

MARS 1981 - 4,50 FF

Le Courrier de l'unesco

LA SCIENCE AU SERVICE DE L'ART



M 1205 - 103 - 4,50 F



**TRÉSORS
DE L'ART
MONDIAL**

160

Liban

Baal, le dieu de l'orage

Cette statuette en bronze (18,5 cm de haut) a été mise au jour lors des fouilles exécutées dans l'ancien port de Tyr, renommé pour son commerce avec les pays lointains, son industrie de la pourpre, son rayonnement culturel et intellectuel. Cette effigie (milieu du 2^e millénaire av. J.-C.) est celle de Baal, le dieu de l'orage dans le panthéon cananéen. Une grande diversité de cultes, de techniques et de styles artistiques s'est exprimée à Tyr qui attira successivement les Phéniciens, les Assyriens, les Grecs, les Romains, les Byzantins, les Arabes, les Croisés et les Ottomans. En décembre 1979, les Nations Unies ont estimé que le site archéologique de Tyr faisait partie intégrante du "patrimoine mondial". L'Unesco apporte un soutien actif au Comité international qui, en étroite collaboration avec le Liban, travaille à la sauvegarde des vestiges de la grande cité antique.

PUBLIÉ EN 25 LANGUES

Français	Italien	Turc	Macédonien
Anglais	Hindi	Ourdou	Serbo-Croate
Espagnol	Tamoul	Catalan	Slovène
Russe	Persan	Malais	Chinois
Allemand	Hébreu	Coréen	
Arabe	Néerlandais	Kiswahili	
Japonais	Portugais	Croato-Serbe	

Une édition trimestrielle en braille est publiée en français, en anglais et en espagnol.

Mensuel publié par l'UNESCO
Organisation des Nations Unies
pour l'Éducation,
la Science et la Culture

Ventes et distributions :
Unesco, place de Fontenoy, 75700 Paris
Belgique : Jean de Lannoy,
202, avenue du Roi, Bruxelles 6

ABONNEMENT — 1 an : 44 francs français ; deux ans : 75 francs français. Paiement par chèque bancaire, mandat, ou CCP 3 volets 12598-48, à l'ordre de : Librairie de l'Unesco. Retourner à Unesco, PUB/C, 7, place de Fontenoy - 75700 Paris.

Reliure pour une année : 32 francs.

Les articles et photos non copyright peuvent être reproduits à condition d'être accompagnés du nom de l'auteur et de la mention « Reproduits du Courrier de l'Unesco », en précisant la date du numéro. Trois justificatifs devront être envoyés à la direction du Courrier. Les photos non copyright seront fournies aux publications qui en feront la demande. Les manuscrits non sollicités par la Rédaction ne sont renvoyés que s'ils sont accompagnés d'un coupon-réponse international. Les articles paraissant dans le Courrier de l'Unesco expriment l'opinion de leurs auteurs et non pas nécessairement celle de l'Unesco ou de la Rédaction. Les titres des articles et les légendes des photos sont de la rédaction.

Bureau de la Rédaction :
Unesco, place de Fontenoy, 75700 Paris, France

Rédacteur en chef :
Jean Gaudin

Rédacteur en chef adjoint :
Olga Rödel

Secrétaire de rédaction : Gillian Whitcomb

Rédacteurs :

Edition française :
Edition anglaise : Howard Brabyn (Paris)
Edition espagnole : Francisco Fernandez-Santos (Paris)
Edition russe : Victor Goliachkov (Paris)
Edition allemande : Werner Merkli (Berne)
Edition arabe : Abdel Moneim El Sawi (Le Caire)
Edition japonaise : Kazuo Akao (Tokyo)
Edition italienne : Maria Remiddi (Rome)
Edition hindie : Krishna Gopal (Delhi)
Edition tamoule : M. Mohammed Mustafa (Madras)
Edition hébraïque : Alexander Broïdo (Tel-Aviv)
Edition persane : Samad Nourinejad (Téhéran)
Edition néerlandaise : Paul Morren (Anvers)
Edition portugaise : Benedicto Silva (Rio de Janeiro)
Edition turque : Mefra Ilgazer (Istanbul)
Edition ourdoue : Hakim Mohammed Saïd (Karachi)
Edition catalane : Joan Carreras i Martí (Barcelone)
Edition malaise : Azizah Hamzah (Kuala Lumpur)
Edition coréenne : Lim Moon-Young (Séoul)
Edition kiswahili : Domino Rutayebesibwa (Dar-es-Salaam)

Editions braille : Frederick H. Potter (Paris)
Editions croato-serbe, macédonienne, serbo-croate, slovène : Punisa Pavlović (Belgrade)
Edition chinoise : Shen Guofen (Pékin)

Rédacteurs adjoints :

Edition française :
Edition anglaise : Roy Malkin
Edition espagnole : Jorge Enrique Adoum

Documentation : Christiane Boucher

Illustration : Ariane Bailey

Maquettes : Philippe Gentil

Toute la correspondance concernant la Rédaction doit être adressée au Rédacteur en Chef.

5 LA SCIENCE AU SERVICE DE L'ART

par Magdeleine Hours

6 LE SAUVETAGE DE LASCAUX

8 LA SALLE DES TAUREAUX

Un fac-similé grandeur nature d'un chef-d'œuvre de la Préhistoire

12 L'ANALYSE SCIENTIFIQUE DES PEINTURES

— L'INVESTIGATION EN PROFONDEUR
D'UNE OEUVRE DE REMBRANDT
— UN VRAI ET UN FAUX

15 FAUX ZAPOTÈQUE ET THERMOLUMINESCENCE

16 LA REINE ARÉGONDE ET LA MICROFLUORESCENCE X

17 « LE VASE À LA CACHETTE »

La spectrométrie de masse éclaire les chemins de la métallurgie

20 L'ÂME DES INSTRUMENTS DE MUSIQUE

21 L'ARCHÉOLOGIE ET L'ATOME

Les techniques nucléaires de datation
par Bernard Keisch

24 PETITE HISTOIRE DE QUELQUES FAUSSAIRES D'ART

par Stuart J. Fleming

27 LES PRINCIPES DE LA CONSERVATION

par Bernard M. Feilden

30 L'HOLOGRAPHIE

Un procédé révolutionnaire pour créer des répliques à trois dimensions des œuvres d'art
par Ivan Yavtouchenko et Vladimir Markov

34 L'ARCHÉOLOGIE AÉRIENNE

2 TRÉSORS DE L'ART MONDIAL

LIBAN : Baal, le dieu de l'orage

Notre couverture

La science se révèle aujourd'hui un outil précieux au service de l'art. Grâce à elle on peut analyser les techniques anciennes, déceler les faux, dater les découvertes archéologiques, reconstituer les axes des courants culturels. En outre, la science joue un rôle capital dans la conservation des biens culturels. Cette nouvelle discipline de la conservation, encouragée et soutenue par l'Unesco, associe en effet étroitement art et technique scientifique. Sur la photo : appareils de thermoluminescence et statuette d'Ariane assise provenant de Myrina (première moitié du 2^e siècle avant J.-C.), musée du Louvre, Paris. La date de cette statuette a été confirmée par cette technique scientifique de datation.



ISSN 0304-3118
N° 3 - 1981 - OPI - 81 - 1 - 374 F



Relevé photogrammétrique de la façade
du petit temple d'Abou-Simbel : détail
d'une statue de la reine Nofretari.

La science au service de l'art

par Magdeleine Hours

ART et Science, deux termes longtemps opposés — l'Art est "création", fruit de la sensibilité de l'homme alors que la Science tend à la "découverte des lois de la nature".

L'homme du 20^e siècle a vu le rôle de la science et de la technologie modifier ses modes de vie et peu à peu envahir la vie quotidienne tandis que naissait dans le monde de l'art un réflexe de crainte et de défense de la part de ceux qui le pratiquent et de ceux qui l'étudient, même si le rôle des sciences comme inspiratrices de l'art dans notre temps est incontesté.

Cependant, depuis trente ans, la conscience mondiale fut si souvent alertée devant l'ampleur des destructions, la nécessité de conserver le patrimoine artistique tout autant que le patrimoine culturel, qu'a pris naissance une nouvelle alliance entre les scientifiques et ceux qui ont mission d'étudier, de conserver le patrimoine artistique.

En Europe, on vit se nouer dès le 18^e siècle des liens étroits entre la science et l'art, à Paris dans le monde des encyclopédistes : Fontenelle, Charles, Diderot, etc..., puis à Londres avec les travaux de H. Davy. Au 19^e siècle, les recherches furent plus sporadiques, cependant Pasteur et Roentgen mirent les méthodes dont ils disposaient au service de l'analyse des œuvres d'art. Pasteur écrivait le 6 mars 1865 : "Il y a des circonstances où je vois clairement l'alliance possible et désirable de la science et de l'art, et où le chimiste et le physicien peuvent prendre place auprès de vous et vous éclairer...". Quelques années après, en 1895, Roentgen découvrait les rayons X et tentait de faire à Munich la première radiographie de tableau.

C'est au milieu de notre siècle que les grands musées se dotèrent de laboratoires, les universités du monde entier mirent leurs équipements et parfois leurs chercheurs au service d'une connaissance plus intime de l'objet afin d'en préciser la technologie, d'en découvrir l'origine et la date. Ce fut tout d'abord en utilisant les propriétés qu'offrent les ondes électromagnétiques que l'historien, le conservateur, furent dotés de

moyens d'examen qui amplifient le pouvoir de l'œil. Grâce aux rayons ultraviolets, les reprises, les transformations naguère invisibles sont désormais précisées, circonscrites, photographiées. Grâce aux rayons infrarouges et aux rayons X ou Roentgen, il est possible de traverser bois et toile, de retrouver des étapes insoupçonnées de la création, de remonter le temps.

La technique fut éclairée par ces méthodes, moins cependant que par celles qui permettent d'analyser la matière utilisée par l'artiste ou l'artisan d'autrefois. Les méthodes d'analyse physico-chimiques qui, il y a quelques années encore, avaient le grave inconvénient de nécessiter un prélèvement, ont vu peu à peu ces prélèvements réduits à quelques microgrammes ou même, grâce à la microfluorescence X (méthode non destructive), au néant. La précision des analyses est telle qu'elle a permis non seulement de percer les secrets de la matière mais d'en découvrir l'origine. Ainsi l'étrange pouvoir de ces radiations invisibles non destructives permet de reconstituer les voies du commerce de la métallurgie dans l'Antiquité (voir page 17).

Si les méthodes de spectrométrie tout autant que les méthodes nucléaires ont permis d'éclairer l'histoire des objets, l'histoire des sites, ce sont les méthodes de datation qui ont précisé non plus les origines historiques et géographiques mais la place de ces objets dans le temps. Les méthodes de datation sont désormais multiples, le carbone 14 est une méthode de plus en plus performante depuis qu'elle exige de consommer de moins en moins de matériaux organiques. La thermoluminescence a permis de préciser la chronologie céramique et la dendrochronologie, l'âge du bois, tandis qu'en préhistoire la datation des os, la racémisation des acides aminés apportent à l'histoire de l'homme des précisions importantes.

Le dialogue qui s'est établi entre les sciences exactes et les sciences humaines est dans le domaine de l'art et de l'archéologie parallèle à celui qui existe entre la science et la médecine. Il nous apparaît souhaitable que les diverses initiatives conduites dans ce

sens sur le plan international permettent de normaliser les méthodes scientifiques, afin de faciliter les échanges d'informations, d'améliorer la conservation du patrimoine, de rendre plus efficace la lutte contre les faussaires, d'apporter enfin aux historiens, aux archéologues, les moyens d'élargir le champ de leurs perceptions, des critères de datation plus précis, une exploitation insoupçonnée du rôle de l'environnement. Dans cette exploration de notre passé, il y a place pour deux méthodes d'analyse, pour deux démarches de l'esprit qui doivent conduire vers un même but : l'unicité et l'élargissement de la Culture.

Car le danger d'une scission entre la culture scientifique et les sciences humaines existe. Nous pensons que cette hypothèse d'un univers partagé serait, si elle était entrée dans les mœurs, la fin de la "Culture", c'est pourquoi tous nos soins doivent tendre vers une concertation de plus en plus étroite entre les tenants des sciences exactes et ceux des sciences humaines. Cela ne va pas sans contrainte, sans efforts réciproques, mais c'est le chemin, le seul, pensons-nous, vers un nouvel humanisme.

MAGDELEINE HOURS, de nationalité française, Conservateur en chef des musées nationaux, dirige depuis 1946 le Laboratoire de Recherche des Musées de France. Madame Hours a été Commissaire général de l'exposition "La vie mystérieuse des chefs-d'œuvre — la science au service de l'art" qui s'est tenue en 1980 au Grand Palais, à Paris. Cette exposition présentait à la fois des œuvres d'art remarquables et un recensement, un bilan des méthodes d'examen, d'analyse et de datation utilisées pour une approche nouvelle de la technologie, de l'histoire, de la datation des œuvres d'art ainsi que pour une meilleure conservation. Plus de soixante laboratoires et près de cent chercheurs ont participé à cette manifestation. Le catalogue de l'exposition est un ouvrage de 330 pages, comportant à la fois les commentaires scientifiques des méthodes utilisées et la description des œuvres exposées. L'ouvrage est complété par un répertoire des méthodes scientifiques utilisées. Des extraits de ce catalogue sont reproduits dans les pages qui suivent. Nous remercions les auteurs, la Réunion des musées nationaux et Madame Hours de nous avoir permis de les reproduire.

Le sauvetage de Lascaux

La grotte de Lascaux est située en Périgord près de Montignac, dans le département de la Dordogne. C'est dans les falaises calcaires qui bordent la Vézère que se trouvent les abris les plus nombreux et les grottes préhistoriques qui font de toute la région un des hauts lieux de la préhistoire.

Elle a été découverte le 12 septembre 1940 par quatre enfants de Montignac à l'orée d'un sous-bois, sur la pente d'une colline plantée de pins et de châtaigniers.

L'ouverture de la grotte de plan quadrangulaire ne dépassait guère 80 cm de côté, plongeant à la verticale dans le sol jonché de feuilles mortes et débouchant sur un cône d'éboulis. Quelques semaines plus tard, le sous-bois était dégagé et une énorme excavation large de plusieurs dizaines de mètres était creusée au devant du trou, dégageant même l'amorce de la voûte de la Salle des Taureaux.

L'accès à Lascaux dans une grotte descendante n'a probablement jamais été facile. La désagrégation de la voûte d'entrée continuant à combler progressivement les éboulis après le départ des derniers artistes, la grotte s'est ainsi trouvée obturée pendant des millénaires. Les courants d'air et les écoulements d'eau devant se frayer un chemin à travers ces comblements, ont apporté à l'intérieur de la grotte peu d'éléments destructifs, si ce n'est sans doute lors de la fin de la dernière glaciation, époque à laquelle les géologues rattachent la formation des gours de calcite. Encore faut-il estimer que la calcification en surface du cône d'éboulis, la formation de stalactites, l'infiltration des sables et argiles entraînés par la fonte des glaces, ont dû consolider les comblements de l'entrée. Les études techniques confirmeront le rôle capital joué par ce tampon thermique pour la conservation des fresques pariétales. Si le plafond de la grotte, de 6 m à 8 m d'épaisseur, est étanche (masse rocheuse de calcaire santorien à grains serrés, recouvert d'une couche d'argile imperméable), la fissure d'entrée est à moins de 10 m de distance de la Licorne.

Le classement parmi les Monuments historiques, le 27 décembre 1940, permettait l'intervention des Pouvoirs publics sur une propriété privée, et la fermeture par une porte en bois fut judicieusement conseillée au propriétaire dans le but principal d'interdire l'accès inconditionné du public et non pas pour maintenir des facteurs climatiques dont on ne soupçonnait pas l'importance. Il fallut attendre l'après-guerre pour que des travaux importants soient entrepris permettant l'ouverture au public le 14 juillet 1948, escalier de pierre, porte de bronze, sas d'entrée, cheminement dallé, barrières de protection, éclairage.

La blancheur et la brillance du support de calcite sur lequel les décors polychromes ont été si richement peints, l'admirable utilisation des formes de la structure rocheuse, l'expression de mouvements d'animaux dessinés en pleine action, le style très particulier où se mélangent la perspective et le profil, font de ces scènes animées les plus émouvantes et les plus belles représentations de l'art paléolithique. Aussi convenait-il au conservateur de la grotte de veiller scrupuleusement à l'état de conservation des parois décorées, ce qui lui permit de s'apercevoir, en juillet 1955, que les exsudations d'eau de la paroi de la grotte (eau de condensation), en période d'affluence touristique, provoquaient la formation de gouttelettes d'eau tombant de la voûte et colorées par la dissolution de la peinture. Une étude scientifique de ce phénomène établit que l'excès de gaz carbonique provoqué par la respiration des visiteurs en était la cause. Une machine de régénération de l'atmosphère fut installée en 1958 ; elle comportait une aspiration de l'air, un dépoussiérage sur passage de filtre à huile, une décarbonation sous pluie d'eau sodée, un refroidissement pour maintenir constante, à 14°, la température de l'air, une humidification par eau pour assurer une hygrométrie

voisine du point de rosée (entre 95 et 98 %). Cette machinerie était commandée par une régulation électronique, conditionnée par un tourniquet mesurant le nombre des visiteurs entrant dans la grotte. Le succès de cette ventilation, qui supprimait les condensations et épurait l'atmosphère, entraîna les techniciens à autoriser le propriétaire à la faire marcher à plein régime lors des périodes estivales d'affluence touristique : parfois plus de mille personnes par jour.

En septembre 1960, le conservateur de la grotte remarquait au plafond la présence d'une petite tache verte à peine visible. En 1961, un relevé chromographique décela d'autres taches apparues malgré les premiers traitements conseillés par l'Institut Pasteur. Les taches vertes devenant plus importantes, le ministre des Affaires culturelles désigna en mars 1963 une Commission d'Etudes Scientifiques de Sauvegarde formée de personnalités scientifiques de toutes les disciplines. C'est grâce à un travail exemplaire de plus de dix années et à une étroite collaboration entre les divers laboratoires concernés que put être mené à bien le sauvetage complet des peintures pariétales.



