

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 113 (1987)  
**Heft:** 24

## Sonstiges

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.09.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Les résines d'époxyacrylate, elles, compte tenu des effets d'encombrement stérique et de stabilisation interne des groupes terminaux, ne peuvent pas être attaquées. Il n'y a pas destruction de la structure du polymère, ni donc diminution de la capacité de charge.

Les résultats d'un essai de résistance aux alcalis selon JIS K 6919 (Japanese Industrial Standard, fig. 10), au cours duquel on fait bouillir un corps d'épreuve pendant 100 heures dans une solution de soude (NaOH) à 10%, ont montré que ni le poids, ni les cotes en longueur, ni la dureté du corps d'épreuve ne sont modifiés.

#### 4.5 Tenue à la température

A l'état durci, la résine d'époxyacrylate présente une température conventionnelle de déformation à chaud, plus élevée que des résines de polyester non saturées. Sa température conventionnelle de déformation à chaud, selon Martens, (DIN 53458) est de 102°C, alors que celle de la résine de polyester non saturée, des HBP, est de 55°C.

La figure 11 représente la résistance relative pour la plage de température de 0 à 140°C. Sur l'ensemble de cette échelle de température, la cheville présente une bien meilleure capacité de charge et conserve sa résistance jusqu'à 120°C. A partir de cette température, sa capacité de charge diminue, mais à 140°C, elle est encore égale à environ 50% de sa résistance à 20°C.

#### 4.6 Tenue sous charge occasionnelle

Lorsque la cheville chimique à base d'époxyacrylate est mise en charge, la tige d'ancrage subit un allongement fonction de la profondeur du trou. La viscoélasticité du mortier garantit une bien meilleure distribution des charges dans toute la zone de la cheville chimique qu'avec les chevilles chimiques à base de polyester non saturé connues jusqu'ici et élimine en particulier toute contrainte locale (extrême) à la surface du matériau support, du béton par exemple. On obtient des valeurs de rupture comparables à celles obtenues avec les chevilles chimiques à base de résine de polyester. Mais du fait de son excellente tenue dans le temps, on obtient des valeurs admissibles supérieures à celles des chevilles à base de résine de polyester.

### 5. Résumé

Si on considère le type de résine réactive, le nouveau système de cheville chimique à base d'époxyacrylate offre les bonnes caractéristiques de résines époxy (résistance aux agents chimiques) et de résines de polyester non saturées (mélange, réactivité, plage de températures d'application).

Compte tenu de ses excellentes caractéristiques à l'état lié, elle offre les avantages suivants :

- une résistance élevée à l'hydrolyse
  - une faible absorption d'eau,
- donc une meilleure tenue dans le

temps lorsqu'elle est placée dans un milieu constamment humide (application dans la construction de routes et de ponts, chemins de fer et installations maritimes)

- une faible viscosité
- une adhérence plus élevée
- une meilleure élasticité.

Ces trois facteurs ont des effets bénéfiques sur la tenue de la cheville soumise à des variations de température. Du fait de sa faible viscosité, la résine pénètre bien mieux dans la zone limite du trou, ce qui renforce la zone fragile du bord (« consolidation du trou »). Elle offre une meilleure adhérence, en particulier dans les trous secs ; toute influence ultérieure de l'humidité n'entraîne aucune diminution notable de l'adhérence.

Sa meilleure élasticité a aussi des effets bénéfiques : elle permet de reprendre toutes contraintes dans le système (également celles dues, par exemple, à des différences de dilatation thermique).

Enfin, grâce à une température conventionnelle de déformation à chaud plus élevée, pour les façades ou dans les salles de machines en particulier, cette cheville présente une bien meilleure résistance à la chaleur.

