

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 107 (1981)  
**Heft:** 18

## **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:** 09.07.2025

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

gées 1/2" mâle en inox. Le fond supérieur et inférieur est relié par un tube en inox Ø 1" traversant pour introduction de sondes de mesures. Le fond inférieur est équipé d'une prise de vidange DN 100, le fond supérieur du trou d'homme d'aération et de 2 purges 1".

L'aménagement intérieur est constitué de 9 plates-formes en métal déployé munie chacune d'un trapon de visite qui permet d'accéder d'une plate-forme à l'autre. Il a été décidé d'un commun accord de galvaniser à chaud le métal déployé, ceci pour assurer une protection plus efficace contre la rouille.

Le revêtement intérieur a été confié à la maison Aisa SA à Lausanne, qui a procédé à l'application de 2 couches d'Afrapoxy L après sablage.

L'isolation thermique a été confiée à la maison Werner Isolation SA à Lausanne; elle est constituée d'une épaisseur de 160 mm de matelas de laine minérale liés au moyen de rubans d'acier avec sous-construction nécessaire au renforcement de ce travail; cette isolation est revêtue d'un doublage en tôle d'aluman de 1 mm d'épaisseur posé dans les règles de l'art. L'isolation a été

faite au CHUV juste avant la mise en place dans le puits.

La cagnotte a été soumise à deux essais de pression d'eau à 17 bars; le premier essai a été effectué en usine avant l'application du revêtement intérieur; le deuxième essai a eu lieu au CHUV, dans le puits.

## 6. Evaluation des économies d'énergie

On a procédé à l'évaluation des économies d'énergie possibles sur la base d'un puisage journalier d'eau chaude de 250 m<sup>3</sup>. Le calcul montre que, dans ce cas, et pour certains jours d'été, il faut utiliser le groupe frigorifique de l'informatique en pompe à chaleur (température de condensation à 55°C) et que, durant environ 2 heures par jour, il faut fonctionner sur le condenseur «froid» et évacuer par la tour de réfrigération la chaleur de condensation.

Les économies indiquées sont nettes. En effet, on a chaque fois tenu compte des énergies complémentaires à mettre en jeu (pompes par exemple) ou de réduction

d'autres économies (par exemple, les batteries de «free cooling» situées à l'amont d'autres batteries de récupération réduisent l'efficacité de ces dernières):

chaleur récupérée annuellement:

1600 Gcal

(dont 1100 côté eau par la cagnotte proprement dite et 500 côté air, par «free cooling»)

électricité économisée annuellement:

550 000 kWh

(dont 220 000 grâce au «free cooling»).

Il est actuellement difficile de traduire en francs ces économies. Sur la base de coûts unitaires de 100 fr./Gcal et de 0,15 fr./kWh, on arrive toutefois à un résultat annuel de 240 000 fr. d'énergie économisée ou récupérée, pour un investissement total de 1 500 000 fr.

Adresse de l'auteur:

Samuel Rieben  
Ingénieur-conseil  
7 bis, avenue Vibert  
1227 Carouge

## Actualité

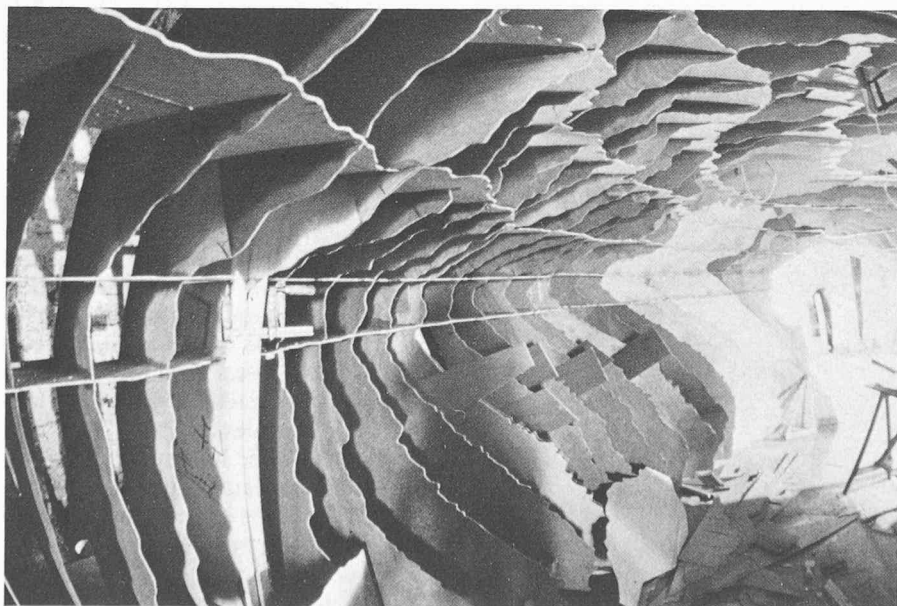
### La grotte de Lascaux reconstituée grâce à la photographie et à la photogrammétrie