Photo © Institut de photographie scientifique et médicale, Faculté de médecine, Marseille

Malgré la fermeture de la grotte le 20 avril 1963, les algues passèrent en quelques mois de 3 à 720 colonies. L'étude des prélèvements d'algues maintenues en culture, effectuée parallèlement en laboratoire, fit apparaître de nombreuses espèces d'algues, des fougères, des mousses et des champignons. Un traitement de choc s'imposait tant pour réduire la pollution bactérienne que la contamination algale. Après des essais sur l'efficacité et l'inocuité pour les peintures de différentes thérapeutiques, les bactéries furent détruites par pulvérisation d'antibiotiques et les algues furent traitées par application de solutions formolées. Les 1350 colonies d'algues recensées furent détruites progressivement par pulvérisations au 1/10^e sur le sol, au 1/20^e sur la roche nue et au 1/200^e sur les peintures. La destruction totale fut réalisée en deux ans, mais pour éviter une nouvelle contamination, le temps de séjour dans la grotte et l'éclairage ont été réduits considérablement. Ces mesures prophylactiques sont réduites au strict nécessaire grâce aux contrôles périodiques de la teneur en bactéries et en algues de l'air de la grotte et de son sol, et aux examens macrographiques des parois.



Photo © Archives photographiques, Paris - SPADEM

A gauche, tête d'un énorme taureau, long de quatre mètres, de la grotte de Lascaux. Le mystérieux motif barbelé placé devant le mufler de l'animal a été interprété comme un signe masculin. L'afflux croissant de visiteurs, pendant la quinzaine d'années où la grotte fut ouverte au public, perturba le microclimat qui avait pendant des millénaires favorisé la conservation de ce haut lieu de l'art pariétal. L'humidité augmenta de façon excessive et de légers voiles de calcite — forme d'agression cristallographique — commencèrent à apparaître, menaçant de recouvrir les peintures (page ci-contre). Le seul moyen de lutter contre « la maladie blanche » était de recréer le microclimat primitif, équilibre précaire qui ne peut être maintenu, hélas, qu'en fermant la grotte au public.

Outre cette contamination biologique ainsi vaincue, une autre agression menaçait les parois, se manifestant notamment par la formation de légers voiles de calcite sur la paroi droite du Diverticule latéral, sur la frise des Cerfs et d'une manière moins apparente sur la Licorne. Pour enrayer ces phénomènes de reprise et de corrosion des surfaces calcifiées, dont la progression fut suivie par des observations microphotographiques, une étude généralisée fut entreprise tant du contexte structural que du climat. Une reconnaissance hydrogéologique très poussée entraîna des études détaillées utilisant parfois des techniques de pointe : relevé topographique avec report au sol extérieur, analyses pédologiques, relevé photogrammétrique des courbes de niveau par coupe verticale tous les 5 mm dans les zones peintes, relevé colorimétrique, quadrillage très étroit de micro-sondages, exploration microgravimétrique, étude thermique du sol par radiométrie à infra-rouge, carte isothermique des parois au 1/100^e de degré, détermination volumétrique (1 778 m³ pour les cavités reconnues), étude aérodynamique pour détecter les microclimats, données climatologiques fournies par un appareillage élec-

tronique enregistrant à distance, tant des parois que de l'air, la température et l'humidité, la teneur en gaz carbonique et la pression barométrique.

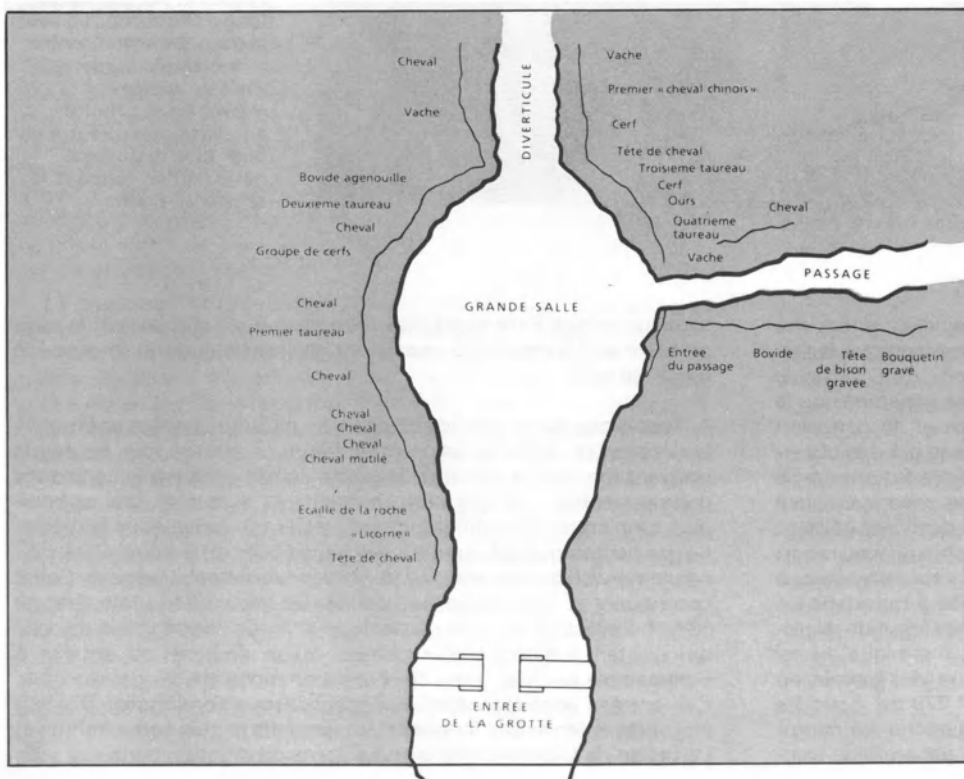
Toutes ces observations recueillies en plusieurs années ont motivé la décision de la Commission scientifique de réduire tous les écarts pouvant modifier le climat de la grotte conditionné par la constance des paramètres : température, humidité et teneur en gaz carbonique. Une station frigorifique climatise l'air qui arrive dans la grotte. Le gaz carbonique est pompé à la source (Puits du Sorcier). Des cloisonnements (sas d'entrée, sas du Diverticule latéral, trappe du Puits) contribuent au maintien de la stabilité des paramètres : température 13° ; humidité 98 % ; gaz carbonique 1 %. Ce climat voisin de celui qui existait autrefois n'est obtenu qu'en limitant les entrées à 5 personnes par jour, avec deux jours de repos absolu par semaine. Ces entrées sont réservées aux spécialistes scientifiques. Dix-huit ans après la fermeture au public, les résultats acquis sont confirmés. La grotte de Lascaux a été sauvée d'une destruction certaine. ■



Photo © Archives photographiques Paris-SPADEM

En haut, vue d'ensemble de la salle des taureaux et, page ci-contre, la reconstitution présentée dans une exposition qui a eu lieu récemment dans les Galeries nationales du Grand Palais à Paris. En bas, plan de la salle des taureaux.

La salle des taureaux



Plan © Edition Skira. Tiré de Lascaux ou la naissance de l'art par Georges Bataille

LA salle des Taureaux se présente comme le cœur de la grotte de Lascaux ; sa forme, tout autant que l'ample décoration peinte concourt à en faire le chef-d'œuvre de la Préhistoire. De 1963 à 1975 vingt-cinq laboratoires français ont uni leurs efforts à ceux de la direction des Monuments historiques, des préhistoriens pour sauver la grotte de Lascaux. C'est le plus bel exemple de la contribution de la science au service de l'Art.

La grotte sauvée, restait fragile, l'équilibre nécessaire entre la température, l'humidité et le gaz carbonique, précaire, c'est pourquoi elle n'est peu ou pas visitable. Afin qu'un large public prenne conscience de la beauté réelle de ce site, on a construit, à l'occasion de l'exposition qui a eu lieu au Grand Palais en 1980-81, un fac-similé grandeur nature. Il a été réalisé grâce au concours de l'Institut géographique national qui détenait les relevés photogrammétriques de la grotte permettant d'en restituer la forme et les reliefs au quart de centimètre près.

A partir des relevés, une société spécialisée dans la réalisation de décors de théâtre a entrepris la tâche difficile de construire une grotte artificielle. Une équipe de spécialistes fabriqua 26 modules juxtaposables. Chaque

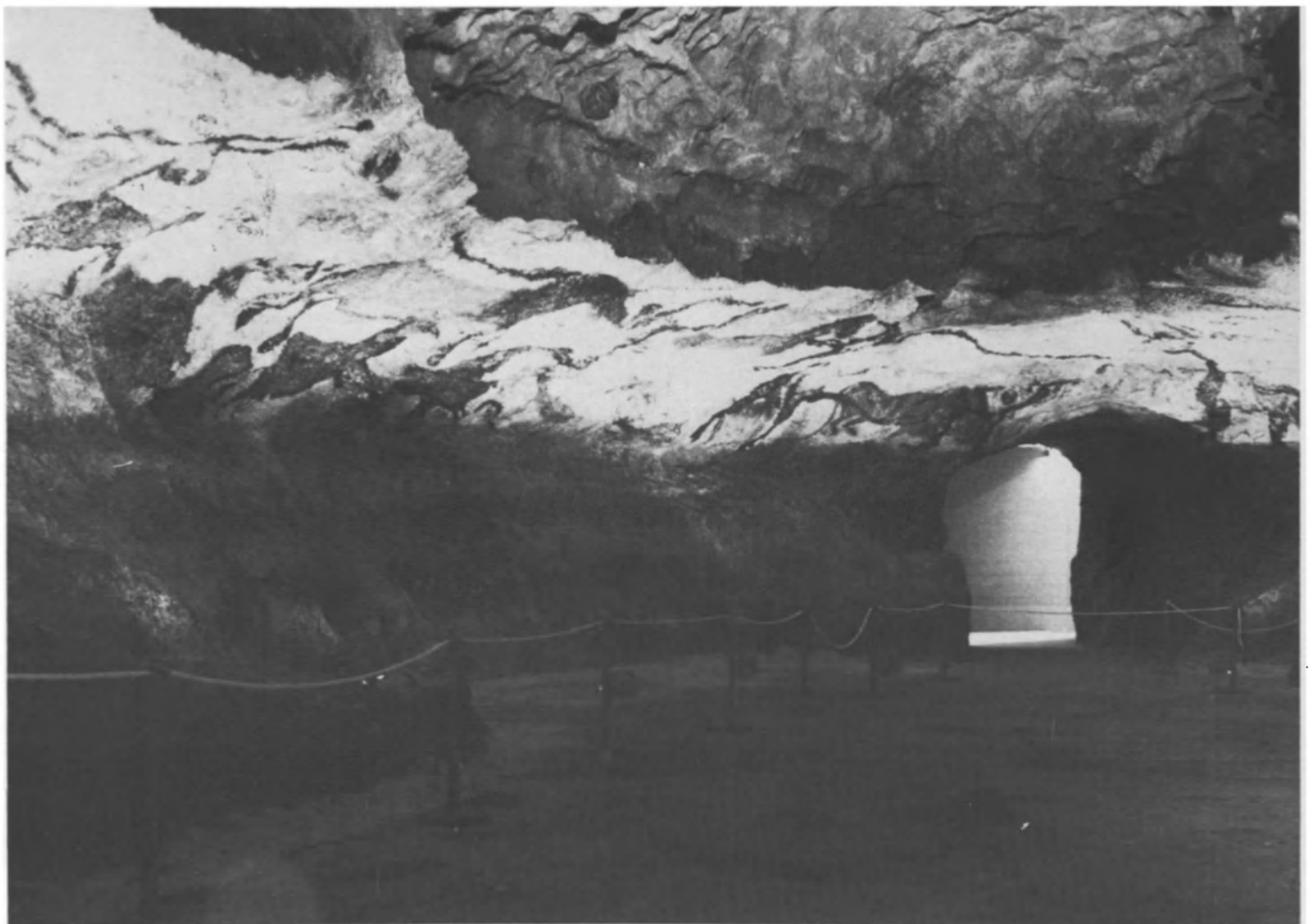


Photo J. Rochaix © Kodak-Pathé, Paris

Un fac-similé grandeur nature d'un chef-d'œuvre de la Préhistoire

module est composé d'une armature comportant 5 profils verticaux et 7 profils horizontaux en contreplaqué, espacés de 25 cm (voir photo page 10). Des blocs de polystyrène expansé furent insérés dans les alvéoles de ces modules afin de reproduire le macro-relief de la grotte.

Chaque bloc fut ensuite modelé localement pour obtenir le micro-relief même des parois rocheuses de la salle. Après dépôt sur la surface de ce moule provisoire d'une couche de latex pour isoler le polystyrène, on projeta à l'aide d'un appareil spécial un mélange de résine polyester et de fibre de verre afin d'obtenir, après polymérisation, une couche résistante et incombustible d'environ 5 millimètres d'épaisseur. Cette structure plastique épouse fidèlement les reliefs du moule sous-jacent auquel elle n'adhère pas.

Cette structure légère en polyester maintenue à l'armature en bois, fut libérée des blocs de polystyrène, puis couverte d'un enduit d'ocre jaune et rouge, additionné de sable et de gravier mélangés à de la résine afin de restituer l'aspect général de la roche calcaire et des microconcrétions de calcite. On peignit en blanc l'endroit où devaient être transférées les photos. Les 26 modules

ainsi obtenus sont ignifugés et peuvent être assemblés par vissage sur un praticable qui reproduit le sol en légère pente de la grotte.

Jusqu'à là tout allait bien ! Le fac-similé de la salle des taureaux existait. Mais comment placer les agrandissements photographiques des fresques sur la surface accidentée des parois ? Reconstituer photographiquement les peintures de la grotte et rendre leur relief semblait un défi aux lois de la photographie et de la physique. Une équipe d'experts des laboratoires de recherche de Kodak-Pathé, à Vincennes, trouva une solution élégante au problème.

Le procédé qu'elle a mis au point est nouveau. Il consiste essentiellement à transférer, à la manière d'une décalcomanie, sur un support quelconque en relief ou non (bois, pierre, métal, tissu, plastique, plâtre, etc.) une image photographique préalablement séparée de son support original sur papier. Ce transfert est réalisé après un traitement qui rend 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. Si étrange que cela paraisse, lorsque cette pellicule qui contient 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. 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.

Les agrandissements photographiques à transférer sur les murs furent tirés à partir de 25 négatifs en couleur de l'Institut géographique national en respectant les dimensions originales des peintures de la grotte, ce qui nécessita des réglages optiques très délicats. Il fallut aussi compenser les différences éventuelles de densité et de couleur des images pouvant apparaître d'un cliché à l'autre après traitement.

Une des difficultés a été de calculer et d'assembler à plat sous forme de mosaïque les fac-similés photographiques. Ces épreuves devaient en effet se juxtaposer parfaitement en dépit des inévitables déformations dues aux différents angles de prise de vue, difficulté accrue par la concavité des parois en surplomb de la grotte.

Les tirages photographiques terminés, il fallut préparer le report proprement dit des images sur les parois de la grotte artificielle. ▶



1

La salle des taureaux / suite

2



3



La première opération consista à calculer un nouveau découpage des photos en couleur, à partir d'un modèle au 1/6^e. Le "puzzle" ainsi obtenu permit le découpage et le montage des tirages originaux en une multitude d'épreuves quadrangulaires (de l'ordre de 200). Chaque montage fut soigneusement repéré sur le plan d'assemblage final et un format standard (60x80 cm) fut adopté pour faciliter l'automatisation des opérations ultérieures.

Ces épreuves furent collées par leur face-émulsion sur un papier pour décalcomanie (papier ordinaire comportant une couche de gélatine soluble dans l'eau). La séparation de l'image photographique de son support primitif fut ensuite réalisée dans une machine, conçue à cet effet, qui permet de dissoudre la sous-couche de résine isolant l'émulsion photographique de son support. Après séchage, la couche qui porte l'image photographique se trouve ainsi collée provisoirement, recto-verso, sur le papier à décalquer dont elle peut être détachée facilement par humectation.

Chaque épreuve fut appliquée et collée à l'emplacement prévu 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 reste parfaitement adhérente, même dans les plus petites infractuosités de la paroi.

Les agrandissements étant transférés, un travail de retouche permit de compenser les quelques imperfections survenues au cours de la décalcomanie, en particulier à la jonction des modules, et il fallut enfin harmoniser les teintes subtiles des parois décorées avec celles, plus uniformes, des roches avoisinantes.

Le réalisme de cette reproduction photographique de Lascaux en trois dimensions a été accentué par un conditionnement de l'air à basse température et une musique rappelant les gouttes d'eau caractéristiques des grottes préhistoriques. ■

1) Assemblage de l'ossature en contreplaqué de la grotte artificielle.

2) Mise en place d'un des modules composant la grotte artificielle.

3) Photomontage des négatifs des peintures.

4) Assemblage des agrandissements reconstituant les peintures, grandeur nature.

5) et 6) L'opération délicate du transfert des photographies sur les parois de la grotte.



Photos 1, 3, 4, 6 : R. Pertuisot © Kodak-Pathé, Paris

Photo 2 : J. Rochaix © Kodak-Pathé, Paris

Photo 5 : A. Courtois © Kodak-Pathé, Paris

Pages 9-11 : reconstitution photographique des fresques de la salle des taureaux de la grotte de Lascaux selon un procédé de transfert de photographies sur relief mis au point par le Centre de recherches de Kodak-Pathé pour le compte des musées de France à l'occasion de l'exposition « La vie mystérieuse des chefs-d'œuvre, la science au service de l'art » réalisée par Madame Magdeleine Hours.

L'analyse scientifique des peintures

La peinture est une création qui s'est élaborée dans le temps, chaque étape est le fruit d'un geste, mais aussi d'une réflexion, aucune n'est à négliger puisqu'elle concourt à l'élaboration et partant à la compréhension des chefs-d'œuvre. La démarche scientifique a dans notre secteur de recherche trois objectifs essentiels : éclairer l'histoire, la technologie de l'artiste et assurer une meilleure conservation de son œuvre.

La contribution de l'examen et de l'analyse au domaine de l'histoire (ici de l'histoire de l'Art) est essentielle. Toutefois il ne s'agit pas, dans notre esprit, de privilégier une nouvelle démarche par rapport à celle conduite par la sensibilité ou par les méthodes traditionnelles à la critique d'art — l'opposition scientifique, humaniste, est dépassée — mais de démontrer simplement l'enrichissement de nos perceptions grâce aux propriétés de diverses radiations, aux ressources de la physique sur des œuvres de style et d'époque bien différents.