Adresse de l'auteur :

Peter Mauthe, ingénieur chimiste  
Hilti (Suisse) SA  
Soodstrasse 61  
8134 Adliswil

## Actualité

### Chercheurs suisses et catastrophe du lac Nyos<sup>1</sup>

*Dans le nord-ouest du Cameroun, une nuit d'août 1986, 1746 personnes et un grand nombre d'animaux ont trouvé la mort dans un nuage toxique provenant d'un lac de cratère volcanique. Le président du Cameroun, M. Bija, demanda alors de l'aide, et notamment au Gouvernement suisse.*

*Un petit groupe du Corps suisse d'aide en cas de catastrophe, dont faisaient partie un médecin, un géologue et un spécialiste en gaz toxiques, se rendit au Cameroun pour contribuer aux actions internationales de première aide et pour examiner les causes de cet accident.*

*Pendant quelques jours des analyses bactériologiques, géologiques, hydro- et aérochimiques furent faites. Des études détaillées d'échantillons d'eau et de roches ont été effectuées par l'Institut de minéralogie et pétrographie de l'EPFZ et par Gemag AG à Alberswil.*

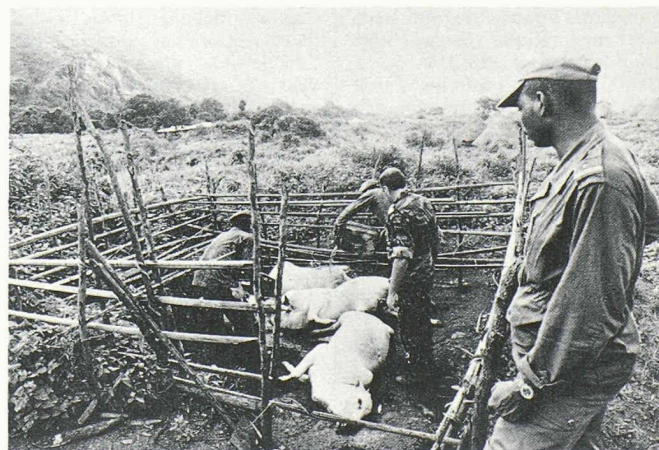
<sup>1</sup> Version légèrement abrégée d'un article paru dans le *Bulletin der ETHZ*, Nr. 207. Traduction de Bernard Grobety et Eric Reusser.

#### La composition du nuage toxique

Quelques jours après la nuit catastrophique, il était impossible aux différentes organisations de secours de détecter la moindre anomalie de gaz dans l'air, à part une concentration légèrement plus élevée de CO<sub>2</sub> à la surface du lac Nyos. Ainsi la cause de l'émanation du gaz mortel et sa composition ont dû être déterminées à l'aide d'indices. Des autopsies pathologiques ont indiqué que, probablement, un manque d'oxygène a provoqué la mort par asphyxie.

Le nuage mortel, apparemment plus lourd que l'air, a atteint une hauteur de 120 m au-dessus du lac et s'est déplacé rapidement (environ 50 km/h) vers le nord, dans des vallées étroites, situées en aval. Son effet mortel s'est étendu à plus de 25 km du lac Nyos.

Il est exclu que ce soit l'hydrogène sulfuré et le monoxyde de carbone qui aient provoqué la mort, puisque l'on n'en a pas découvert dans le sang des victimes. C'est donc le gaz carbonique, qui apparaît souvent dans des cratères volcaniques, qui a dû former le volume principal du nuage de gaz mortel. Une concentration de 10 à 20% de CO<sub>2</sub> dans l'air peut engendrer la mort par étouffement. En se fondant sur la répartition régionale des morts, on a pu cal-



*Cette catastrophe n'a pas seulement coûté la vie à 1746 personnes, mais elle a privé les survivants de l'essentiel de leurs moyens d'existence en détruisant leurs troupeaux.* (Keystone.)

culer un volume minimal de gaz toxique de 1 km<sup>3</sup>, ce qui correspond à environ 0,15 km<sup>3</sup> de CO<sub>2</sub> pur.

Les traces de cautérisation sur les parties dévêtues des morts et de quelques survivants indiquent une faible concentration de différents acides.

#### La provenance du CO<sub>2</sub>

Le lac Nyos (environ 1,5 km<sup>2</sup> de surface et 208 m de profondeur) s'est formé dans le cratère d'une

éruption phréato-magmatique, qui a probablement duré quelques jours et qui s'est produite en période historique. Des lacs de cratère semblables (maars), situés sur des cheminées (diatèmes), sont très bien connus dans le massif de l'Eifel et le Massif central.

