siphon, pression qui aide au dégagement de fissures; quant au fait que ces appareils hydrauliques ont le même niveau en amont et en aval des siphons, il prouve que (*au moins* au dernier stade de leur évolution) les siphons relient des galeries dans lesquelles l'eau possède une surface libre, en contact avec une atmosphère (qui n'est pas sous pression).

## II. LES DIACLASES

Les diaclases constituent assez souvent dans les calcaires de Belgique des chemins plus favorables à l'eau que les surfaces de stratification. C'est un fait d'observation : beaucoup de salles se développent à partir de fissures dont l'origine est bien plus fréquemment une diaclase qu'un joint de stratification. La cause pourrait être recherchée dans le fait que les pendages *moyens* des roches sont, dans nos régions, souvent inférieurs à 45°; dès lors les diaclases auraient en moyenne une pente plus forte que les surfaces de stratification; l'eau vadose pourrait y circuler plus vite, et à débit plus fort, et donc y dissoudre davantage. Mais on observe aussi dans les grottes — et notamment à la Grotte de la Fontaine de Rivière — des diaclases en très faible pente dans des roches où la stratification est redressée à 60 ou 70°, et ces diaclases sont parfois très nettement attaquées.

Il nous semble plutôt que la diaclase est surtout, en général, une discontinuité plus ouverte d'avance — ou, du moins, moins serrée — que la surface de stratification; les diaclases montrent parfois un vide de l'ordre du millimètre, en carrière, avant même de présenter aucune trace de corrosion sur leurs faces. Certaines directions de diaclases, plus ou moins radiales par rapport aux plis, ont pu bénéficier de relaxations de contraintes et se décoller légèrement du seul fait de la tectonique, alors que les surfaces de stratification ont plutôt tendance (sauf dans les charnières des plis) à glisser les unes sur les autres.

Ainsi s'explique, pensons-nous, la prédominance des diaclases sur les surfaces de stratification comme voie d'écoulement de l'eau et comme origine de conduits souterrains.

Encore faut-il noter que ceux-ci se manifestent évidemment le plus souvent à l'intersection d'une diaclase et d'une surface ou d'un joint de stratification.

Dans la Grotte de Remouchamps, les diaclases ont déterminé la localisation, la disposition et la forme de nombreux conduits.

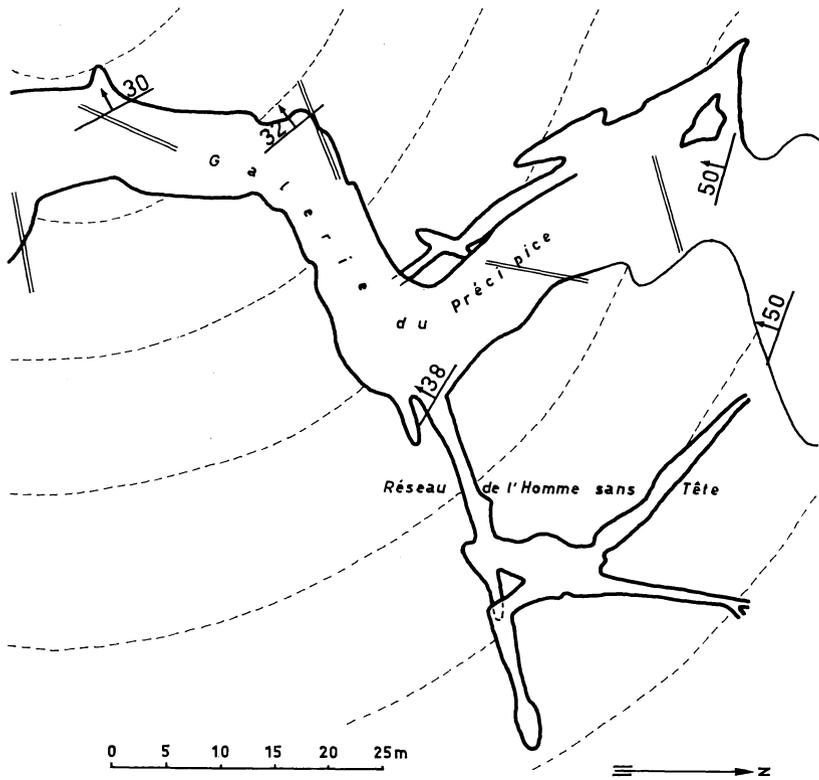


Fig. 7. — Réseau de l'Homme-sans-Tête (Grotte de Remouchamps) : effet déterminant des diaclases sur la disposition d'un réseau de galeries (même légende que la fig. 3).