Découverte en 1940, la grotte de Lascaux (Dordogne), dont les parois sont ornées de magnifiques peintures datant d'environ 17 000 ans, dut être fermée au public en 1963, car les trop nombreuses visites provoquaient des phénomènes de condensation d'eau et d'émission de gaz carbonique. De plus les micro-organismes ap-

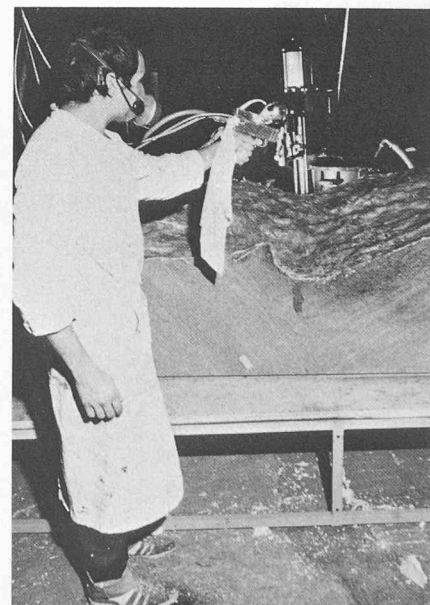
portés par les visiteurs et par le conditionnement d'air contaminaient les peintures. La «lèpre verte» qui se développa risquait de les dégrader à jamais si l'on ne prenait pas des mesures rigoureuses. La simple fermeture de la grotte ne suffisait pas pour rétablir la situation. Il fallut faire appel aux scientifiques pour diagnostiquer le mal et conserver les peintures en voie de dégradation. C'est ainsi que Lascaux, sauvée par la science, a retrouvé le silence, l'obscurité et l'équilibre climatique qu'elle avait connus pendant des millénaires. Le public ne vient plus troubler sa solitude; en contrepartie, il ne peut

plus, hélas, apprécier le talent des grands artistes de la Préhistoire.

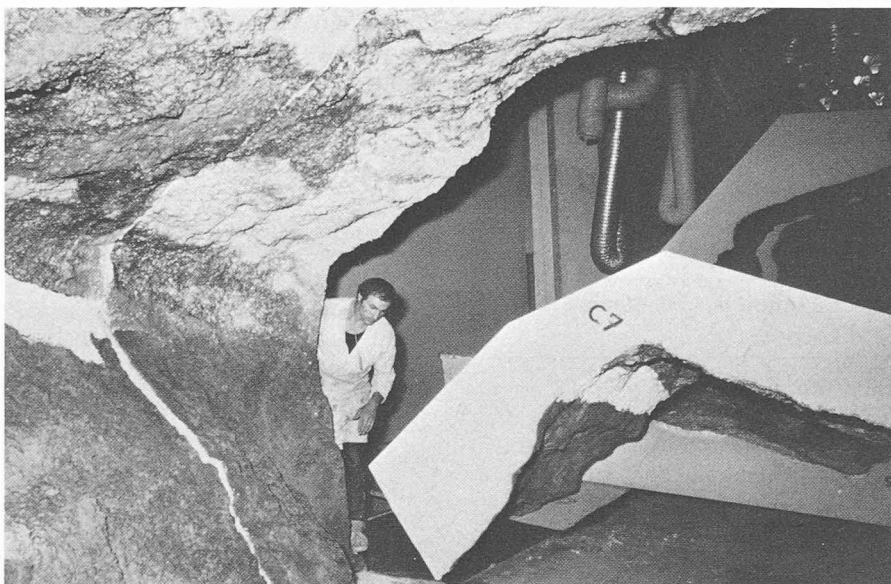
Le Laboratoire de recherches des Musées Nationaux, à Paris, à l'instigation de M<sup>me</sup> Magdeleine Hours, conservateur en chef, pensa présenter une reconstitution en grandeur réelle de la grande Salle des Taureaux, une des plus belles parties de ce joyau du patrimoine français. Pour réaliser ce projet très ambitieux, M<sup>me</sup> Hours s'adressa à Kodak-Pathé qui avait déjà organisé d'autres expositions pour les Musées Nationaux,