Ces cratères circulaires, ne mesurant souvent que quelques centaines de mètres de diamètre, sont le résultat d'éruptions explosives. Celles-ci sont causées



Le lac Nyos après la catastrophe, vu du nord. L'écoulement au nord (premier plan) ne montre pas de signe de marée, bien que le nuage toxique se soit répandu aussi dans cette direction. Sur la berge sud du lac, la ligne blanche (centre de la photo) marque la limite supérieure des dévastations provoquées par la marée orientée vers le sud.

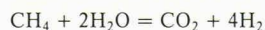
par la rencontre d'un magma basaltique extrêmement chaud (>1100°C), montant le long de fissures, avec des poches d'eau, se trouvant dans des zones perturbées.

Le nord-ouest du Cameroun paraît être une région classique pour ce type d'éruption. Cette zone subéquatoriale reçoit plus de 3 m d'eau par année. Pendant la saison des pluies, plusieurs systèmes de grandes failles (NE-SO, N-S et NNO-SSE) sont fortement remplis d'eau météorique. Trois régions avec une activité magmatique élevée sont connues dans le nord-ouest du Cameroun. Cette activité se manifeste non seulement par des volcans récents et des maars, mais aussi par des sources hydrothermales, dont les eaux sont saturées en CO<sub>2</sub>.

Toutes les laves et tous les produits volcaniques provenant d'explosions récentes ont une composition primitive dite «basanitique», «ankaramitique» ou «alcali-basaltique». La naissance de ces magmas peut être expliquée par la fusion partielle de roche péridotitique dans le manteau. Cette fusion est due à des phénomènes de dépressurisation. La vraie cause est un système de failles profondes, courant NE-SO, la ligne du Cameroun. Cette ligne tectonique s'étend sur 1600 km, des îles volcaniques Pagalu, Sao Tome, Principe et Bioko dans l'Atlantique Sud, en passant par le volcan du mont Cameroun, haut de 4000 m et récemment actif (1982), jusqu'au centre de l'Afrique occidentale. Le magmatisme le long de cette faille dure depuis environ 65 millions d'années (éocène) sans interruption, indiquant un équilibre des tensions dues à l'éloignement des plaques continentales de l'Afrique et de l'Amérique du Sud.

Ce sont surtout ces magmas alcalins, provenant directement du manteau supérieur, qui transportent du CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl, HF, etc., jusque dans l'écorce terrestre et à sa surface. L'origine des magmas alcali-basaltiques du volcan Nyos se trouve dans le manteau supérieur. Cela est prouvé par des inclusions de péridotite (contenant de l'olivine, du pyroxène, des spinelles et de l'amphibole) dans les pyroclastites.

La chimie des minéraux trouvés dans ces inclusions nous permet de calculer une profondeur d'origine de 40 à 60 km. Le carbone du manteau terrestre apparaît sous forme de diamant ou de méthane. Des données pétrologiques et des mesures sur des météorites semblent indiquer un milieu de réduction à plus de 50 km de profondeur. En présence d'eau, du CO<sub>2</sub> peut se former selon la réaction suivante :



Une diminution de la pression déplace cet équilibre vers la droite, c'est-à-dire que l'ascension des magmas favorise la formation de CO<sub>2</sub> et d'hydrogène.

Dans le nord-ouest du Cameroun, un tel processus est probable, car on trouve des phases hydratées (amphiboles pargasitiques) dans les inclusions de péridotite, prouvant la présence d'eau dans le magma primaire. Cette provenance du CO<sub>2</sub> est prouvée irréfutablement par des études isotopiques sur de l'eau prise au fond du lac, effectuées par des organisations d'aide japonaises et américaines. Les  $\delta^{13}\text{C}$  de CO<sub>2</sub> dissous dans cette eau donnent des valeurs entre -2 et -8, ce qui représente normalement des valeurs mesurées sur des diamants ou des roches magmatiques originaires du manteau supérieur. En plus, le rapport iso-

topique <sup>3</sup>He/<sup>4</sup>He exclut toute addition de CO<sub>2</sub> biogène.