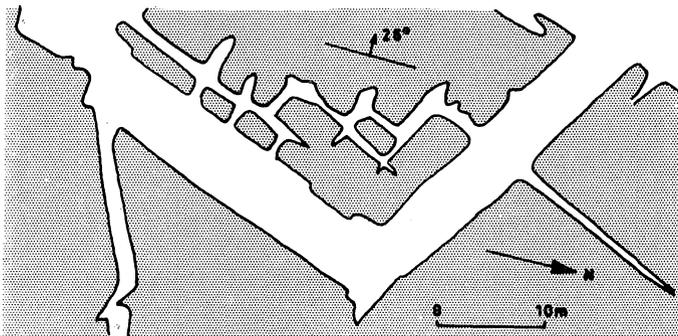


Fig. 8. — Le Labyrinthe, Grotte de Remouchamps : influence conjuguée des diaclases et de la stratification : le plafond des couloirs représentés est presque partout dans un seul et même banc.

Tout le réseau dit de « l'Homme-sans-Tête » par exemple (fig. 7), est visiblement déterminé par les deux directions de diaclases visibles dans la galerie principale, et par la direction de la stratification pour un des conduits. A la jonction des diaclases et de la surface de stratification, la plus grande facilité d'attaque a donné naissance à une salle.

L'influence des diaclases se conjugue fréquemment — nous l'avons dit — avec celle de la stratification pour déterminer la position des conduits. Ainsi, dans la Grotte de Remouchamps, le Labyrinthe (fig. 8) est entièrement creusé suivant un plan de stratification, et le plafond de tous les conduits qui le constituent est presque partout dans un seul et même banc calcaire. Dans ce banc, cependant, il est patent que les diaclases ont déterminé le chemin suivi par l'eau.

On conclura que l'importance des diaclases est fréquemment liée à leur forte pente qui en fait des voies par lesquelles l'eau peut s'infiltrer rapidement sous terre. L'observation des parois montre clairement que les diaclases subhorizontales s'élargissent très généralement beaucoup moins que les autres, nonobstant de rares cas du contraire. Les diaclases subverticales sont de loin celles qui en général s'agrandissent le plus. Les diaclases offrent une grande différence avec beaucoup de surfaces de stratification; il est en effet assez fréquent que les surfaces de stratification correspondent, dans les calcaires paléozoïques de Belgique, à des joints schisteux ou au moins à des lits de calcaire plus argileux. Or, pour une eau ayant peu d'énergie cinétique, les particules argileuses présentent un obstacle non négligeable, alors que les surfaces de diaclases présentent à l'origine des cassures propres dans la masse de la roche soluble, ce qui facilite leur élargissement.

Nos observations nous montrent — et le fait est important au point de vue spéléogénétique — que la pente de la surface (de stratification ou de diaclase) est un facteur plus important que la « propreté » originelle de cette surface.

### III. LES FAILLES

L'étude des effets des failles sur la morphologie du karst souterrain n'est guère aisée. La première cause en est que, assez paradoxalement, la faille est souvent moins obvie que la diaclase ou la stratification : une fissure due à une faille apparaît parfois à première vue comme une diaclase ouverte; la surface de faille peut être cachée par des éboulis, ou bien être masquée par un concrétionnement de calcite.

Les failles que nous avons découvertes à Remouchamps sont des failles radiales, transversales pour la plupart à la direction des couches. Leur faible rejet explique qu'elles n'aient été ni notées sur les cartes géologiques de la région ni même observées en surface.