L'étude conduite sur un "vrai" et un "faux", met en œuvre des équipements lourds : microsonde de Castaing, microfluorescence X qui concourent à l'étude de la technologie de l'artiste et de son époque, et qui permettent, non seulement l'analyse des matériaux, mais également de percevoir les caractéristiques de leur vieillissement. Ils contribuent à préciser la technique utilisée, la datation de l'œuvre. La prolifération des faux, la subtilité des faussaires, nous ont obligés à une certaine réserve. Il est certain que, plus que l'équipement lourd, la multiplicité des méthodes et des résultats, par conséquent les références stockées par l'informatique, contribuent à nous armer dans cette lutte pour la vérité.

Quant aux méthodes de datation des peintures, l'étude en est conduite à travers le monde. Elles sont encore au stade de la recherche expérimentale. Il est trop tôt pour présumer de leur efficacité.

Enfin, l'analyse scientifique joue un rôle essentiel dans la conservation des peintures. L'établissement d'un diagnostic doit se faire en laboratoire avant tout traitement ; il en est de la santé de l'œuvre d'art, comme de celle de l'homme. ■

L'investigation en profondeur d'une œuvre de Rembrandt

minement partant de la surface vers les couches les plus internes : la radiographie a révélé l'esquisse du portrait, la construction originale de la composition dans sa globalité, tandis que l'analyse détaillée d'un minuscule échantillon préparé en coupe a indiqué les matériaux utilisés par le peintre, leur disposition stratigraphique et leur technologie.

L'examen au laboratoire du *Portrait de jeune homme*, par Rembrandt, a permis de retrouver la structure profonde de l'œuvre et de comparer ses caractéristiques à celles d'œuvres incontestables de Rembrandt de façon à pouvoir confirmer ou infirmer objectivement l'attribution à ce maître.

La mise en évidence de la technique du peintre dans l'exécution de ce portrait a été rendue possible par une double démarche, l'une globale, l'autre ponctuelle, par un che-

L'image radiographique présente la particularité de révéler la présence sur la toile d'une première composition maintenant cachée, une femme penchée sur un berceau que le peintre a recouvert par le portrait actuellement visible. Mais la radiographie met également en évidence la construction du visage du portrait, largement esquissé à l'aide d'une grosse brosse avec du blanc de plomb et exécuté d'une écriture ferme qui caractérise les œuvres de Rembrandt à la fin de sa vie.

L'étude au microscope de la coupe d'un minuscule prélèvement effectué lors d'une

Rembrandt, *Portrait de jeune homme*, 1658, musée du Louvre, Paris.



Un vrai et un faux

restauration dans la partie centrale du tableau a confirmé les superpositions de matière picturale qui expliquent le grand nombre de couches que l'on observe — huit au total — dont les quatre premières appartiennent à la composition inférieure et les quatre autres à la composition supérieure. De plus, l'examen de la coupe permet d'affirmer que la composition sous-jacente avait été terminée, car des traces de vernis sont visibles entre la couche de blanc du voile de la femme et celles correspondantes au vêtement du jeune homme.

L'analyse par la microsonde électronique de Castaing effectuée sur cette coupe a permis d'identifier couche par couche tous les éléments entrant dans la composition de la matière picturale. Les images X traduisent les « cartes de répartition » de la densité relative des éléments présents, les plages blanches constituant la localisation de chacun de ces éléments. On trouve ainsi la répartition du plomb, du fer, du silicium, de l'aluminium, du phosphore et du calcium, et

l'on peut voir que l'enduit rouge riche en fer, aluminium et silicium est constitué d'une terre ferrugineuse et que les couches supérieures contiennent peu de plomb. L'exploration par le pinceau électronique de chaque microcube de matière picturale fournit une image représentative des pigments, utilisés seuls ou en mélange, caractéristique du métier de l'artiste.

Tant par la qualité de l'esquisse mise en évidence par la radiographie que par le profil de la matière picturale révélé par la coupe et la microsonde électronique, cette œuvre s'intègre parfaitement dans les tableaux de Rembrandt déjà répertoriés par l'étude scientifique. ■

La radiographie a révélé la structure interne de l'œuvre et souligné la largeur de la brosse, les caractéristiques de l'écriture du maître. Elle a aussi permis de déceler une composition antérieure jusqu'ici insoupçonnée, une femme penchée sur un berceau.



Photos © Laboratoire de Recherche des Musées de France, Paris

LES documents radiographiques et analytiques ont permis de confirmer l'authenticité de *La Vierge de l'Annonciation*, peinture sur bois du début du 15^e siècle due à l'Italien Taddeo di Bartolo (photo du haut, au verso).

La radiographie montre une image bien lisible de la composition et du support de bois. Le panneau du peuplier est en bon état de conservation, malgré la présence au niveau du corsage de la Vierge d'un nœud de bois qui a été mastiqué avec un matériau dense aux rayons X ; le panneau est constitué de deux planches longitudinales qui ont été également rejointées avec un mastic opaque. Une toile est incluse dans le gesso de préparation, destinée à aplanir le support et à estomper les nœuds du bois : un morceau important de cette toile recouvre à partir des yeux de la Vierge tout le bas du panneau. On remarque également que celui-ci est préparé sur toute sa surface, y compris sur les parties non recouvertes de peinture.

L'image de la composition est de faible densité, les éléments présents dans la matière picturale étant de masse atomique peu élevée (terres, lapis lazuli, laques). Les détails du visage, la chevelure et le voile qui la recouvre, les plis des vêtements sont traités avec un pinceau souple et une couleur fluide étalée rapidement. Un léger réseau de craquelures fines et parallèles, perpendiculaires au fil du bois, affecte la matière picturale, de forme nettement différenciée du réseau de craquelures profondes révélé par la radiographie du faux siennois.

La photographie sous infrarouge souligne la fluidité et l'élégance du graphisme. Les lignes du dessin deviennent même perceptibles par endroits, en particulier dans la chevelure, le visage, les mains, les plis du vêtement, le pan du voile sur la poitrine. Quelques altérations sont visibles sur le manteau.

L'étude de la matière picturale met en évidence une technologie et des matériaux conformes à l'époque et à l'origine du tableau :

— la préparation du panneau est constituée d'un gesso au sulfate de calcium et à la colle passé en deux couches et dans lequel est inclus une toile ;

— le bleu du manteau de la Vierge est composé de cristaux de lapis lazuli en gros grains. Ceux-ci sont recouverts d'une couche de bleu de Prusse qui témoigne d'une restauration ancienne du bleu du manteau ;

— le rouge de la robe est composé de laque de garance mêlé de blanc de plomb ;

— la couche colorée est étendue à l'œuf.

Toutes les caractéristiques mises en évidence sont représentatives et conformes à la tradition du métier italien du début du Quattrocento, tel qu'il est minutieusement décrit par Cennino Cennini dans son *Libro dell'Arte*. C'est la redécouverte de ce traité de la peinture publié en Italie en 1821 par le chevalier Trabboni, et traduit en français en 1858 par le peintre Victor Mottez, qui fut, dès le premier quart du 19^e siècle, à l'origine

de la floraison de faux primitifs italiens exécutés en Italie selon les techniques traditionnelles.

La Vierge et l'Enfant (photo du bas), tableau sur bois, proche, par son style de l'école siennoise du 15^e siècle, s'est révélé être un faux. Cette œuvre comporte en effet des détails formels difficilement compatibles avec son époque et son origine présumées.

Dans un cas comme celui-là, l'analyse scientifique par les méthodes optiques et microchimiques apporte à la connaissance de l'œuvre des critères objectifs et irréfutables qui viennent confirmer ou infirmer les critères historiques et esthétiques de l'historien d'art.

La radiographie est sans conteste l'un des examens les plus utiles dans l'authentification des tableaux, car elle met en évidence la structure profonde de l'œuvre, révèle l'esquisse et éventuellement les anomalies qu'elle présente, permet de la comparer avec des documents obtenus sur des tableaux incontestables.

Il est clair, ici, que le document radiographique est très éloigné de ceux issus d'œuvres de la même époque. L'image de la composition n'est pratiquement pas visible ; on devine cependant sur l'épaule et sur les manches la présence de plis drapés qui ne sont plus perceptibles dans l'état actuel du tableau. L'information la plus intéressante est la mise en évidence très nette d'un large réseau de craquelures prématurées, provoquées artificiellement, qui est à l'opposé du fin réseau de craquelures d'âge qui recouvre la matière picturale des Primitifs.

La photographie sous rayonnement infrarouge restitue bien la forme originale des drapés du manteau, dissimulés par la suite par une couche de repeints. On constate sur le visage la présence d'accidents qui sont maintenant réparés. Le document nous indique que le tableau a été largement restauré, ce que confirme l'examen des coupes stratigraphiques.

L'analyse microchimique, enfin, a permis de déceler dans la composition de la peinture des anachronismes, aisés à mettre en évidence dès lors que l'on connaît l'évolution de l'histoire des pigments et des techniques.

Comme en témoignent les deux coupes transversales présentées ici, la matière picturale de la Vierge pseudosiennoise respecte la stratigraphie traditionnelle : la couche colorée est étendue sur un gesso blanc et épais. Cependant, cette couche colorée présente plusieurs anomalies :

En haut : *La Vierge de l'Annonciation*, par le peintre siennoise Taddeo di Bartolo (1362-1422), musée du Petit Palais, Avignon. La radiographie révèle les techniques caractéristiques de l'école siennoise du début du 15^e siècle.

En bas : *La Vierge et l'Enfant*, style de l'école siennoise. L'image radiographique, où la composition n'est pratiquement pas visible, est très éloignée de celle d'œuvres authentiques de la même époque. L'analyse microchimique a révélé la présence de lithopone, un pigment blanc qui n'est utilisé que depuis 1875.

- L'imprimatura blanche posée sur le gesso et présente sur l'ensemble du tableau est constituée d'une couche à base de lithopone, mélange de sulfure de zinc et de sulfate de baryum, qui n'est utilisé que depuis 1875.

- Le lithopone est également présent dans les couches de couleur chair. Il faut cependant remarquer que celles-ci sont constituées, selon la tradition, d'une couche rose sur une couche à base de terre verte.

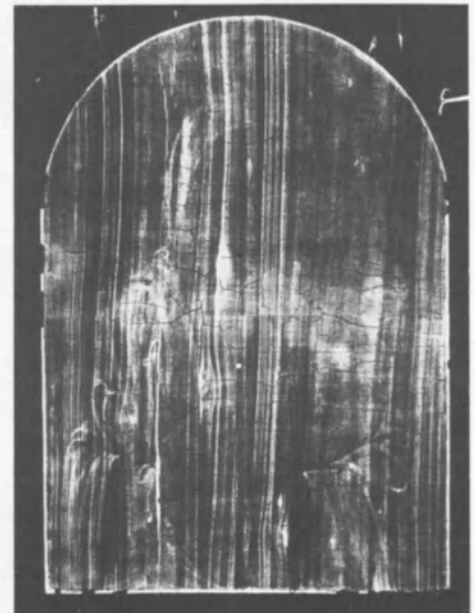
- La couleur rouge est à base de cadmium, employé à partir du 19^e siècle, et la couleur jaune à base d'antimoine, pigment connu dans l'Antiquité, mais qui n'a réapparu sur la palette des peintres qu'au 18^e siècle.

- Tous les points ci-dessus suffisent à montrer que le tableau ne peut être antérieur à la fin du 19^e siècle. Mais de plus, on peut voir sur les coupes transversales du jaune de la robe de l'Enfant et du rouge de la robe de la Vierge que la matière picturale pénètre dans les craquelures de la couche d'impression, ce qui implique que cette dernière a subi un séchage accéléré avant que la couche de couleur ne soit mise en place.

Enfin, le liant de la matière picturale est une détrempe à la colle — additionnée ou non d'un peu d'huile —, bien distincte chimiquement de la tempera à l'œuf que l'on peut attendre d'une peinture de cette époque.

Ainsi, bien que le tableau ait été largement restauré, et bien que son auteur ait eu l'habileté d'utiliser une technique conforme à celle des peintres primitifs du 15^e siècle, la présence dans les couches originales de la peinture de pigments d'introduction récente, et d'un broyage homogène, donc mécanique, rend tout à fait aisée l'identification du faux.

■





Faux zapotèque et thermoluminescence

AU cours de ces dernières années, l'étude stylistique des riches collections d'objets précolombiens de plusieurs grands musées a révélé quelques détails insolites qui ont alerté les américanistes.

Pour résoudre les problèmes soulevés, deux techniques scientifiques ont été utilisées : la thermoluminescence, qui a confirmé la présence d'objets de date récente dans les collections et a permis de les identifier un par un, et la microscopie optique, qui a localisé la région de fabrication de ces pièces.

Parmi les quarante statues de terre cuite de style zapotèque appartenant au musée de l'Homme et aux musées royaux de Bruxelles, qui ont été étudiées, deux objets, l'un authentique, l'autre de fabrication récente, ont été choisis pour illustrer cette étude.

La tête de vieillard faisait partie d'un grand objet de terre cuite symbolisant le culte d'un dieu âgé. Celui-ci était représenté sous la forme d'un vieillard dont la haute coiffure couronnée de plumes était un brasero où l'on brûlait le copal en l'honneur du dieu.

L'urne anthropomorphe représente le dieu du maïs : il tient à chaque main un épi de maïs et sa coiffure est ornée des mêmes symboles. Les grandes urnes anthropomorphes sont caractéristiques de la civilisation zapotèque. On les trouvait souvent dans les tombes, parfois dans les temples.

La *thermoluminescence* (voir article page 21) a permis de distinguer les céramiques cuites il y a plusieurs siècles de celles ayant subi une cuisson récente. A partir d'un échantillon de quarante milligrammes de poudre, des mesures ont été effectuées

pour déterminer d'une part la thermoluminescence naturelle de l'échantillon, d'autre part sa thermoluminescence artificielle après irradiation en laboratoire. A partir des résultats obtenus, la dose de rayonnement déposée dans le matériau céramique depuis sa dernière cuisson a été calculée : la tête de vieillard a reçu environ 300 rads (mesure de radiation ionisante), ce qui correspond à une dose « archéologique » : par contre, celle reçue par le dieu du maïs, ne dépassant pas 17 rads, on peut en conclure que cet objet est de fabrication récente, en précisant même que celle-ci remonte au début du 20^e siècle.

L'observation au *microscope polarisant* de lames minces effectuées à partir d'objets anciens et modernes a révélé les faits suivants : plusieurs argiles ont été utilisées, cependant elles contiennent toutes, en proportion variable, un dégraissant minéral de même nature qui correspond à une zone de métamorphisme existant dans la vallée de l'Oaxaca où s'est développée la civilisation zapotèque, et que l'on trouve en particulier à Monte Alban, principal site de cette civilisation. Nous pouvons en conclure qu'objets anciens et récents ont été fabriqués dans la même région.

L'examen microscopique a révélé de plus qu'un groupe important des objets modernes, constitué principalement de grandes urnes anthropomorphes, a probablement été fabriqué dans un même atelier : en effet, les pâtes céramiques de ce groupe sont d'une remarquable uniformité et se caractérisent par la présence des mêmes minéraux, de taille identique et en proportion équivalente, dans un fond de pâte argileuse anisotrope de couleur jaunâtre. ■



Le trésor de la reine Arégonde et la microfluorescence X

LA microfluorescence X est une technique spectrométrique qui permet d'effectuer l'analyse élémentaire de tous les matériaux. Le spectromètre est composé d'une source de rayons X qui excite la matière à analyser, d'un détecteur qui mesure le rayonnement émis et de deux analyseurs qui divisent ce rayonnement en raies.

Cet appareil est conçu en fonction des caractéristiques propres aux recherches muséologiques. Ses performances se situent entre celles des microsondes électroniques et celles des spectromètres classiques de fluorescence X.

En pratique, la microfluorescence X permet de faire l'analyse, de façon totalement non destructive, directement sur tous les objets et tous les types de matériaux archéologiques, qu'ils soient conducteurs (métaux) ou non conducteurs (céramiques, verres, composés organiques), et quelles que soient leurs formes et leurs dimensions : œuvres d'art de grande taille — peintures ou objets archéologiques —, ou minuscules prélèvements de poudre, glaçure, soudure, incrustation ou inclusion, corrosion ou patine, matière picturale.

Elle permet d'analyser :

— soit de petites plages allant d'un dixième à une dizaine de millimètres de diamètre directement sur les objets ;

— soit, par l'intermédiaire d'une adaptation spéciale, des échantillons dont les plages ont quelques dizaines de microns de diamètre. Dans ce cas, l'échantillon doit être conservé après l'analyse, car la sensibilité et la précision des techniques s'améliorent sans cesse, il est utile de pouvoir compléter ultérieurement les premières analyses.

Cette technique, mise au point récemment par le Laboratoire de recherche des Musées de France, s'est révélée précieuse, parce que non-destructive, dans l'analyse du trésor de la reine Arégonde, femme de Clotaire 1^{er}, dont la tombe a été découverte à Saint-Denis en 1959 par Michel Fleury. Seule sépulture d'époque mérovingienne royale et identifiée qui soit parvenue jusqu'à nous, si l'on excepte celle de Childéric 1^{er} découverte à Tournai en 1654. La tombe de la reine Arégonde comportait un mobilier d'une extrême richesse.