#### Mesures préventives : des forages en biais

Le mécanisme de libération du gaz reste vague. Les pyroclastites et les sédiments volcano-clastiques remplissant le diatème, ainsi que l'eau du lac Nyos, sont de possibles réservoirs de gaz. Ce gaz atteint ces trappes par des systèmes de fissures. L'éruption du gaz peut ensuite être déclenchée par une surpression dans le diatème ou une sursaturation en CO<sub>2</sub> de l'eau du lac. De plus, une différence de température entre les différentes couches d'eau pendant la saison des pluies aurait pu provoquer un renversement de l'eau riche en CO<sub>2</sub> au sol. De même, un petit tremblement de terre a peut-être pu engendrer l'effondrement des sédiments peu solidifiés. En raison de la direction de l'éruption du gaz vers le sud, on suppose que les sédiments, en relation avec un système de failles au sud du lac, servent de réservoir primaire du gaz.

Se fondant sur les connaissances de la catastrophe et de l'origine du CO<sub>2</sub>, le Corps suisse d'aide en cas de catastrophe proposa, lors de la conférence sur la catastrophe du lac Nyos en mars 1987, des mesures préventives à long terme : des forages en biais de 700 à 1000 m de profondeur, respectivement à la base des diatèmes volcaniques et à travers des systèmes de failles associés, devraient permettre une capture contrôlée tant des eaux hydrothermales que des gaz ascendants. L'enrichissement en CO<sub>2</sub> dans le lac pourrait être réduit à un minimum. Un système d'alarme, fondé sur des détecteurs de gaz, semble être peu efficace, non seulement à cause de la nature imprévisible et rapide de ces

éruptions, mais aussi vu les difficultés logistiques dans ce pays montagneux, au relief accidenté. La proposition suisse, considérée comme une réelle possibilité de prévention, a été soumise par voie diplomatique (UNESCO) au Gouvernement du Cameroun.

Volker Dietrich, professeur  
Institut für Mineralogie  
und Petrographie  
EPFZ  
Franz Schenker  
Université de Berne  
Gemag AG  
Alberswil

## Bibliographie

### Introduction à la science des matériaux

par W. Kurz, J.-P. Mercier et G. Zambelli. – Un vol. 16 × 24 cm, 376 pages avec quelque 270 figures et tableaux. Edition Presses polytechniques romandes, Lausanne, 1987. Prix : Fr. 69.50 (relié).

Une des révolutions qui lasse, à force d'être silencieusement permanente et peu spectaculaire, est bien celle que connaissent actuellement les matériaux. Pourtant, pour en constater les effets, il suffit de songer à ce qu'aurait été la mutation technologique actuelle sans le dénominateur commun que constituent les matériaux pour tout développement industriel important, quel que soit le secteur concerné.

Il est clair qu'un enseignement unifié en science des matériaux est indispensable et cet ouvrage, qui se veut une introduction à un traité<sup>1</sup>, s'inscrit bien dans cette vision globale. Le lecteur y trouvera un savant équilibre entre les notions fondamentales et les applications, le tout illustré de tableaux concis et d'exemples concrets. De même, les trois grandes classes de matériaux, suivant la classification adoptée par les auteurs (métaux, polymères organiques, céramiques), y sont traitées suivant la même démarche. Le lien est établi, quand cela est possible, entre le comportement macroscopique des matières et les propriétés à l'échelle de l'atome, en passant par la microstructure. Les concepts de la thermodynamique sont heureusement omniprésents pour décrire la situation lorsqu'elle échappe à une prévision plus microscopique.

La démarche didactique de cet ouvrage conviendra particulièrement aux étudiants ingénieurs, physiciens ou chimistes, mais également à tout ingénieur ou tout scientifique désireux d'acquiescer les bases de la science des matériaux.

<sup>1</sup> Cet ouvrage est le premier volume à paraître du *Traité des matériaux* dont les Presses polytechniques romandes entament ainsi la publication.