Nous nous bornerons ici à décrire brièvement quatre des failles observées, choisies comme exemples pour leurs effets sur la morphologie de la cavité (voir leur localisation sur la carte géologique, C. Ek, 1970).

a) *La faille des Natereri* : Cette fracture à rejet très faible traverse la Salle de l'entrée de la Grotte.

Elle est à peu près verticale (pendage 85 à 87° N), et son rejet stratigraphique (lèvre S montée sur lèvre N) est de un mètre. Elle est perpendiculaire à la direction dans laquelle la grotte s'allonge, et en outre il n'y a qu'une épaisseur de quelques mètres de calcaire au-dessus de la grotte à cet endroit : il n'y a donc pas de concentration des débits des eaux de percolation entre la surface et l'arrivée de l'eau dans la grotte; ces facteurs ont freiné le développement de la fissure de

faille; aussi la morphologie de cette fissure est-elle tout à fait semblable à celles des fissures de diaclases dont une se développe d'ailleurs, rigoureusement parallèle à la Faille des Natereri, à quelques mètres plus au Nord.

b) *La faille de la Dame Blanche* : Correspondant à la cassure d'un axe anticlinal, la faille de la Dame Blanche, verticale, a un rejet d'un peu moins d'un mètre; la lèvre S est montée sur la lèvre N. Cette cassure a créé une salle de plus de 50 mètres de long (fig. 9).

Des stries de glissement sont visibles, dans le plan de faille, dans des directions diverses. Le sol est partout jonché d'éboulis au pied de la faille. C'est un phénomène qui s'observe dans toutes les failles de la Grotte, à l'exception de celles qui ont eu un élargissement très contrarié, comme celle qui a été décrite précédemment.

c) *Les failles du Père Éternel (ou de la Salle des Ruines)* :

C'est un faisceau de failles qui sillonne la Galerie du Père Éternel (autrefois Salle des Ruines). Leur rejet stratigraphique total est variable, de l'ordre de quelques mètres; contrairement aux deux précédentes, la Faille principale du Père Éternel montre, à ses deux lèvres, un fléchissement des bancs sur plusieurs mètres, et non une simple cassure; le retroussement des bancs est très fort sur la lèvre N.

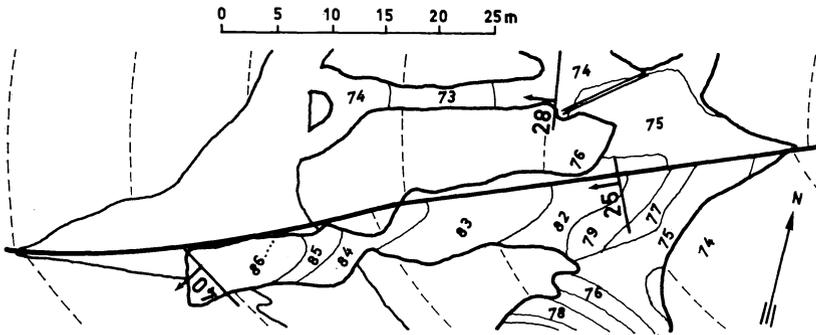


Fig. 9. — La Faille de la Dame Blanche, dans la Grotte de Remouchamps. Cassure d'un axe anticlinal, avec faible rejet. Même légende que la figure 3.

La faille Sud du Père Éternel fait un angle faible avec la stratification; plusieurs surfaces de stratification présentent des stries de glissement. Deux au moins des failles Nord présentent des brèches de faille; elles s'infléchissent vers le haut plus ou moins conformément à l'axe anticlinal (à fort ennoyage ouest) que suit la Galerie du Père Éternel. L'ensemble constitue un pli-faille.