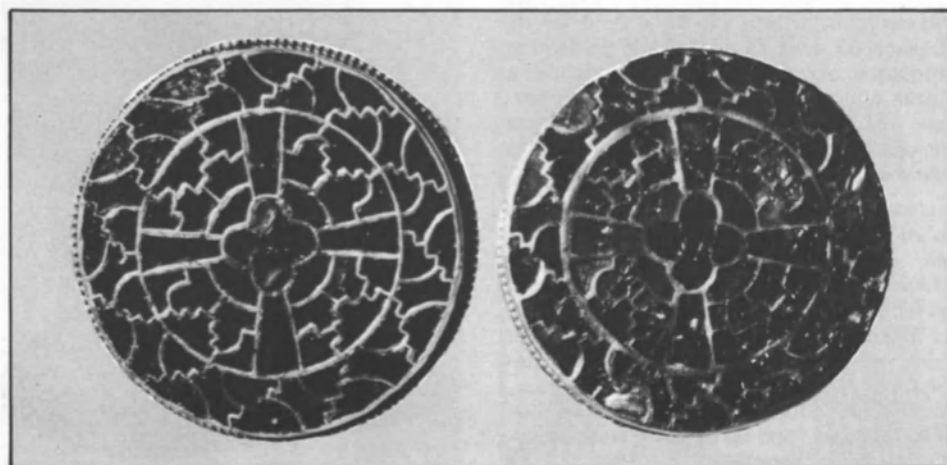
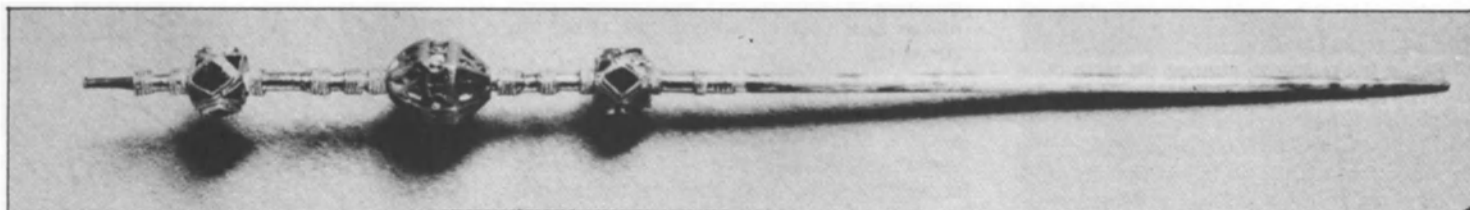
L'étude en laboratoire de ce trésor mérovingien qui compte deux épingles, des boucles d'oreilles, une grande épingle, deux fibules rondes, une bague sigillaire, une garniture de baudrier, deux pendants de cein-

ture, des garnitures de jarretières et de chaussures, et des galons d'or aux manches, a mérité une attention particulière.

L'analyse des alliages métalliques, qu'ils soient d'or ou d'argent, a été effectuée directement sur la surface des objets *par microfluorescence X*, leur qualité interdisant tout prélèvement. Plusieurs points d'analyse ont été réalisés sur chacune des parties de ces bijoux, afin d'obtenir des résultats quantitatifs tout en tenant compte d'un changement éventuel de composition de la surface dû à l'altération, à la présence de dorures ou de nielle.

Les résultats montrent que les alliages utilisés sont différents pour chaque couple d'objets. Par contre, les objets de chaque paire présentent une composition similaire.

L'examen à la loupe binoculaire révèle que dans chaque paire les objets sont de facture inégale, l'un présentant une grande maîtrise d'exécution, et l'autre effectué moins habilement. Ceci suggère que les objets pourraient avoir été réalisés dans un même atelier (chaque couple de bijoux ayant la même composition), cependant les premiers pourraient avoir été créés et exécutés par le maître d'atelier, alors que les seconds seraient de la main d'un ouvrier. ■



Photos © Gilbert Mangin, Nancy

Grande épingle retrouvée au niveau de la poitrine de la reine, en argent et or incrusté de grenats.

Ces deux fibules rondes cloisonnées (or incrusté de grenats) fermaient la tunique en soie de la reine Arégonde au niveau du cou (fibule de gauche) et de la taille (fibule de droite).

Le vase à la cachette

La spectrométrie de masse éclaire les chemins de la métallurgie

C'EST, avant tous les autres domaines, dans le secteur de la métallurgie que s'est développée une collaboration étroite entre les spécialistes des sciences humaines et ceux des sciences exactes, conférant à ces recherches un caractère pluridisciplinaire initié par les remarquables travaux de Cyril Smith au Massachusetts Institute of Technology (M.I.T.).

La métallurgie chimique et extractive, liée à la nature et à l'origine des minerais, est l'une des voies nouvelles de recherches archéologiques qui ont été mises au point depuis une quinzaine d'années, grâce à l'évolution rapide des techniques spectrométriques, atomiques ou nucléaires.

Les minerais d'origines géographiques différentes ont une composition chimique distincte caractérisée, soit par la teneur, soit par la nature des impuretés qui correspondent à la géologie des terrains. Les recherches archéogéologiques portent, soit sur la métallogénie, c'est-à-dire les procédés de transformation du minerai en métal, soit sur l'analyse de leurs éléments en traces et les proportions des isotopes du plomb pour tenter de retrouver des indicateurs caractéristiques qui permettront de déterminer l'origine des objets archéologiques de nos collections.

Cette recherche pluridisciplinaire, puisqu'elle associe les analystes, les archéologues et les géologues, est actuellement entreprise mondialement, tant par les insti-

tuts américains, européens, russes que japonais et porte sur la prospection archéologique de mines antiques de cuivre, d'argent, d'or, d'étain, de plomb ou d'antimoine.

La métallurgie de transformation et de mise en forme qui s'attache à déterminer les techniques de fabrication des objets est une voie d'étude plus traditionnelle. Les techniques d'assemblage et de fonte peuvent être mises en évidence par la radiographie, tandis que les traitements thermiques, mécaniques ou chimiques, qui modifient la structure cristalline, nécessitent une analyse élémentaire du métal ou un examen au microscope d'une coupe métallographique accompagnée d'une analyse dilatométrique (mesurant les changements de volume) ou thermique. L'examen microscopique de la structure métallographique révèle le passé technologique enregistré par le métal. Cette méthode utilisée depuis plus de deux siècles

en métallurgie, a permis, entre autres, d'expliquer le rôle du carbone dans la cristallisation de l'acier des épées damassées (acier d'alliage).

La métallurgie physique établit des relations entre les propriétés physiques du métal obtenues par effets mécaniques, thermiques ou chimiques sur la structure cristalline. Ces mesures physiques nécessitent l'emploi de techniques fines telles que le microscope électronique, la diffraction des rayons X, des électrons ou des neutrons, la microsonde de Castaing ou la microsonde ionique. Ces équipements de pointe permettent aujourd'hui de comprendre les mécanismes de transformation des métaux ; il est possible de caractériser un produit de corrosion et d'en connaître l'origine. L'investigation menée sur les phénomènes d'altération des métaux et en particulier des alliages antiques développe la connaissance des mécanismes de corrosion lente et contribue à la conservation des objets métalliques de nos collections. Ainsi, l'expérience pratique de l'artisan de l'Antiquité et le vieillissement naturel



« Le vase à la cachette », découvert sur l'Acropole de Suse, en Iran, en 1908, contenait des objets en cuivre et en albâtre. Il mesure 51 cm de hauteur pour un diamètre de 20 cm et date d'environ 2 400 ans avant J.-C.

des métaux sont une source d'informations scientifiques qui associe l'objet d'art aux activités industrielles d'avant-garde.

Grâce à la performance des équipements scientifiques mis en œuvre au service de l'Art, tant pour l'obtention des données que pour leur traitement, les sciences exactes contribuent à apporter des éléments d'interprétation de l'histoire de la métallurgie et de ses techniques. C'est ainsi qu'une carte des voies de commerce du cuivre et de l'étain a pu être établie grâce à l'examen approfondi de vestiges tels que « le vase à la cachette ».

On appelle « vase à la cachette » le trésor contenu en réalité dans deux grands vases, l'un sans décor, l'autre peint avec son couvercle, découverts par la mission J. de Morgan sur l'Acropole de Suse en 1908. Le trésor comprend du métal brut — 5 culots de creusets de fondeur, des armes, outils de vase de cuivre semblables à ceux des « tombes royales » d'Ur —, des vases d'albâtre et des sceaux cylindres. Ces derniers, de style local ou importés de Mésopotamie, confirment une date voisine de celle de la 1^{re} dynastie d'Ur — entre 2500 et 2350 av. J.-C. —, ainsi que les liens qui unissaient Suse, métropole de l'Elam (la plaine de l'actuel Khuzistan en Iran du Sud-Ouest), et le pays de Sumer aux hautes vallées bordant l'Iran. Suse, ville de population et de culture mixtes apparentées à celles de Mésopotamie et du plateau iranien, était, en effet, le carrefour des routes traversant ce dernier et par lesquelles étaient acheminées les matières premières et les objets ouvragés, indispensables aux grands Etats des plaines alluviales.

Une métallurgie du cuivre très avancée est attestée en Elam dès le début du 4^e millénaire ; elle s'étend en Mésopotamie à l'extrême fin de cette période et surtout au

3^e millénaire. Or, ces deux régions sont dépourvues de toutes ressources naturelles en minerai. Les matières premières nécessaires aux artisans des cités mésopotamiennes ont pu provenir de nombreuses régions comme l'Anatolie, le plateau iranien où la métallurgie s'est développée dès le 5^e millénaire, les montagnes d'Oman, pour ne citer que les zones les plus proches.

Comment retrouver leurs sources d'approvisionnement !

C'est par l'introduction de paramètres physico-chimiques, comme moyens d'identification des mines et des produits manufacturés qui en sont issus, que l'on a pu établir de manière décisive une filiation « ressources minérales-objets métalliques » (affecter à chaque groupe d'objets archéologiques son minerai d'origine), et par conséquent, préciser les sources d'approvisionnement des cités en cuivre.

La spectrométrie de masse à étincelles, qui a permis le dosage simultané de plus de 30 éléments chimiques pour chaque échantillon, est une des techniques qui ont été utilisées pour analyser, à partir de microprélèvements, la composition de cuivres natifs et de minerais recueillis lors de prospections en Iran, en Oman et en Afghanistan, ainsi que celle d'objets ouvragés provenant de Suse, comme ceux du « Vase à la cachette », ou d'autres sites archéologiques d'Iran.

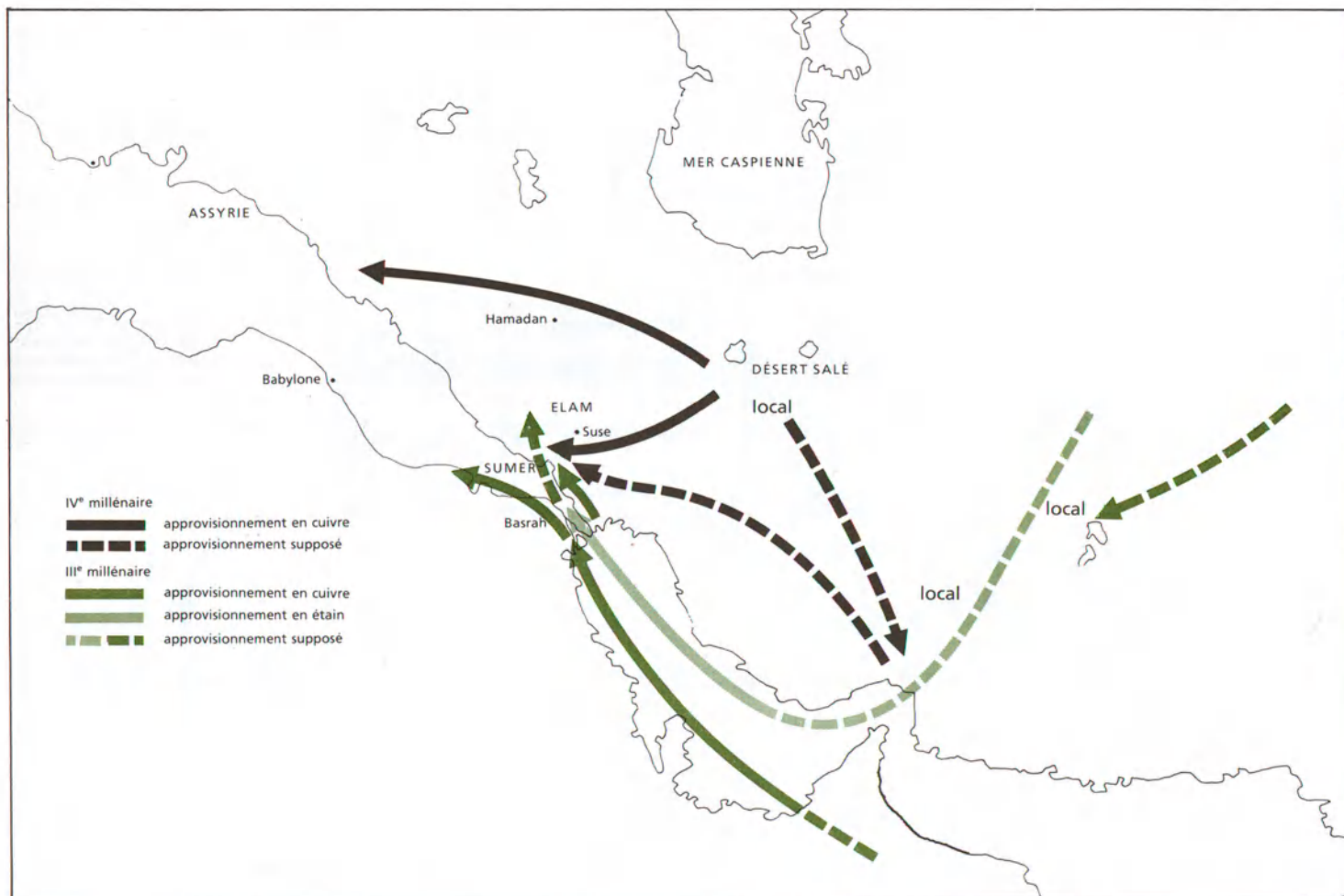
Le traitement sur ordinateur des résultats obtenus en reconstituant les transformations chimiques subies par le minerai pour être conduit à l'état métallique, a donné la possibilité de vérifier que l'on retrouvait bien les caractéristiques géochimiques des minerais d'origine dans les objets manufacturés. Les corrélations et les distributions des éléments chimiques entre eux, bien que modi-

fiées par la réduction du minerai et la fonte des objets, se correspondent ainsi de part et d'autre de la transformation pyrotechnique. Cette modélisation sur ordinateur de l'évolution des concentrations en éléments mineurs et traces a permis d'affiner les notions de filiation « minerais-objets » et d'affecter, par exemple, des minerais d'origines semblables à certains groupes d'objets qui auraient été sinon différenciés.

Tout au long de l'étude, on a recherché avec une attention particulière la cohérence des résultats sur le plan technologique et historique. En effet, les indications fondamentales que recèlent les sites miniers anciens, tant sur les dates possibles d'exploitation que sur la nature des ressources minérales utilisées ; l'analyse fine des scories et des résidus divers de la métallurgie (paroi de four, canal de coulée...) ont été prises en compte. En outre, il a fallu mettre au point les démarches permettant la reconnaissance formelle des éléments ajoutés au minerai de cuivre afin d'en faciliter la fluidité au moment de la coulée ou pour servir d'éléments d'alliage.

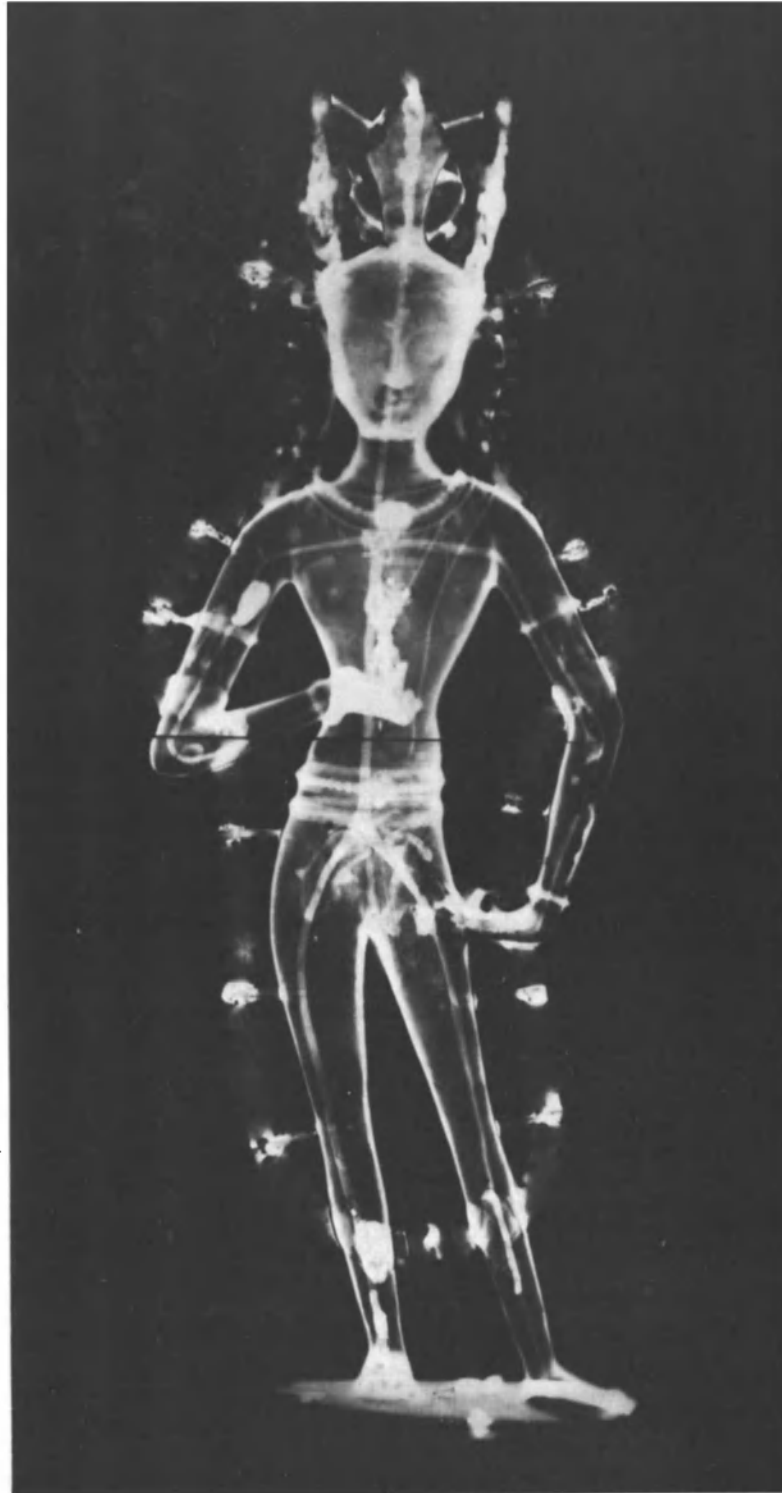
L'utilisation conjointe de l'analyse élémentaire et de techniques d'analyse de données s'est révélée capable de fournir des renseignements nouveaux sur les sources d'approvisionnement en cuivre et en étain du Moyen Orient aux 4^e et 3^e millénaires avant notre ère.