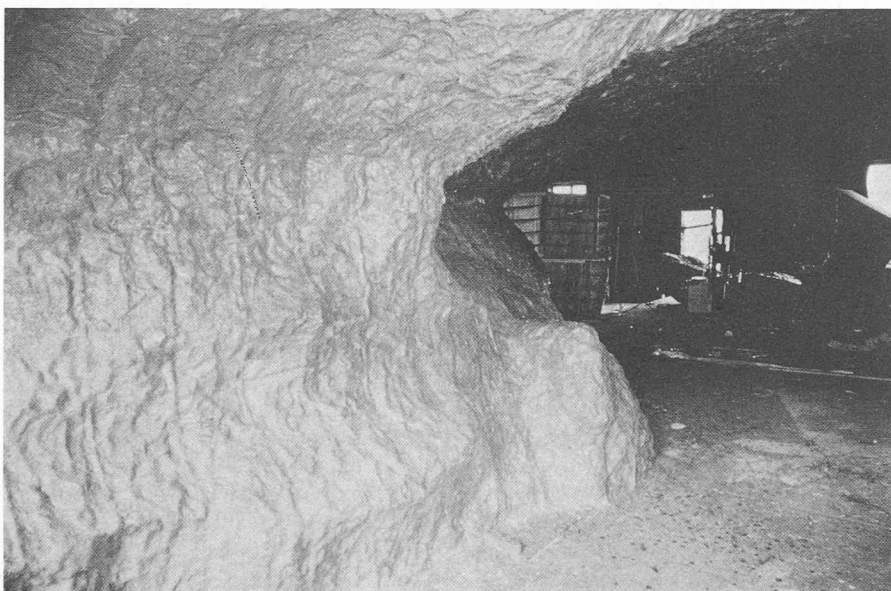
Réalisation et assemblage des couples en contre-plaqué constituant l'ossature de la reconstitution de la grotte de Lascaux. Atelier «Unité Théâtrale et Recherche» à Lyon — juillet 1980.



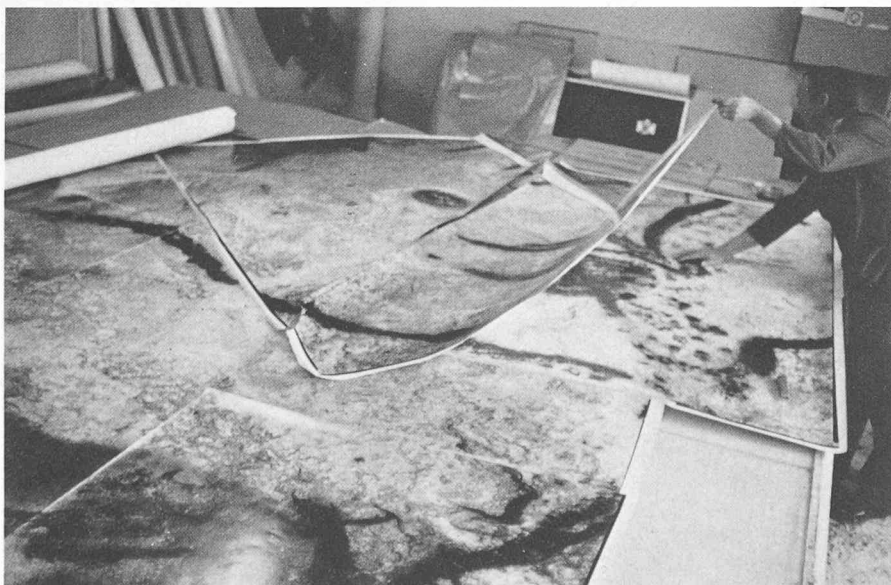
La projection, à l'aide d'un appareil spécial, d'un mélange de résine polyester et de fibre de verre, permettra d'obtenir, après polymérisation, une couche résistante et incombustible d'environ 5 mm d'épaisseur.



*Assemblage des modules.*



*Cette structure légère en polyester va être couverte d'un enduit d'ocre jaune et rouge, additionné de sable mélangé à de la résine afin de restituer l'aspect général de la roche calcaire et des microconcrétions de calcite.*



*Assemblage des agrandissements reconstituant grandeur nature les peintures de la Salle des Taureaux — avril 1980. Ces photographies seront transférées sur le fac-similé de la grotte en septembre 1980.*

en particulier la reconstitution photographique de la Tombe de Nofretari.