Le fait le plus caractéristique de la morphologie de ce secteur de la Grotte est que l'existence de failles parallèles a donné naissance à une longue galerie de largeur constante (fig. 10); en outre, l'existence de plusieurs failles a favorisé le phénomène d'effondrement. Les écroulements les plus impressionnants se sont produits après une longue période de concrétionnement car des fûts stalagmitiques de près d'un mètre de diamètre gisent brisés dans les éboulis.

d) *La faille Cathédrale-Nord* : Plusieurs failles radiales existent dans le secteur de la salle dite « Cathédrale »; cette salle est longue d'une quarantaine de mètres, large d'une quinzaine, haute de 37 mètres entre le plafond et l'éboulis qui constitue

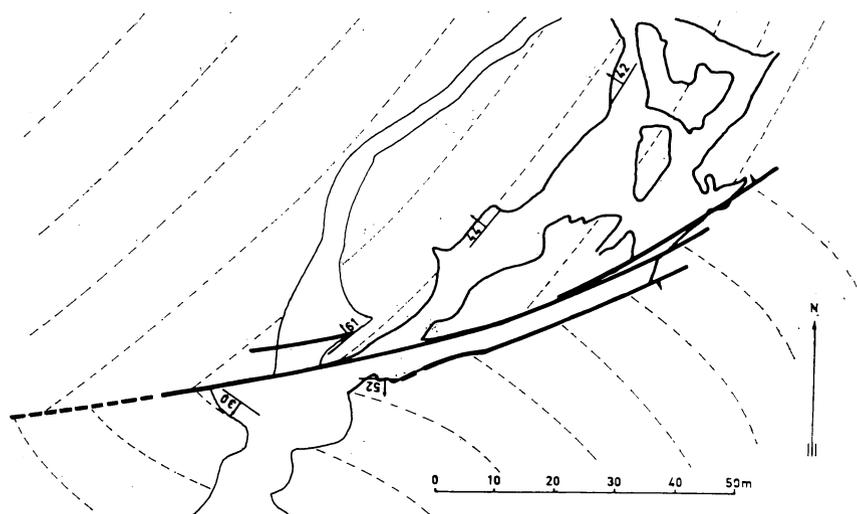


Fig. 10. — Vue en plan du faisceau de failles du Père Éternel, dans la Grotte de Remouchamps. Axe anticlinal faillé avec fort retroussement de la lèvre N.

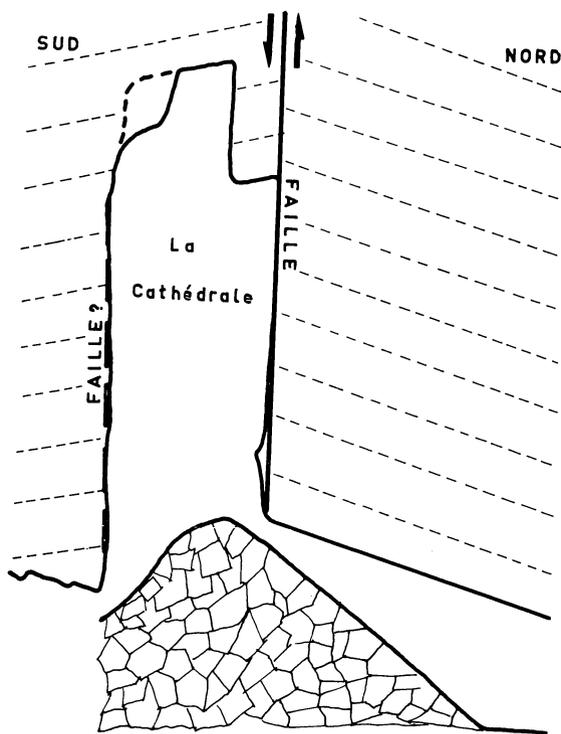


Fig. 11. — La faille radiale Cathédrale Nord. Coupe. Le massif sud est descendu par rapport au massif nord.

le sol. La faille principale, qu'il est commode d'appeler « Faille Cathédrale-Nord » (fig. 11), présente un rejet *stratigraphique* de huit mètres; ici c'est le massif sud qui est descendu par rapport au massif septentrional; et si l'on s'en réfère à la tectonique de la région, il semble bien qu'il s'agisse donc d'une faille de relaxation. Ce fait serait d'ailleurs en parfait accord avec le fait que s'est développée en cet endroit la salle la plus vaste de la Grotte, l'effondrement le plus important.