Si le cuivre provient essentiellement du plateau iranien au 4^e millénaire, on constate une modification sensible au début du 3^e millénaire, car un nouveau courant commercial s'instaure le long du Golfe, et la Mésopotamie recherche, dès lors, le cuivre des montagnes d'Oman (le Magan des textes sumériens).



Carte Courrier de l'Unesco, d'après *La vie mystérieuse des chefs-d'œuvre*. Editions de La Réunion des musées nationaux, Paris

Le Bodhisattva aux rayons X



Photos © Laboratoire de Recherche des Musées de France, Paris

Réplique du 12^e siècle d'une statue tibétaine en cuivre du 11^e siècle du Bodhisattva Vajrapani. Le document radiographique révèle la structure interne et la méthode utilisée pour la fonte.

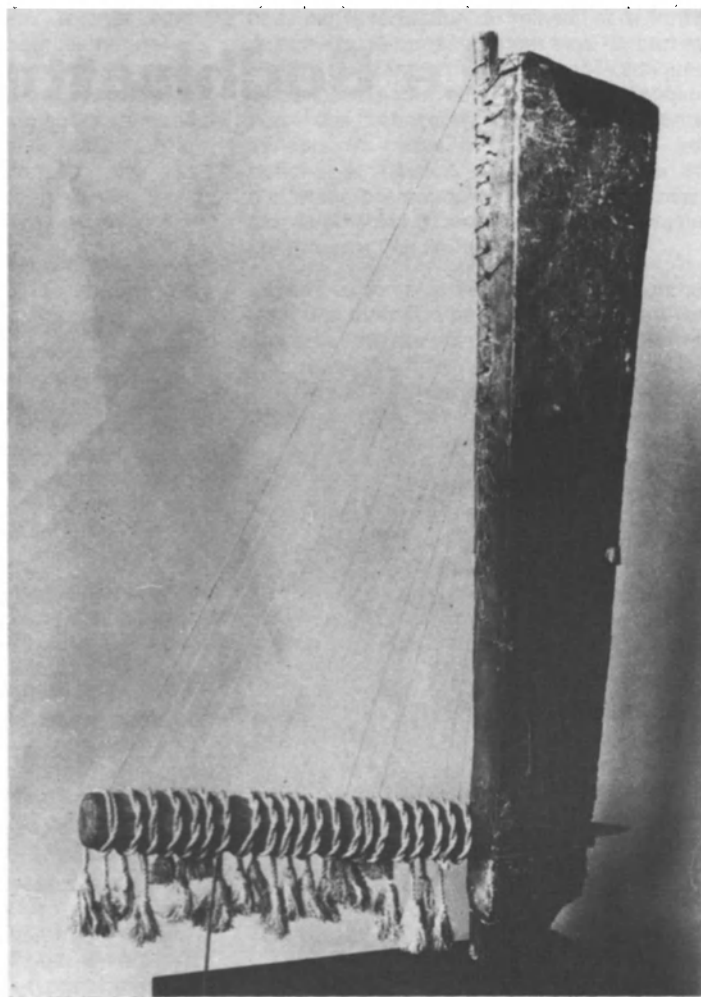
L'âme des instruments de musique

L'ÉTUDE radiographique des instruments de musique est fondamentale, pour en déterminer la technologie non visible de l'extérieur, laquelle a des incidences directes sur les particularités acoustiques : forme et rugosité de la perce d'un instrument à vent, morphologie du barrage de la table d'harmonie pour les instruments à cordes par exemple.

Les remaniements apportés, au cours de l'histoire de chaque instrument, à ces principes de construction, sont également très importants pour l'historien, le restaurateur et le facteur, puisque la restitution sonore s'ajoute ici au témoignage historique.

La harpe fut, parmi les instruments de musique égyptiens, celui qui a toujours joui d'une faveur particulière ; sa forme et ses dimensions furent d'une grande diversité. Celle qui est présentée ici (conservée au Louvre), du type des « harpes angulaires de grandes tailles », est en parfait état de conservation. Elle est formée d'une caisse de résonance verticale, entièrement recouverte de cuir vert, et d'une console (cordier) faite d'une barre de bois cylindrique, qui fait avec la caisse un angle de 85° ; les vingt et une cordes viennent s'enrouler autour de la console, où des cordelières terminées par des houppes servaient à l'accordage de la harpe, obtenu par un système de « coussinets » semblable à celui des lyres.

L'étude visuelle ne permet pas de connaître la constitution de la caisse de résonance qui représente la partie essentielle de l'instrument ; seule l'étude radiographique a permis de découvrir sa morphologie et de mieux comprendre la technologie et l'évolution de ce type d'instruments. De profil, la caisse de résonance apparaît formée d'une pièce de bois massive évidée du sommet à la hauteur de la console ; la partie supérieure est fermée par une pièce de bois ovalisée incluse entre les bords. On constate que la baguette de suspension des cordes, dont l'extrémité se situe au-dessus de la console, a été appliquée sur la caisse, et qu'elle s'amincit en allant vers le bas. L'écartement des bords de la caisse de résonance est assuré par cinq planchettes de bois de 7 cm de haut environ, en forme de queue d'aronde (visibles de face) disposées à intervalles réguliers et travaillées avec une extrême minutie. Les parois de la caisse sont renforcées par deux contre-éclisses verticales de 1 à 2 cm d'épaisseur. Le petit fragment de bois que l'on perçoit dans l'angle du sommet gauche pourrait avoir été le support d'une figure symbolique comme on le voit sur certains instruments. La base de la caisse de résonance masquée par le cuir apparaît avec un tracé originel



légèrement différent ; de plus, un petit morceau de bois a été ajouté pour renforcer l'assise de l'instrument, ce qui, cependant, n'altère en rien l'intégrité de l'objet.

Les divers éléments qui composent cet instrument et leur position relative découverts par les radiographies ont permis, outre l'étude de l'objet, d'établir un rapprochement avec une harpe anciennement conservée à Berlin. Cet instrument, en mauvais état de conservation, avait été cependant l'objet d'une étude qui avait permis de reconstituer une copie sur laquelle il était possible de jouer. Ces deux objets, aujourd'hui disparus, avaient été décrits dans une publication, et il est intéressant de constater qu'une très grande similitude existe entre la harpe du Louvre et celle de Berlin. Ces deux instruments représentent un assez haut niveau de technicité, et pourraient avoir été exécutés par le même facteur de harpe.

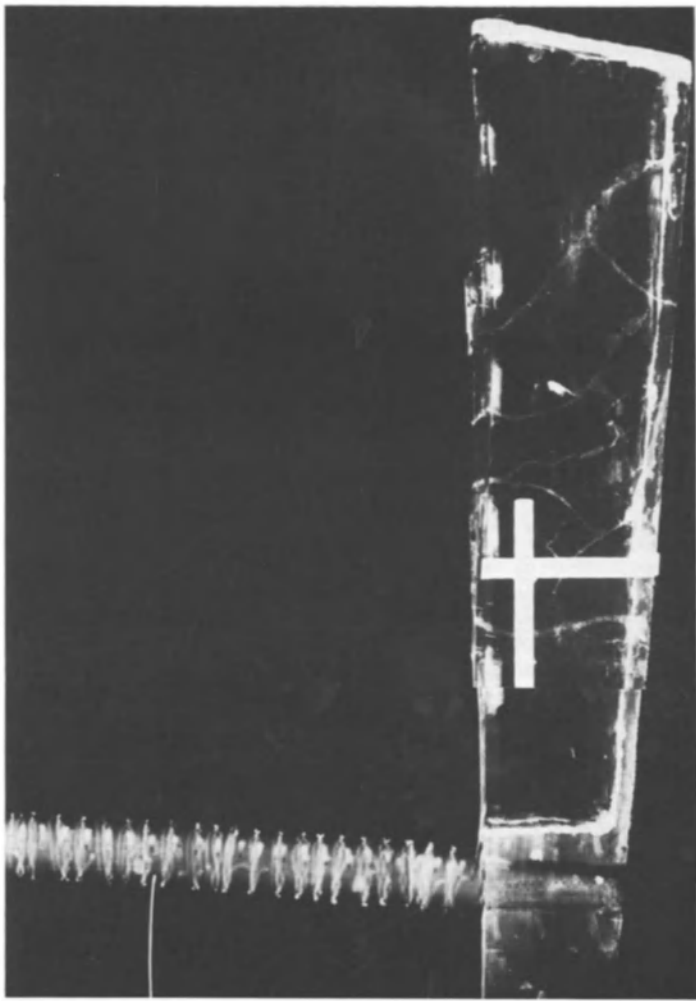
De plus, pour comprendre un instrument de musique, il faut le considérer sous ses divers aspects : facture, esthétique visuelle, mécanique et acoustique.

La facture de cette harpe, comme on peut le constater sur les radiographies, est très évoluée. L'analyse précise de la forme de la harpe montre que les luthiers de l'Égypte ancienne exploitaient une « idéologie esthétique » basée sur les proportions comme celles utilisées en architecture. On constate que le tracé de la harpe correspond à celui d'une figure géométrique précise dont les mensurations sont parfaitement proportionnées à la « coudée royale », unité métrique de l'Égypte ancienne (52,35 cm).

Ce type d'instrument comporte nécessairement deux parties fonctionnellement différentes : un système « excitateur » représenté ici par les cordes, et un système « résonateur » ou corps sonore représenté par la caisse de résonance.

La constitution de la caisse avec ses traverses en queue d'aronde, celle du cordier et leurs dispositions respectives montrent que le problème mécanique était maîtrisé, car les cordes, une fois tendues, étaient à même de vibrer et la caisse pouvait se déformer de façon élastique et non permanente.

Pour obtenir auditivement une « homogénéité » sonore, il faut des amplitudes vibratoires plus grandes dans le grave. Cette condition a été respectée puisque la corde la plus grave est quatre fois plus longue que la plus aiguë, car on ne cherchait pas à obtenir des



sons intenses, mais des sonorités chaudes, mystérieuses, ce qui justifie l'utilisation d'une « table » en peau et non en bois. Pour exciter l'intégralité de la peau, la « baguette » à laquelle est attachée l'extrémité des cordes, est placée dessous. Le système est acoustiquement approprié et efficace.

L'analyse par spectrographie acoustique du corps sonore, la « courbe de réponse » obtenue par tapotement aux deux points de fixation de la corde la plus longue, de la moyenne et de la plus courte, montrent que le degré de liberté des deux points de chaque corde diffère.

Le côté « peau » sonne, en effet, plus grave que le côté « manche ». Le timbre comporte donc deux régions fréquentielles différentes, analogues à celles de la « voix humaine ».

Le harpiste accordait ses cordes en les tendant jusqu'au point où leur sonorité correspondait à l'idéal sonore de l'époque ; l'accordage fin se faisait après. Il modifiait l'accord selon la « gamme » de la pièce qu'il jouait. On peut penser que les vingt et une cordes couvraient trois octaves de sept notes réglables à loisir.

L'étude acoustique, la facture, les caractéristiques physiques, montrent le très haut niveau de technicité de l'instrument. Néanmoins, l'étude acoustique doit conserver quelques réserves puisque la harpe n'est pas en état de jeu ; les cordes n'ont pas la tension réelle, la peau a perdu son élasticité et le manche a probablement été modifié. Les conditions liées aux techniques d'accordage et au jeu de l'instrument se trouvent nécessairement modifiées. Le relevé des « courbes de réponse » et les radiographies permettraient de réaliser une reconstitution de la harpe sur laquelle seulement une étude réelle pourrait être faite. ■

Textes pages 5 à 7 et pages 12 à 21 Copyright © Editions de la Réunion des musées nationaux

Ces textes, qui sont extraits du catalogue de l'exposition « La vie mystérieuse des chefs d'œuvre, la science au service de l'art », publié par les éditions de la Réunion des musées nationaux, Paris 1980, sous la direction de Madame Magdeleine Hours, chef du Laboratoire de recherche des musées de France sont repris de divers articles, notices et documents graphiques ayant pour auteurs Mmes et MM. : Magdeleine Hours, Max Saradet, Suzy Delbourgo, Jeanne Gautier, Michel Fleury, Juliette Liszak-Hours, Christian Lahanian, Pierre Amiet, Thierry Berthoud, Lola Failland-Dumas, Florence Abondance, France Drilhon, Emile Leipp.

L'archéologie et l'atome

Les techniques nucléaires de datation

par Bernard Keisch

ON ne saurait trop souligner l'importance de la méthode de datation par le carbone 14 dans les domaines de l'art et de l'archéologie depuis sa découverte, peu après la Seconde Guerre mondiale. Elle fut aussitôt reconnue et valut à son inventeur, Willard F. Libby, l'attribution d'un prix Nobel en 1960.

Le principe sur lequel repose cette méthode est le suivant : la terre est soumise en permanence à un rayonnement cosmique. La réaction qui s'ensuit dans la haute atmosphère entre des neutrons et des atomes d'azote, produit du carbone 14. Comme ce flux de neutrons n'a presque pas varié au cours des récents millénaires, le pourcentage de carbone 14 ainsi produit n'a pas varié davantage.

Dans l'atmosphère, les atomes de carbone 14 réagissent chimiquement avec l'oxygène pour former du gaz carbonique qui se mélange ensuite au gaz carbonique ordinaire (ses atomes contenant 6 protons et 6 neutrons ne sont pas radioactifs). Ce gaz carbonique atmosphérique pénètre dans les tissus vivants par l'intermédiaire des végétaux : les animaux herbivores, puis leurs prédateurs, etc., contiennent donc aussi du carbone 14.

Ainsi chaque organisme vivant contient-il du carbone 14 à la concentration où celui-ci se trouve dans l'atmosphère durant son temps de vie. Lorsque cet organisme meurt et cesse d'être en équilibre avec la biosphère, le carbone 14 qu'il renferme n'est plus renouvelé par un apport de carbone 14 venant de la chaîne alimentaire. La concentration du C 14 dans ses tissus commence donc à décroître.

Selon les lois de la radioactivité, une substance radioactive disparaît à raison de moitié par période ou demi-vie. Celle du carbone 14 est d'environ 6 000 ans. Encore 6 000 ans et la moitié des atomes restants auront disparu à leur tour, c'est-à-dire que le nombre initial se sera épuisé aux trois-quarts.

Jusque vers 1900 la concentration de carbone 14 dans notre atmosphère et notre biosphère donnait à chaque gramme de carbone une radioactivité d'environ 15 désintégrations par minute (d.p.m.). Cette manière d'exprimer la radioactivité en d.p.m. par gramme s'appelle « l'activité spécifique ». Autrement dit, dans le cas présent, 15 d.p.m. par gramme signifie que parmi les 50 mille millions de millions de millions d'atomes de carbone 12 dans 1 gramme, il y a environ 650 milliards d'atomes de carbone 14, 15 d'entre eux « disparaissant » chaque minute par perte radioactive.

Ainsi, 6 000 ans après la mort d'un organisme, l'activité spécifique du carbone 14 sera-t-elle de 7,5 d.p.m. par gramme ; après 12 000 ans, elle ne sera plus que de 3,75 d.p.m. par gramme et ainsi de suite. En utilisant des échantillons importants (dans la mesure où ils sont disponibles !) et des instruments efficaces pour mesurer la radioactivité, on a pu dater des objets en bois, par exemple, vieux de 50 000 ans. Cependant, la datation par le carbone 14 s'applique à des objets qui n'ont pas plus de 10 000 à 15 000 ans. La plupart sont en bois, mais cette méthode vaut aussi pour des objets en os, pour des tissus, de l'ivoire et du fer (celui-ci contient en effet une faible proportion de carbone qui, dans les échantillons anciens, provient du charbon du bois).

La thermoluminescence induite, autre méthode pour la datation des céramiques, a été utilisée pour la première fois en 1960 par George C. Kennedy. Perfectionnée ensuite par des chercheurs des universités d'Oxford et de Pennsylvanie, elle est devenue un outil très précieux. Elle présente un grand intérêt du fait de l'abondance

BERNARD KEISCH, des Etats-Unis, est un radiochimiste spécialisé dans l'application des techniques nucléaires à l'identification des œuvres d'art. Cet article reprend certains éléments de son étude *Secrets of the Past : Nuclear Energy Applications in Art and Archaeology*, publiée par le Bureau d'information de la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis.

des morceaux de poterie (les tessons), qui sont autant de vestiges durables, dans les fouilles et les chantiers archéologiques.

Le principe de cette méthode est le suivant : sous l'effet d'un rayonnement, la structure électronique des matériaux isolants se déforme, emmagasinant ainsi de l'énergie. Phénomène que l'on peut comparer à la tension d'un ressort : si on chauffe le matériau jusqu'à une certaine température, les forces qui retiennent les électrons « déplacés » commencent à se relâcher, la structure se détend, comme le ferait un ressort, et l'énergie emmagasinée est libérée sous forme d'une émission de lumière.

Le rayonnement qui provoque cette déformation provient en grande partie d'éléments radioactifs naturels présents à faible dose dans la céramique, comme l'uranium, le thorium et le potassium. Le sol d'enfouissement contient aussi des éléments radioactifs naturels agissant sur la poterie de façon identique. Les rayons cosmiques contribuent aussi pour leur part à ces « dégâts » consécutifs aux rayonnements.

Avec le temps, le matériau accumule de plus en plus d'énergie. Le système fonctionne alors comme un chronomètre : sa mise à zéro correspond à la dernière chauffe du matériau à la température permettant au système de se relâcher (processus de la recuite). Pour la céramique, il s'agit de la date de sa cuisson au dernier stade de sa fabrication.

Si l'on veut dater un tesson à l'aide de ce « chronomètre », il faut connaître ou mesurer au moins trois éléments importants :

- la dose de rayonnement enregistrée par le chronomètre depuis qu'il s'est mis en marche. On obtient celle-ci en mesurant les composants radioactifs d'un échantillon du tesson et du sol d'enfouissement, en évaluant le faible apport de rayons cosmiques et en calculant la dose annuelle d'irradiation ;

- la quantité d'énergie emmagasinée dans l'échantillon. Pour la mesurer, il faut étaler et fixer d'abord sur un bloc de métal une mince couche de poudre très fine prélevée sur l'échantillon. Face à celui-ci on place un appareil servant à mesurer la lumière (un photomultiplicateur). Puis le bloc de métal est chauffé électriquement de façon que sa température (ainsi que celle de l'échantillon) monte lentement et régulièrement. La température et la lumière émises sont mesurées et enregistrées en permanence pour donner une courbe de thermoluminescence. Tout matériau chauffé commence, à partir d'une certaine température, à émettre de la lumière. Il s'agit donc, en l'occurrence, de mesurer la lumière *supplémentaire* émise par la céramique.