Divers projets furent étudiés avant qu'une solution applicable soit trouvée. Le procédé choisi consista essentiellement à transférer, à la manière d'une décalcomanie, sur un support quelconque (bois, pierre, métal, tissu, plastique, plâtre, etc.), en relief ou non, une image photographique préalablement séparée de son support original sur papier. Ce transfert fut réalisé grâce à un traitement approprié qui rend en outre la pellicule élastique. La couche complexe de gélatine ainsi obtenue a une épaisseur de quelques microns et présente la propriété étonnante de se déformer sans distorsion latérale notable.

Lorsque cette pellicule — qui contient déjà l'information photographique — est transférée sur un volume, elle en épouse fidèlement tous les reliefs, même les plus accentués, sans altération des densités des couleurs d'origine. Sans ce phénomène de déformation anisotrope de la gélatine, il eût été impossible de raccorder sur un volume tourmenté les différentes images qui, juxtaposées, couvrent l'ensemble des peintures de la Salle des Taureaux. A la reproduction exacte des couleurs et des microdétails inhérents à la technique photographique s'ajoute ainsi le réalisme apporté par la microstructure du relief sous-jacent.

L'Institut Géographique National (IGN), qui avait déjà effectué en 1966 un relevé photogrammétrique de la grotte de Lascaux à partir de couples stéréophotographiques, fut chargé de calculer et de dessiner les lignes de niveaux correspondant aux profils exacts de la Salle des Taureaux. Une équipe photographia les décorations rupestres, ce qui nécessita une semaine d'activité car la grotte ne pouvait être occupée plus de deux heures consécutives par demi-journée, son atmosphère étant contrôlée en permanence. Au total 25 clichés (format 18 x 24 cm) furent pris dans des conditions parfois difficiles, à l'aide d'une chambre métrique et de flashes électroniques.

A partir des relevés photogrammétriques de l'IGN, une équipe de spécialistes fabriqua 26 blocs (ou modules) juxtaposables. Chaque bloc fut ensuite patiemment modelé pour obtenir le microrelief même des parois rocheuses de la salle, puis couvert d'un enduit d'ocre jaune et rouge, additionné de sable mélangé à de la résine afin de restituer l'aspect général de la roche calcaire et des microconcrétions de calcite. Une fois les 26 modules assemblés, l'ouvrage mesure 15,5 m de long sur 9 m au plus large et 5 m de haut, y compris la voûte. Parallèlement, les agrandissements photographiques à transférer furent tirés à partir des 25 négatifs de l'IGN en respectant, lors du tirage, les dimensions originales des peintures, ce qui nécessita des réglages optiques très délicats. Il fal-



lut aussi compenser les différences éventuelles de densité et de couleur des images pouvant apparaître d'un cliché à l'autre après traitement.

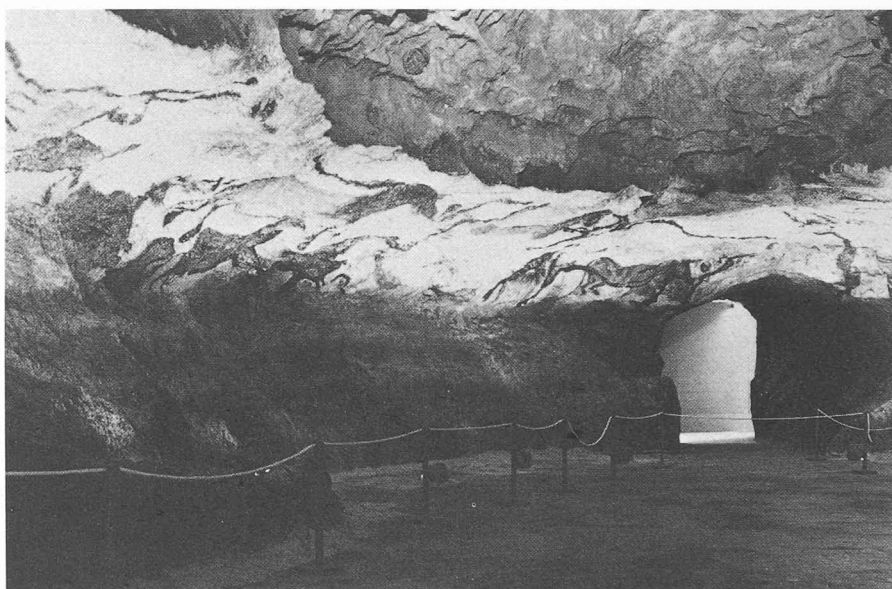
Les tirages photographiques terminés, il incomba de préparer le report proprement dit des images sur les parois de la grotte artificielle. Les épreuves, au nombre de 200, de format standard 60 x 80 cm, furent tout d'abord collées par leur face «émulsion» sur un papier pour décalcomanie. La séparation de l'image photographique de son support primitif fut ensuite réalisée dans une machine qui permet de dissoudre la sous-couche de résine isolant l'émulsion photographique de son support. Après séchage la couche photographique se trouve ainsi collée provisoirement recto-verso sur le papier à décalquer dont elle peut être détachée facilement par humectation.