Les failles ont, on le voit, une grande influence sur la morphologie. Dans les cas ici envisagés, il ne s'agit pas d'une influence active : les formes observées sont d'origine structurale; ce ne sont pas des formes directement tectoniques; aussi ne s'étonnera-t-on pas que le rejet n'ait, en lui-même, guère d'importance pour ce qui nous occupe. Mais les caractères de la faille (fracture, pli-faille, faille de compression ou de relaxation, etc.) influent sur ces effets. La carte morphologique de la Grotte de Remouchamps (\*) montre que toutes les failles y correspondent à des effondrements, dont certains sont gigantesques. Ces effondrements supposent évidemment des vides préexistants, formés, au moins au début, par un autre facteur; on retrouve des chenaux créés par l'eau sous plusieurs éboulements de Remouchamps; par exemple, en nous fauilant à plusieurs mètres de profondeur sous la surface du grand éboulis de la Galerie du Père Éternel, nous avons retrouvé des vestiges d'un conduit en forte pente, courant le long d'une des parois à la base de l'éboulis; ceci confirme qu'avant d'être les lieux d'effondrements les zones failleuses ont été des voies d'enfouissement des eaux superficielles.

#### OUVRAGES CITÉS

- COEN, M., 1970. — Stratigraphie du Frasnien de la Grotte de Remouchamps (Belgique). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 93, pp. 73-79.
- EK, C., 1961. — Conduits souterrains en relation avec les terrasses fluviales. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 84, pp. 313-340.
- EK, C., 1970. — Carte géologique de la Grotte de Remouchamps (Belgique). *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, t. 93, pp. 287-292.

#### DISCUSSION

M. CALEMBERT : L'étude détaillée n'a-t-elle pas montré, dans la Grotte de Remouchamps, la succession de phénomènes de corrosion phréatiques et vadose? A peu de distance de la grotte, j'ai pu observer et photographier en 1950 (Phénomènes de corrosion sous-fluviale dans la vallée de l'Amblève, *A.S.G.B.*, t. 73, pp. B 157-168) des corrosions purement phréatiques orientées par des joints de stratification verticaux et surtout par des diaclases horizontales.

Il s'agit, dans le second cas, de cavités créées per ascensum, uniquement au toit des diaclases. Je pose la question parce qu'à l'époque, j'avais été amené (*op. cit.*, pp. B 165-166) à suggérer que la grotte de Remouchamps résultait essentiellement de phénomènes de dissolution phréatique.

M. EK : La Grotte de Remouchamps a en effet connu des phénomènes phréatiques et des phénomènes vadoses. Il est difficile de départager ces deux catégories de phénomènes quant à leur importance respective dans le creusement de la grotte. En effet, les phénomènes vadoses surviennent en général après les phénomènes phréatiques, et ils exercent fréquemment une action mécanique importante. C'est particulièrement vrai dans la Grotte de Remouchamps. On ne s'étonnera donc pas de la disparition de la plupart des traces phréatiques.

Par contre, celles que vous avez étudiées sous la plaine alluviale de l'Amblève, près de la grotte, doivent à leur situation sous le lit actuel d'avoir été préservées des actions vadoses.

(\*) C. Ek (thèse de doctorat, 1969); la carte est encore inédite.

M. SERET demande si M. Ek a pu faire des observations précises montrant l'existence de phénomènes de relaxation.

M. EK : La faille Cathédrale-Nord marque en effet, non une compression des couches, mais une relaxation locale au moment où elle s'est produite, au cours des mouvements hercyniens.

Cette relaxation a cependant pu avoir des effets beaucoup plus tard, en permettant des éboulements souterrains jusqu'à une époque géologiquement très récente.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il est impossible de dire si la faille a ou non rejoué depuis l'orogène hercynienne, et, par exemple, lors du bombement et de l'érosion de l'Ardenne. Cela serait en tout cas parfaitement plausible.