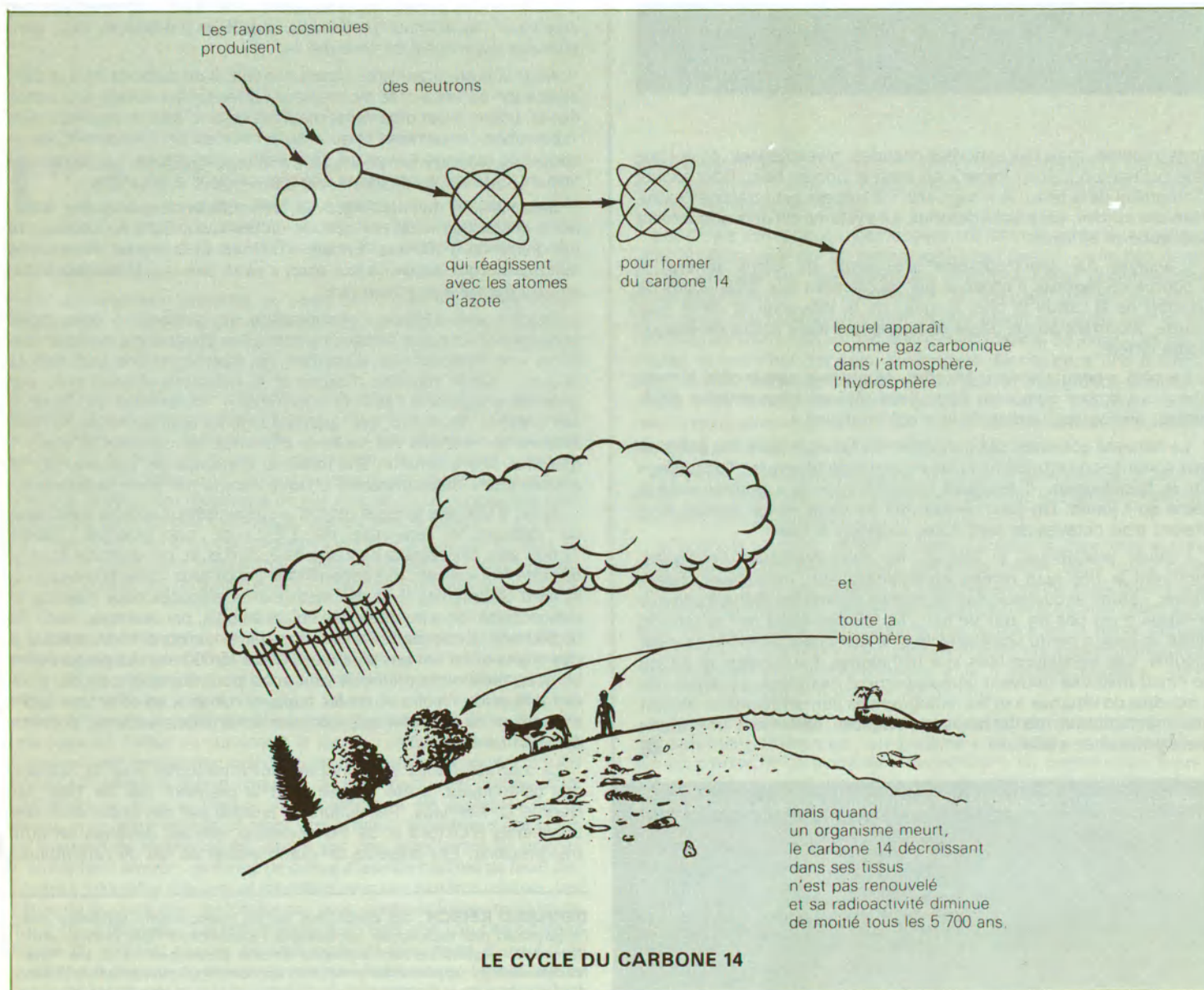
- la sensibilité de l'échantillon par rapport à la luminescence induite. On la détermine en mesurant la thermoluminescence artificielle induite par l'irradiation de l'échantillon avec une quantité *donnée* de rayons lorsque la mesure initiale est achevée.

La mise en équation de ces trois facteurs donne l'âge du fragment.

Une datation précise par cette technique exige un travail soigneux et une attention minutieuse. Ainsi, l'échantillon doit être moulu avec précaution : en raison d'une pulvérisation trop brutale et trop rapide, il pourrait chauffer trop vite et émettre prématurément de la lumière. Cependant, les techniques sont désormais au point et ont permis de faire un grand nombre de datations jusqu'alors problématiques.

Outre les tessons, d'autres objets en céramique ont pu être datés. Des analyses de statues en terre cuite et de figures en céramique ont permis de déceler parfois des faux.

Bernard Keisch





Des faux authentiques

On doit à la méthode de datation par thermoluminescence de pouvoir déceler aujourd'hui le « faux authentique ». En Chine, sous la dynastie des Tang (618 à 906 après J.-C.), les objets en céramique qu'on avait coutume de placer dans les tombes symbolisaient le rang social du défunt. Pour répondre à la demande, les potiers de cette époque fabriquaient en série des objets dont chaque partie était un moulage. Par exemple, on faisait en série des moulages de têtes, des jambes et de corps de chevaux que l'on assemblait ensuite pour constituer chaque pièce. Nombre de ces statuettes furent exhumées lors des travaux d'installation du chemin de fer à la fin du 19^e siècle. On découvrit aussi beaucoup de moules dont les artisans locaux s'empressèrent de se servir pour fabriquer des objets d'un style irréprochable, impossibles à distinguer, jusqu'à la mise au point des techniques de datation par la thermoluminescence, des œuvres authentiques de l'époque Tang. De ces deux chevaux d'argile, celui du bas est un « faux authentique » vieux de 95 ans, celui du haut sortit des mains d'un potier Tang, il y a quelque 1 300 ans.



Le spectre du coq

Ce coq en cuivre du 18^e siècle a été fait au Bénin, sur le territoire de l'actuel Nigéria. Comme il est constitué de deux parties, l'oiseau et le socle, on s'est demandé si l'une et l'autre avaient été fabriquées par les mêmes personnes. Ce problème a pu être résolu grâce à l'analyse par activation neutronique, qui permet de détecter et de doser les éléments « traces » contenus dans toute substance. La teneur de ces traces infimes dans une substance donnée permet d'identifier à la fois l'âge et l'origine géographique de celle-ci. Si l'on place un échantillon dans un réacteur nucléaire où il est bombardé de neutrons, certains des éléments qu'il contient deviennent radioactifs et émettent des rayons gamma. Les deux graphiques tracés sur l'image du coq correspondent précisément à la spectrométrie gamma des deux parties de l'objet soumises à une activation neutronique. Les deux spectres apparaissent d'une similitude remarquable. Chaque sommet de courbe représente un rayon gamma d'une énergie particulière issu d'un élément précis contenu dans le cuivre. La hauteur de chaque rayon gamma est fonction de la quantité de l'élément recélé. En tout, sept éléments ont été identifiés et on a constaté que leur teneur était quasi identique dans les deux parties de la sculpture. Ce qui incite à penser que celles-ci, quoique fabriquées séparément, l'ont été à la même époque et au même endroit.

Petite histoire de quelques faussaires d'art

par **Stuart J. Fleming**

Copyright © Stuart J. Fleming. Reproduction interdite.

L'HISTOIRE de la contrefaçon remonte à l'Antiquité. L'engouement des Romains pour les statues grecques, en marbre ou en bronze, donna lieu à une foule d'imitations qu'il est extrêmement difficile aujourd'hui de détecter. Sous le règne d'Auguste, un poème du fabuliste Phèdre parle des fausses pièces d'argent attribuées à divers peuples de l'empire.

L'altération de la monnaie a toujours été une tentation en raison des gains immédiats qu'elle peut procurer. On trouve des exemples de contrefaçon dans plusieurs territoires soumis à l'Empire romain, en particulier dans celui de l'actuelle Grande-Bretagne. En 198 de notre ère, sous le règne de Sévère, le *denarius* d'argent fut déjà altéré au point de contenir près de 42 % de cuivre, mais les faussaires poussaient cette dévaluation beaucoup plus loin. Cent ans plus tard, à la fin du 3^e siècle (on le sait par les moules d'argile découverts en Angleterre dans les fouilles de Whitchurch) les indigènes fabriquaient à leur usage des *antoniniani* d'argent après que la frappe de la monnaie eut officiellement cessé dans la région.

Les attitudes à l'égard des faux, de même que les raisons d'être des faux, ont changé

plus d'une fois au cours de l'histoire. Sur ce point, le matérialisme des Romains semble avoir été très proche du nôtre, alors que pendant tout le Moyen Âge on s'intéressait à l'image, au sujet de l'œuvre d'art, beaucoup plus qu'à sa date de fabrication.

Aussi faut-il attendre la Renaissance pour trouver la première mention d'un faux tableau, du moins en Europe : c'est un texte de Pietro Summonte qui en 1524 cite l'exploit, vieux de 70 ans, d'un peintre napolitain nommé Colantonio. Un marchand avait prêté un portrait du duc de Bourgogne ; il ne s'aperçut de rien quand, au lieu de l'original, on lui rendit une copie, tant celle-ci était parfaite.

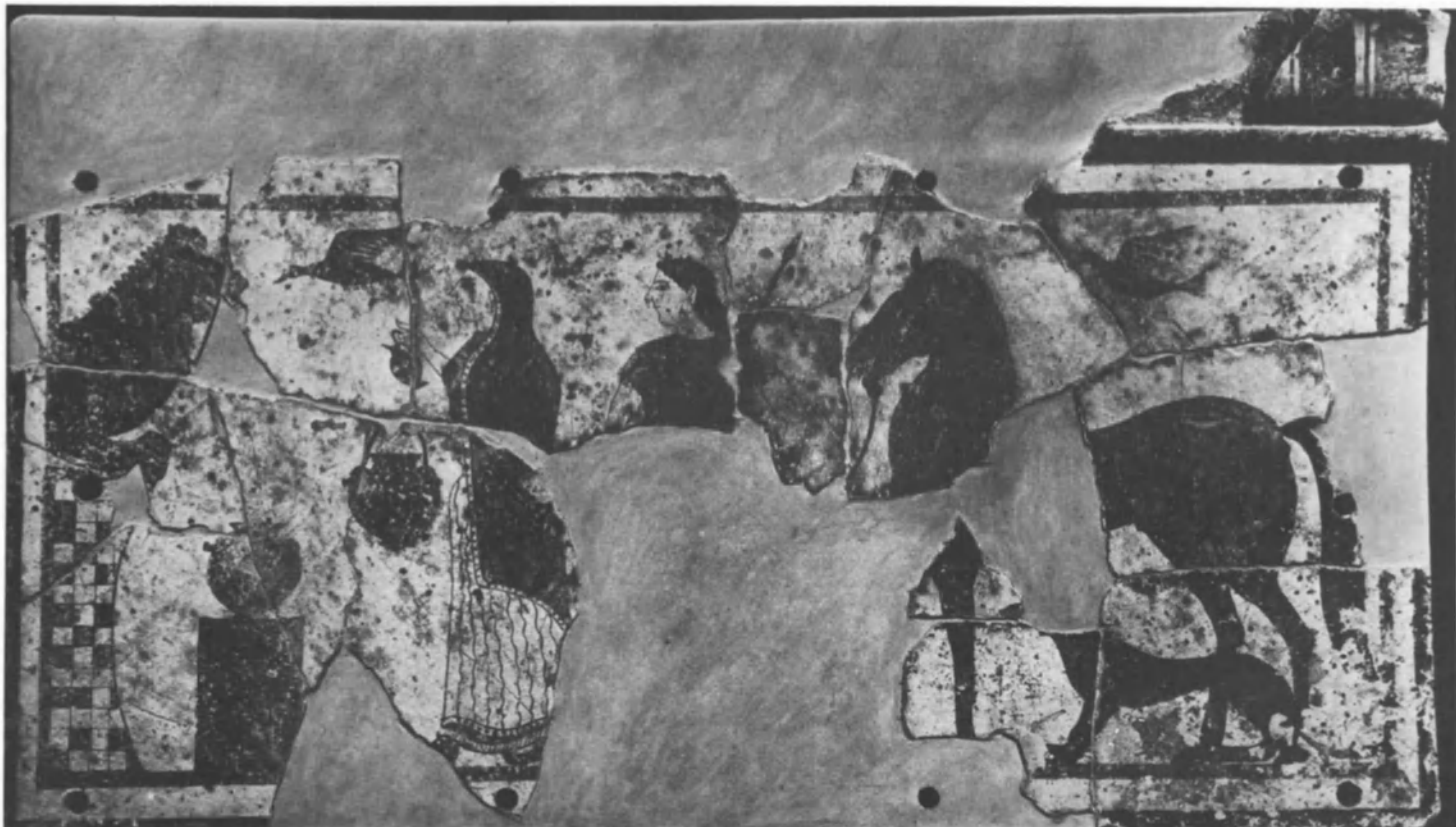
Cent ans plus tard, commença une ténébreuse affaire qui n'allait être dévoilée qu'en 1871. Un tableau de Hans Holbein le jeune, *La Madonne, protectrice de Jacob Meyer, maire de Bâle et de sa famille*, (1525) avait passé de mains en mains ; il finit par aboutir chez un marchand d'Amsterdam. Cette

STUART J. FLEMING, *physicien anglais, directeur scientifique du musée de l'Université, à l'université de Pennsylvanie, est un spécialiste mondialement reconnu de la datation par thermoluminescence des céramiques et des bronzes. Cet article est extrait de son livre Authenticity in Art : The Scientific Detection of Forgery, paru en 1975.*

Madonne alors se dédoubla : on en trouva une version (sans doute l'originale) dans la collection ducale de Hesse, et une autre, mise en gage chez des banquiers vénitiens avant de figurer, en 1743, dans la collection de Dresde. Il fallut qu'au siècle dernier, on place ces tableaux côte à côte pour s'apercevoir que la seconde version a une allure très classique, très 17^e siècle : le copiste avait cru bon d'introduire des « améliorations » au goût du jour, en réduisant la taille des personnages pour agrandir le cadre architectural puisqu'on demandait alors plus d'espace et plus de couleur.

Dans d'autres cas le secret ne fut pas gardé longtemps. A la fin du 17^e siècle Luca Giordano passa en justice pour avoir peint dans le style d'Albert Dürer. Dans son tableau *Le Christ guérissant les paralytiques*, il avait dissimulé sa signature tout en plaçant bien en évidence le célèbre monogramme AD de Dürer. Il fut d'ailleurs acquitté, les juges estimant qu'on ne pouvait le blâmer de peindre aussi bien que l'illustre maître allemand. Les tribunaux n'ont pas été beaucoup plus sévères en 1947 en condamnant Han van Meegeren à un an de prison pour avoir fabriqué des Vermeer.

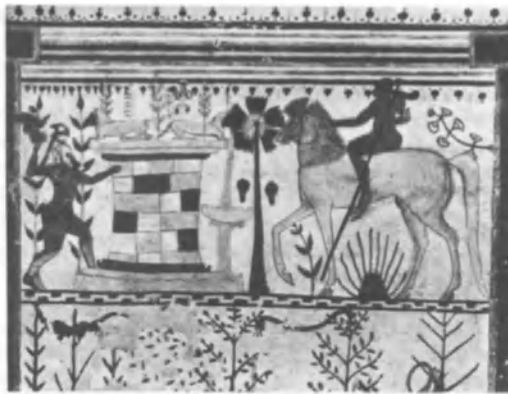
On peut distinguer trois grandes catégories de faux. La première est celle des *faux sans modèle*. Ils sont rares. Leurs auteurs tentent généralement de les faire accepter



Photos © Stuart Fleming, Philadelphie. Tirées de *Authenticity in Art* par S. Fleming, Institut de physique, Bristol