Chaque épreuve fut alors appliquée et collée à l'emplacement très soigneusement repéré sur les parois de la grotte. A l'aide d'éponges et de brosses mouillées, le papier fut facilement éliminé, si bien que, après séchage, seule l'image photographique resta parfaitement adhérente, même dans les plus petites anfractuosités de la paroi.

Ce qui fut peint à Lascaux d'un trait génial et peut-être fulgurant aura demandé, pour être copié à Paris, beaucoup de temps et d'ingéniosité. Mais l'aventure, 17 000 ans après, aura été vécue avec passion.



Mise en place d'une décalcomanie photographique sur une paroi du fac-similé de la grotte de Lascaux.



Les peintures de la Salle des Taureaux de la grotte de Lascaux. Reconstitution photographique réalisée sur relief grâce à une nouvelle technique du Centre de recherches de Kodak-Pathé.

*Nous remercions vivement la maison Kodak et plus particulièrement son service de presse à Lausanne de nous avoir permis la publication de cet article.*

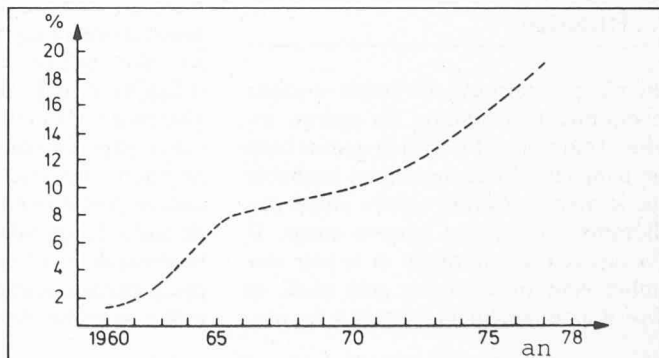
*Rédaction*

### La protection de l'environnement coûte son prix

Les prescriptions anti-pollution appliquées de nos jours aux centrales thermo-électriques de toute sorte et plus particulièrement aux équipements de combustion sont sévères, mais le recours aux techniques d'avant-garde permet de respecter ces impératifs légaux, voire d'obtenir des valeurs nettement inférieures. Mais des exigences plus poussées ont aussi leur prix. Le diagramme ci-contre indique la récente évolution des coûts. Alors qu'avant 1960, la part des équipements anti-pollution dans les centrales thermo-électriques au charbon n'importait guère, elle s'est fait sentir toujours plus fortement dans la période de 1960 à 1970 — par suite de la hauteur accrue des cheminées et de l'amélioration des équipements de dépoussiérage. Après 1970, une charge supplémentaire est apparue avec la pose d'installations de désulfuration.

La récapitulation ci-contre illustre la part revenant aux différents équipements de purification. On constate que les éléments les plus coûteux sont la désulfuration, le filtrage électrique et (lorsqu'elle est nécessaire) la tour de refroidissement. Ces prochaines années, il faut compter avec une nouvelle charge supplémentaire, les exigences posées quant à l'importance et au rendement des équipements de désulfuration allant croissant. A long terme, ces mesures sont judicieuses, ce d'autant plus que le coût de l'énergie continue d'augmenter, ce qui réduira donc progressivement la part de ces coûts pour protéger l'environnement.

Finalement, c'est au citoyen que revient la responsabilité quant à l'ampleur des mesures anti-pollution dans la production d'électricité par procédé thermodynamique (centrales au mazout, gaz, charbon, nucléaire) — par le prix qu'il est prêt à payer pour le courant électrique.



Evolution du coût de la lutte contre la pollution.

| Composante                  | Part (%) |
|-----------------------------|----------|
| Filtre électrique           | 4,5      |
| Equipement de désulfuration | 10,4     |
| Cheminée (250 m)            | 0,7      |
| Tour de refroidissement     | 2,9      |
| Filtrages des eaux usées    | 0,25     |
| Insonorisation              | 0,85     |
|                             | 10,00    |

Prix des divers équipements antipollution.