1



2



3



4

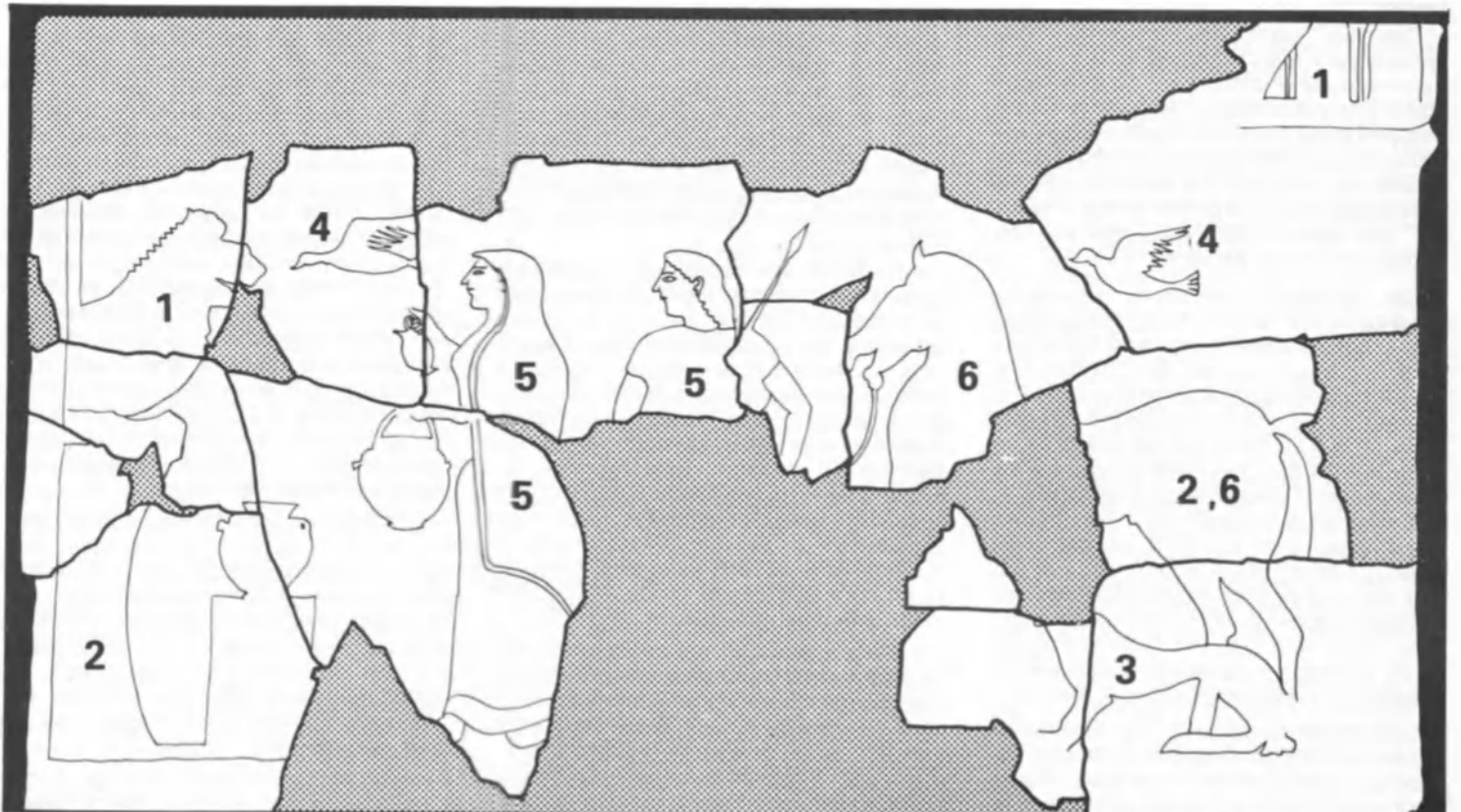


5



6

Cette fresque étrusque (page de gauche) peinte sur une plaque de terre cuite est en réalité un pastiche. Chacun de ses motifs reproduit un détail d'une œuvre authentique, ce qui fait de cette scène, en apparence d'une grande unité, un véritable puzzle composé de morceaux disparates. Elle représente Troïlus, le fils de Priam, tombant, avec sa sœur Polyxène, dans une embuscade tendue par Achille (lequel se cacherait — habileté suprême du faussaire ! — derrière la fontaine cassée, sur une partie supposée manquante...). Origine des motifs : 1) autel d'argile corinthien (détail) ; 2) fresque de la « Tombe des taureaux » à Tarquinia (Italie), l'ancienne ville étrusque, où l'on voit Achille tendre une embuscade à Troïlus (détail) ; 3) scène de banquet peinte sur un cratère grec (détail) ; 4) fresque de la « Tombe des Augures », à Tarquinia (détail) ; 5) plaque en terre cuite aux « Figures féminines » exhumée à Banditaccia, en Italie (détail) ; 6) frise d'une urne funéraire, Tarquinia (détail).



en les associant, par le choix du sujet représenté, à des légendes ou à des documents fragmentaires. Les machinations politiques qui aboutirent à la suppression de l'ordre des Templiers, au 14^e siècle, comportaient l'accusation d'idolâtrie : les chevaliers du Temple auraient adoré un certain Baphomet. La création de leurs idoles (de petites pierres sculptées plus ou moins grossières couvertes d'inscriptions dénuées de sens) remonte probablement à l'époque où le gothique était en vogue dans la littérature populaire.

Parmi les faux destinés à cadrer avec des documents historiques authentiques, il faut citer des tours de force : des styles artistiques complètement inventés, comme celui des Obotrites (tribu slave qui vivait dans le Mecklenbourg avant l'invasion des Huns) et celui des Moabites, signalés en 1869 par la découverte d'une inscription.

Au reste, l'archéologie devait être particulièrement exposée à ce type de contrefaçon. C'est ainsi qu'en 1907 Gustav Wolf annonça qu'il avait la preuve que les premiers peuples agriculteurs du Danube, au quatrième millénaire, pratiquaient la crémation, au lieu d'enterrer les squelettes comme le prétendaient les érudits. Il avait fouillé une centaine de tombes pour y trouver d'indubitables assemblages funéraires composés d'outils de silex finement taillés, d'os à encoches et de grains de colliers soigneusement alignés. Dans son autobiographie, il rendit hommage à son collaborateur Bausch, et mourut sans savoir que ce Bausch était un faussaire qui avait fabriqué toutes ses trouvailles.

Le paléolithique et le néolithique se prêtent évidemment à ces impostures du fait de la simplicité des techniques requises et de l'abondance de supports (silex, écailles, os, parois de grottes) faciles à embellir selon des esthétiques aussi vénérables qu'inédites. Paraissent alors des hiéroglyphes d'autant plus fascinants qu'ils défont notre ignorance. Des langues inconnues se révèlent, de nouveaux rapports s'établissent entre les cultures et la situation ne cesse de se compliquer.

Certaines inscriptions faites dans les anciens caractères scandinaves (les runes) pourraient servir d'exemples. La *Chronique d'Ura Linda* qui célèbre la parenté finno-magyare et fait des Frisons un « peuple élu » a trouvé place dès 1933 dans les pamphlets racistes du parti nazi. La pierre runique du Minnesota a servi, un certain temps, à prouver l'occupation de l'Amérique par les Vikings à la fin du 10^e siècle.

Des documents non moins uniques et encore plus étonnants ont surgi par intermittence, tels le dernier discours de Moïse aux enfants d'Israël, noté sur cuir par le scribe égyptien Uaniou, et les écrits d'un historien phénicien tout nouveau nommé Sachunia-thon. Il y eut en France un spécialiste de ce genre de production, Vrain Lucas, qui au cours d'une longue carrière fabriqua des milliers de manuscrits attribués à des plumes fort illustres, parmi lesquelles celles de Jules César, de saint Paul et de Jeanne d'Arc. Le plus souvent, en effet, ces faux sont liés aux traditions littéraires, leurs auteurs n'ignorant sans doute pas que des fabrications qui iraient à l'encontre de toutes les données de l'histoire de l'art seraient aussitôt rejetées.

Les altérations et les ajouts que subit une œuvre forment la deuxième catégorie de faux. Je citerai comme exemple un tableau dans lequel des personnages peints dans le

style de Philips Wouwerman ont été plaqués sur un paysage authentique de Jan van Goyen. Les monogrammes des deux artistes figurant sur la toile, on a d'abord pensé qu'il s'agissait d'une collaboration ; en fait il semble probable que les parties attribuées à Wouwerman sont l'œuvre d'un certain Robert Griffier.

En ajoutant quelques gravures anthropomorphes à un vieux morceau d'os ou quelques reliefs à un rocher, on peut prêter des talents inattendus à l'homme de Néanderthal ; l'on connaît des gravures rupestres dignes d'un écolier qui ont été élevées au rang de trésors nationaux.

La troisième sorte de falsification est le *pastiche* : l'objet est composé à l'aide de détails empruntés à des matériaux authentiques. Les photos des pages 24 et 25 illustrent ce procédé tel qu'il a servi à exécuter une peinture « étrusque » sur une plaque de terre cuite qui, si elle avait été authentique, aurait décoré une niche dans une tombe. La peinture représente Troïlus, fils de Priam, menant son cheval à l'abreuvoir, en compagnie de sa sœur, Polyxène. On ne voit qu'une partie de la fontaine, de sorte que l'on peut supposer l'existence d'une autre plaque, qui serait à monter du côté gauche, et qui montrerait Achille prêt à bondir traîtreusement sur le malheureux prince.

Cette légende est entièrement représentée sur une fresque de la « tombe des taureaux » à Tarquinia, en Italie, qui fournit donc le thème principal et est aussi à l'origine du guillochage de la fontaine. Polyxène sort tout droit d'une frise, montrant cette même embuscade, qui décore la fiole corinthienne de Timonide, mais sa robe et le drapé des personnages d'une plaque exhumée à Banditaccia, près de Cerveteri. Le cheval vient d'une urne funéraire de Tarquinia ; les contours et les muscles sont reproduits avec une précision quasi mathématique. On observe la même justesse du dessin dans la tête de lion qui orne la fontaine et dans le motif en tenon de la bordure supérieure, tirés l'un et l'autre d'un autel corinthien en terre cuite. Les détails de la fresque sont fidèlement copiés : les oiseaux empruntés à la scène des lutteurs de la « tombe des augures », la petite cœnochoé à la « tombe des lionnes », la cruche à eau à une peinture d'un vase conservé à Bruxelles, le chien prêt à sauter à un cratère du Louvre. Tous les éléments sont disponibles dans des albums publiés au cours des vingt dernières années, avec illustrations en couleur, ce qui est bien utile...

Les vitrines des musées offrent aussi de bonnes sources aux apprentis faussaires, surtout quand il s'agit de copier des pages de manuscrits à enluminures : les objets à trois dimensions dont une partie demeure invisible sont souvent bien mal rendus. Les gravures sur cuivre et sur bois ont inspiré autrefois plus d'un transfert, devenant tableaux de chevalet, voire bas-reliefs et même statuettes de marbre ou de terre cuite. De même, les médailles fournissent des portraits qui peuvent être transposés en reliefs de grandes dimensions avec moins de risques d'anachronisme dans le traitement de la coiffure et du vêtement.

Les copies absolument serviles sont rares, sauf dans le cas des dessins puisqu'autrefois dans les grands ateliers de peinture on avait coutume de donner aux élèves de vieilles gravures qu'ils devaient reproduire à titre d'exercice. Reynolds a fait des croquis du Guerchin avec une aisance exquise. Michel-

Ange, pour tromper délibérément Ghirlandajo, son maître, exécuta une copie sur un papier vieilli à la fumée, et l'échangea contre l'original. Quant aux copies de Raphaël, elles ont été innombrables au 19^e siècle, époque de la plus grande popularité de cet artiste : on a même pris des détails, dans ses carnets, pour les agrandir et en faire des cartons pour des tableaux ou des tapisseries.

Les faussaires doivent en outre traiter les supports pour leur donner l'apparence de l'ancien. Les craquelures d'une surface peinte sont dues au vieillissement des pigments ou des enduits qui deviennent trop rigides pour suivre les changements de tension de la toile ou du bois. Or, dès qu'une peinture à l'huile est sèche, il suffit de rouler la toile pour simuler ces craquelures. Mais il y a d'autres recettes : on peut appliquer une colle ou un vernis astringent sur la surface, ou encore provoquer un rétrécissement du support par un chauffage suivi d'un brusque refroidissement. Dans les peintures sur bois, l'enduit se brise d'habitude parallèlement à la structure fibreuse, de sorte que l'on doit prendre garde au sens des pressions exercées. Pour finir, un peu de suie passée au pinceau attirera l'attention sur les dégâts. De même, on obtient les « traces de mouche » par des pointillés de la couleur assortie, exécutés à la brosse dure. Enfin les restaurations simulées, les taches et les traces d'humidité du papier, l'ébrèchement des poteries, l'emploi de bois vermoulu, font partie des techniques traditionnelles du faussaire consciencieux.

Dans le vernis des céramiques, l'âge produit certains effets appelés aussi craquelures. Il ne s'agit pas des fissures que peut provoquer, à la sortie du four, un refroidissement de l'argile plus lent que celui du vernis : ce dernier, alors, éclate et se fendille ; le résultat n'indique en rien l'antiquité de l'objet. Les vraies craquelures, beaucoup plus fines ; et plus nombreuses, demandent des siècles. Elles doivent être fort difficiles à imiter puisque les fausses céramiques bien craquelées sont rares ; cependant il en existe.

Dans le cas des métaux, l'usure des surfaces corrodées, la *patine*, enregistre les effets d'une exposition prolongée à l'atmosphère ou à l'humidité du sol. Le cuivre contenu dans les bronzes s'oxyde pour former un carbonate hydraté, la malachite, dont chacun connaît les belles incrustations vertes. Les oxydations d'autres éléments de l'alliage, l'étain en particulier, donnent au métal un lustre argenté. Le soufre et le chlore présents dans certains environnements humides provoquent l'un et l'autre des patines caractéristiques. Malheureusement notre civilisation n'est pas la première à préférer la douceur de la patine à l'éclat trop voyant du métal. Vasari déjà, en parlant des techniques de la Renaissance, examine divers procédés de vieillissement artificiel : noircissement à l'huile, marinage dans le vinaigre et même vernissage.

L'argent a souvent une légère teinte violacée due à l'attaque du chlore. Mais cette réaction est très lente par rapport à l'oxydation du cuivre ou à la formation de chlorures de cuivre, ces réactions-là se produisant d'ordinaire les premières dans les alliages tels que ceux des monnaies altérées. La dégradation artificielle des surfaces par intervention chimique ne soulève pas de grandes difficultés.

Les principes de la conservation

par Bernard M. Feilden

LA conservation des biens culturels exige une gestion judicieuse des ressources et un grand sens de la mesure mais, surtout, le désir et la volonté de se vouer tout entier à une tâche qui répond parfaitement aux deux adages : « Mieux vaut prévenir que guérir » et « Un point fait à temps en épargne cent ».

La politique moderne de conservation à long terme est orientée vers la lutte contre les causes de la dégradation. Si les catastrophes naturelles, comme les inondations ou les séismes, ne sauraient être prévenues, la prévoyance peut déjà en réduire sensiblement les dégâts. Le développement industriel ne peut ni ne doit être freiné, mais on peut en limiter les atteintes en luttant contre le gaspillage, l'expansion anarchique, l'exploitation économique et la pollution.

Malgré les différences d'échelle et d'envergure, les principes de base et les méthodes de conservation, qu'il s'agisse de biens culturels meubles ou immeubles, restent les mêmes.

Il existe toutefois d'importantes différences logistiques. D'abord, le traitement des matériaux, dans le domaine architectural, intervient inévitablement dans un espace libre et quasi incontrôlable. En général, le conservateur d'œuvres architecturales ne peut compter, comme le conservateur-restaurateur, sur un contrôle efficace de l'environnement pour atténuer les risques d'une dégradation : il lui faut tenir compte de l'action des facteurs temporel et climatique.

En second lieu, l'échelle des opérations architecturales est bien plus grande. Dans bien des cas, en raison des dimensions et de la complexité de la structure architecturale, les méthodes utilisées par les conservateurs-restaurateurs de musée se révèlent inopérantes.

En troisième lieu, pour cette même raison, les mesures de conservation architecturale exigent entrepreneurs, techniciens et ouvriers, là où le conservateur-restaurateur de musée peut exécuter de ses propres mains la plus grande part du traitement. C'est dire l'importance, pour le conservateur des œuvres architecturales, de la communication et de la prévision.

Enfin, la conservation architecturale doit s'inscrire dans le cadre d'une construction historique, tenir compte du site, des abords et de l'environnement physique.

Pour les biens culturels, meubles ou immeubles, le choix des objets à traiter, l'étendue et la nature du traitement sont fonction de valeurs et de priorités qui varient forcément d'un contexte culturel à l'autre.

Par exemple, en Australie, une petite construction domestique en bois du début du 19^e siècle sera considérée comme un trésor national car, d'une part, elle date de l'époque où fut fondée la nation australienne, et, de l'autre, il ne reste que de rares témoignages de l'architecture australienne à ses débuts. A l'inverse, en Italie, où les monuments anciens se comptent par milliers, un édifice analogue sera loin de venir en premier dans l'ordre des priorités en matière de conservation.

Quelle que soit la forme de traitement adoptée pour la conservation, il faut suivre rigoureusement les règles de conduite suivantes. Primo, il faut donner une description claire et détaillée de l'état de l'objet, des méthodes et des matériaux utilisés au cours du traitement. Secundo, les preuves historiques ne doivent pas être détruites, faussées ou enlevées, mais intégralement enregistrées et consignées. Tertio, toute intervention doit se limiter au minimum nécessaire et montrer un respect scrupuleux de l'intégrité esthétique, historique et physique des biens culturels.

Les interventions, loin d'être définitives, devraient pouvoir être remises en cause, dans la mesure où c'est techniquement permis, ou, du moins, ne devraient pas être préjudiciables à une nouvelle intervention au cas où celle-ci se révélerait indispensable. Elles ne devraient pas non plus empêcher d'avoir accès, éventuellement, aux divers éléments authentiques contenus dans l'objet et devraient permettre de conserver la part maximale du matériau existant. Si des ajouts apparaissent nécessaires, ils doivent être moins visibles que le matériau original tout en restant aisément reconnaissables. Les conservateurs-restaurateurs ayant une formation et une expérience insuffisantes dans ce domaine ne devraient pas se livrer à de telles interventions sans avis compétents. Toutefois il faut reconnaître que certains problèmes ont un caractère unique et ne peuvent être résolus qu'en suivant les règles de base et en procédant par tâtonnements.

On peut distinguer sept « degrés » d'intervention. Mais dans tout traitement de conservation, plusieurs « degrés » peuvent

exister pour chaque partie de l'« ensemble ». Ces sept degrés sont les suivants :

- prévention de la dégradation
- préservation
- consolidation
- restauration
- revalorisation
- reproduction
- reconstruction

Prévention de la dégradation (ou conservation indirecte). C'est la protection des biens culturels par le contrôle de leur environnement, qui empêche ainsi les facteurs de délabrement et de détérioration de devenir actifs.

La prévention inclut donc le contrôle de l'humidité, de la température et de la lumière, et des mesures visant à éviter l'incendie, spontané ou criminel, le vol et le vandalisme. En milieu industriel et urbain, elle comprend des mesures pour diminuer la pollution atmosphérique, les vibrations dues à la circulation et les affaissements de terrains provoqués, entre autres causes, par la soustraction d'eau.

La préservation a une action directe sur les biens culturels : son but est de les conserver en l'état. Pour protéger un objet ou un édifice, il faut mettre fin aux dégâts ou à la destruction causés par l'humidité, les agents chimiques, toutes sortes d'animaux nuisibles et de micro-organismes.

L'entretien, un nettoyage régulier et une bonne gestion facilitent la préservation. Chaque fois que c'est nécessaire, il faut faire des réparations pour éviter une détérioration plus avancée. Une inspection périodique des biens culturels est à la base de toute prévention. Quand ces biens sont soumis aux aléas d'un milieu incontrôlable, toute action préventive d'entretien et de réparation commence par là.

La consolidation (ou conservation directe). Consolider, c'est ajouter ou appliquer des matériaux adhésifs ou de soutien à la structure actuelle d'un bien culturel en vue d'assurer sa longévité ou son intégrité. Dans le cas des biens culturels immeubles, la consolidation peut exiger, par exemple, l'injection de substances adhésives pour fixer une peinture murale qui se détache. Des biens culturels meubles, comme des peintures sur toile ou des œuvres sur papier dont le support a souffert, sont souvent rentoilés ou marouflés.

Dans bien des cas, il est préférable de gagner du temps en recourant à des mesures provisoires dans l'attente d'une technique plus perfectionnée surtout si la consolidation risque de nuire au futur travail de conservation.

BERNARD M. FEILDEN, architecte anglais, est directeur du Centre international pour la conservation et la restauration des biens culturels (ICCROM) à Rome, organisme fondé par l'Unesco. Il a été auparavant inspecteur de la cathédrale Saint-Paul à Londres, chef des travaux de consolidation de la cathédrale d'York et du sauvetage de la flèche de la cathédrale de Norwich, en Angleterre. Il est notamment l'auteur de *Outline of Conservation*, ouvrage publié par l'Unesco.

► **La restauration.** Son but est de ressusciter la conception originale, c'est-à-dire la lecture de l'objet. La restauration et la restitution des détails et du caractère de l'œuvre sont guidées par le respect du matériau d'origine, des données archéologiques, du plan initial et des documents authentiques. Le remplacement des parties manquantes ou endommagées doit se fondre harmonieusement dans l'ensemble, mais, si on examine de près l'objet, celles-ci doivent se distinguer des éléments originaux pour éviter toute falsification de l'authenticité artistique ou historique de l'objet.

Il faut respecter les apports des diverses époques. Tout ajout ancien où l'on décèle un « document historique » plutôt qu'une simple restauration antérieure, doit être préservé. Si un édifice présente une superposition de travaux effectués à des époques différentes, seules des circonstances exceptionnelles justifient qu'on fasse apparaître l'état sous-jacent : il faut, d'une part, que la partie enlevée soit jugée de faible intérêt, il faut être certain, de l'autre, que l'élément dégagé soit d'une grande valeur historique ou archéologique, et, enfin, que son état de conservation soit assez bon pour justifier l'entreprise. La restauration implique aussi

un nettoyage superficiel, mais en respectant scrupuleusement la patine due à l'âge.

La revalorisation. Le meilleur moyen de protéger un édifice est de continuer à l'occuper, pratique qui peut inclure ce qu'on appelle en France la « mise en valeur », c'est-à-dire la modernisation et l'aménagement des lieux.

Une réoccupation, dans ce sens, d'un bâtiment, comme cet aménagement d'un couvent médiéval, à Venise, qui abrite désormais une école et un laboratoire pour la conservation des pierres, ou la transformation d'une grange du 18^e siècle en maison d'habitation, est souvent le seul moyen de rendre économiquement viable sa valeur historique et esthétique.

La reproduction signifie la copie d'un produit ouvré souvent pour en remplacer des parties manquantes ou endommagées, généralement décoratives, dans l'intention d'en préserver l'harmonie esthétique. Si un bien culturel de valeur est irrémédiablement endommagé ou menacé par son environnement, il faut parfois le transporter dans un cadre plus propice. Il est alors souvent remplacé, pour maintenir l'unité du site ou de l'édifice d'où il a été détaché, par une copie.

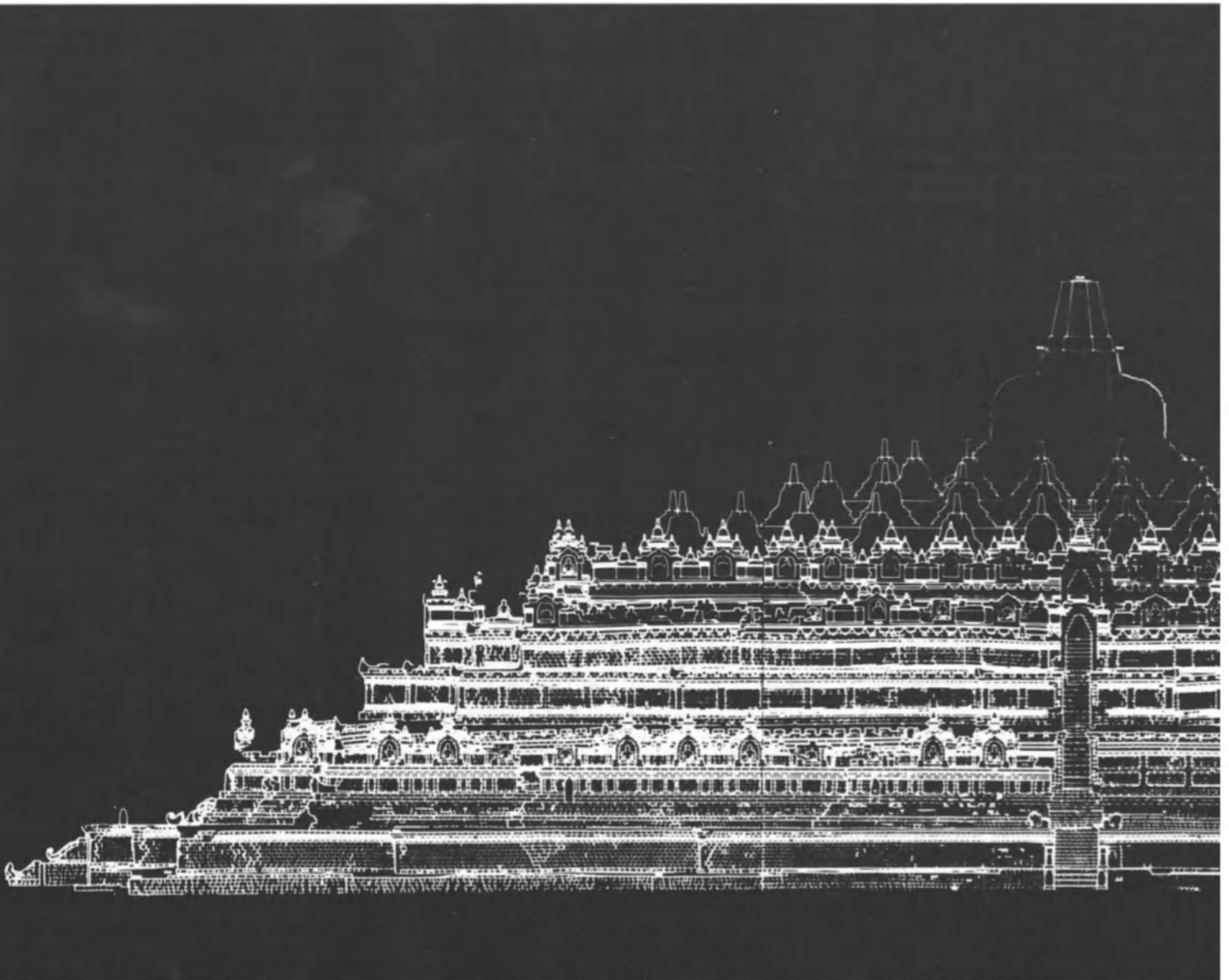
Ainsi, pour la protéger des méfaits des intempéries, la célèbre statue de David par Michel-Ange, à Florence, fut transférée de la Piazza della Signoria dans un musée, et l'on a mis à sa place une excellente copie.

La reconstruction des édifices et des centres historiques des villes en utilisant de nouveaux matériaux peut être rendue nécessaire en raison de catastrophes comme les incendies, les tremblements de terre ou la guerre. Mais les reconstructions ne peuvent avoir la patine que donne l'âge. Comme la restauration, la reconstruction doit s'appuyer sur une documentation et des faits précis, jamais sur de simples conjectures.

Le transfert d'édifices entiers sur de nouveaux sites est une autre forme de reconstruction que peuvent seulement justifier des raisons d'intérêt national. Il entraîne cependant une certaine perte de valeurs culturelles essentielles et fait naître de nouveaux risques liés à l'environnement. L'exemple classique est celui des temples d'Abou Simbel qui ont été déplacés pour qu'ils ne soient pas engloutis sous les eaux du Haut barrage d'Assouan (voir le *Courrier de l'Unesco*, février-mars 1980).

Bernard M. Feilden

Photo © Kodak-Pathé - I.G.N., Paris, extraite de l'exposition « Le fil des pierres, Photogrammétrie et conservation des documents ».



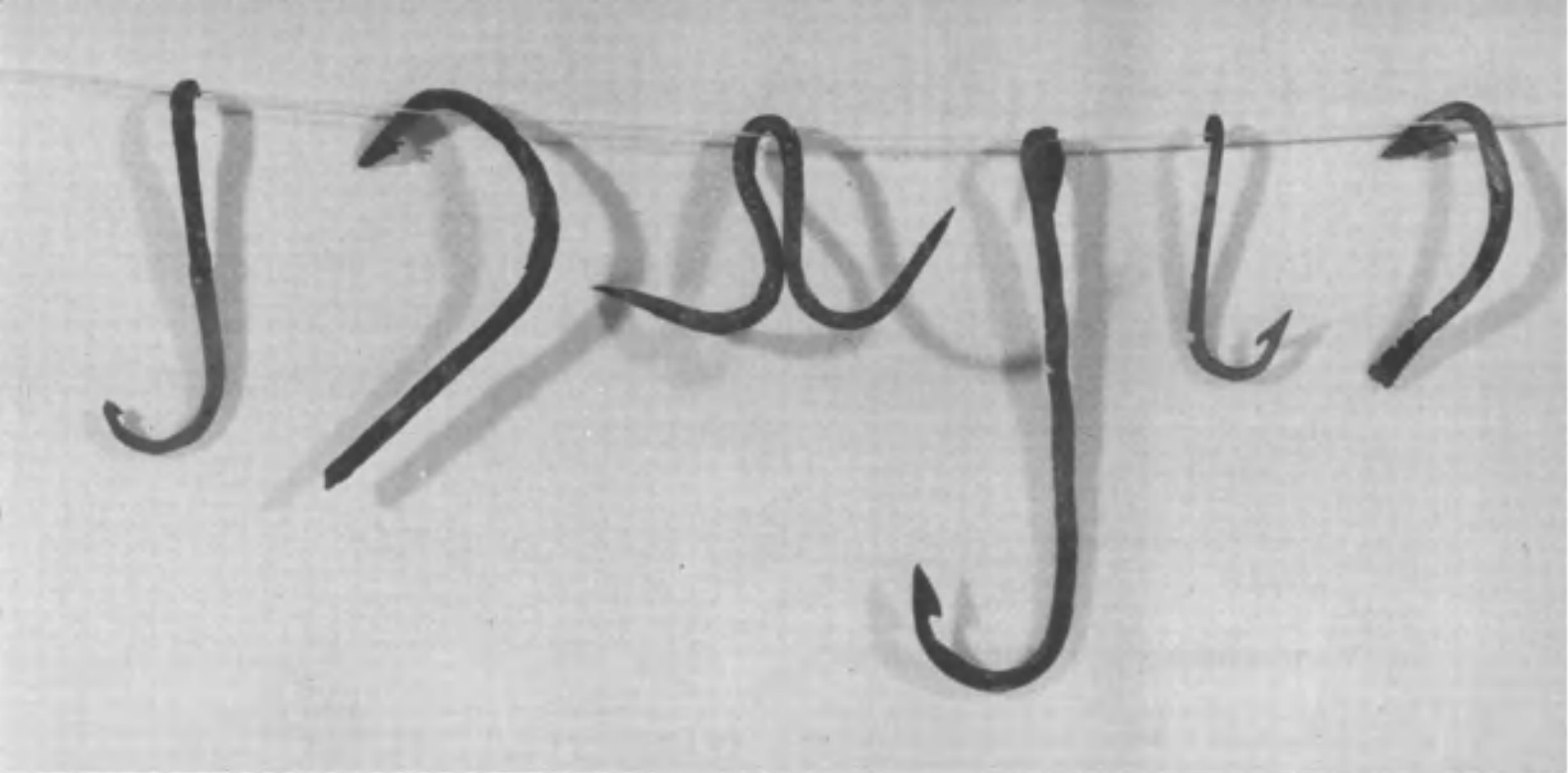


Photo © Musée Borély, Marseille

Du monumental au minuscule



A gauche, une des faces du temple de Borobudur (île de Java, Indonésie) qui date du 9^e siècle et forme le plus vaste ensemble de bas-reliefs bouddhiques du monde. Cette image, qu'on pourrait prendre d'abord pour le « négatif » d'un dessin d'architecture minutieux, est en réalité un relevé photogrammétrique. A la demande du gouvernement indonésien, l'Unesco a lancé, il y a quelque dix ans, une campagne internationale pour sauver ce monument : depuis douze siècles les pluies torrentielles de la mousson ont miné ses fondations et les mouvements sismiques, fréquents dans la région, ont contribué à provoquer l'affaissement des galeries. Avant d'entreprendre les travaux de restauration, qui consistent à démonter le temple pierre par pierre et à le reconstruire sur une structure de béton conçue pour répartir le poids, résister aux mouvements sismiques et assurer le drainage des eaux d'infiltration, il convenait d'effectuer un relevé précis de l'édifice. L'Unesco en a confié la réalisation à l'Institut géographique national. En raison des grandes dimensions du monument, de sa complexité, de sa forme pyramidale, etc., de très nombreuses parties n'étaient pas visibles sur les photographies prises au sol. Il a donc été nécessaire de les compléter par 180 couples de photos (stéréophotographie) et par 35 vues photogrammétriques, verticales et horizontales, prises en hélicoptère. On peut avoir ainsi une définition précise du « volume » du monument et des travaux à entreprendre pour sa restauration.

Ci-dessus, six hameçons du 5^e siècle (âge de bronze) trouvés dans le sud de la France. Ils ont entre trois et cinq centimètres de longueur et sont conservés au musée d'archéologie du Château Borély à Marseille. Pour le conservateur, le plus humble objet de la vie quotidienne est aussi un témoignage précieux de l'histoire de l'homme.

L'HOLOGRAPHIE

Un procédé révolutionnaire pour créer des répliques à trois dimensions des œuvres d'art

par Ivan Yavtouchenko et Vladimir Markov

LE premier procédé permettant d'obtenir des images holographiques a été proposé en 1948 par le physicien anglais Dennis Gabor. Mais l'absence d'une source lumineuse appropriée a fait obstacle à son application. C'est la réalisation du laser, source de lumière cohérente, qui a permis de faire progresser la recherche dans ce domaine. En 1962 un pas décisif a été franchi grâce aux travaux des savants américains Emmett N. Leith et Juris Upatnieks et du chercheur soviétique Youri Dénissuk. En prenant le laser comme source lumineuse et en modifiant le schéma de Gabor, Leith et Upatnieks ont montré qu'il était possible d'enregistrer et de restituer une image à trois dimensions d'un objet réfléchissant la lumière qu'il reçoit. Parallèlement, les travaux fondamentaux de Dénissuk établissaient le principe de la restitution intégrale du champ de rayonnement créé par l'objet réel.

Qu'est-ce que l'holographie et en quoi se distingue-t-elle des procédés classiques d'enregistrement de l'image ? Avec ceux-ci, on emploie un objectif pour fixer l'image d'un objet sur un support photosensible, cet objet à trois dimensions devenant, bien sûr, une image bidimensionnelle. L'holographie consiste à enregistrer le champ lumineux diffusé par l'objet, c'est-à-dire le champ perçu par l'observateur lui-même.

Le principe technique est le suivant : comme dans la photographie, il faut une source lumineuse, une plaque photographique et, bien sûr, un sujet. La couche de l'émulsion photosensible est relativement épaisse : 10 microns environ. Le sujet est éclairé par le faisceau d'un laser et la lumière qu'il réfléchit tombe sur la plaque. Toutefois, à la différence de ce qui se passe dans la photographie ordinaire, cette plaque reçoit aussi un faisceau de lumière incidente provenant de la même source. Ces deux faisceaux se rejoignent et sont enregistrés sur la plaque photographique où ils forment ce qu'on appelle un hologramme. On restitue l'image en disposant l'hologramme comme avant et en l'éclairant avec une source lumineuse identique. L'interaction du rayon lumineux incident et de la structure enregistrée sur l'hologramme fait apparaître des faisceaux qui sont l'exacte réplique de l'objet initial. L'observateur placé derrière l'hologramme voit une copie en relief de l'objet (voir photos et diagramme page ci-contre).

Cette description du processus d'enregistrement et de restitution de l'image permet de comprendre l'origine du terme d'holographie, que Gabor a forgé à partir des mots grecs *holos* "entier" et *graphein* "écrire". Autrement dit, c'est une méthode d'enregistrement intégral de l'information relative au champ de rayonnement diffusé par un objet réel.

La capacité de l'hologramme de créer une double optique d'un objet a donné lieu à de multiples applications dans le domaine de la muséologie. Par exemple une grande variété d'objets d'art, pour toutes sortes de raisons, ne peuvent pas être présentés au public : objets menaçant ruine pour lesquels s'imposent des mesures spécifiques de conservation ou objets rares nécessitant des mesures spéciales de sauvegarde. Les copies holographiques peuvent contribuer, dans une large mesure, à résoudre ce problème.

On sait que les pièces de grande valeur mises au jour dans les régions périphériques vont le plus souvent enrichir les collections de musées des grandes agglomérations centrales. Des hologrammes exposés à leur place dans les musées périphériques les restitueraient

dans leur intégralité et remplaceraient avantageusement les moulages. Autre application tout aussi importante : l'identification et la classification des objets d'art, la détermination de leur état de conservation et leur datation. Désormais les chercheurs peuvent travailler sur des copies optiques au lieu de manipuler des objets particulièrement dégradés ou précieux.

L'utilisation des techniques holographiques ouvre aux musées de vastes perspectives pour organiser les expositions. De nombreux objets présentés doivent être examinés sous plusieurs angles ou, du moins, de deux côtés opposés. C'est notamment le cas des monnaies et des médailles, dont l'avvers et le revers offrent un motif différent, et d'objets comme les gobelets, les bols, etc. Des hologrammes réfléchissants circulaires peuvent restituer l'ensemble de la structure de tels objets. Mais ce procédé est d'une complexité technique extrême ; une méthode plus simple consiste à établir des hologrammes réfléchissant à double face. On utilise alors une plaque sur laquelle les deux hologrammes correspondant à l'avvers et au revers de l'objet sont enregistrés de telle sorte que les deux images coïncident lors de leur restitution.

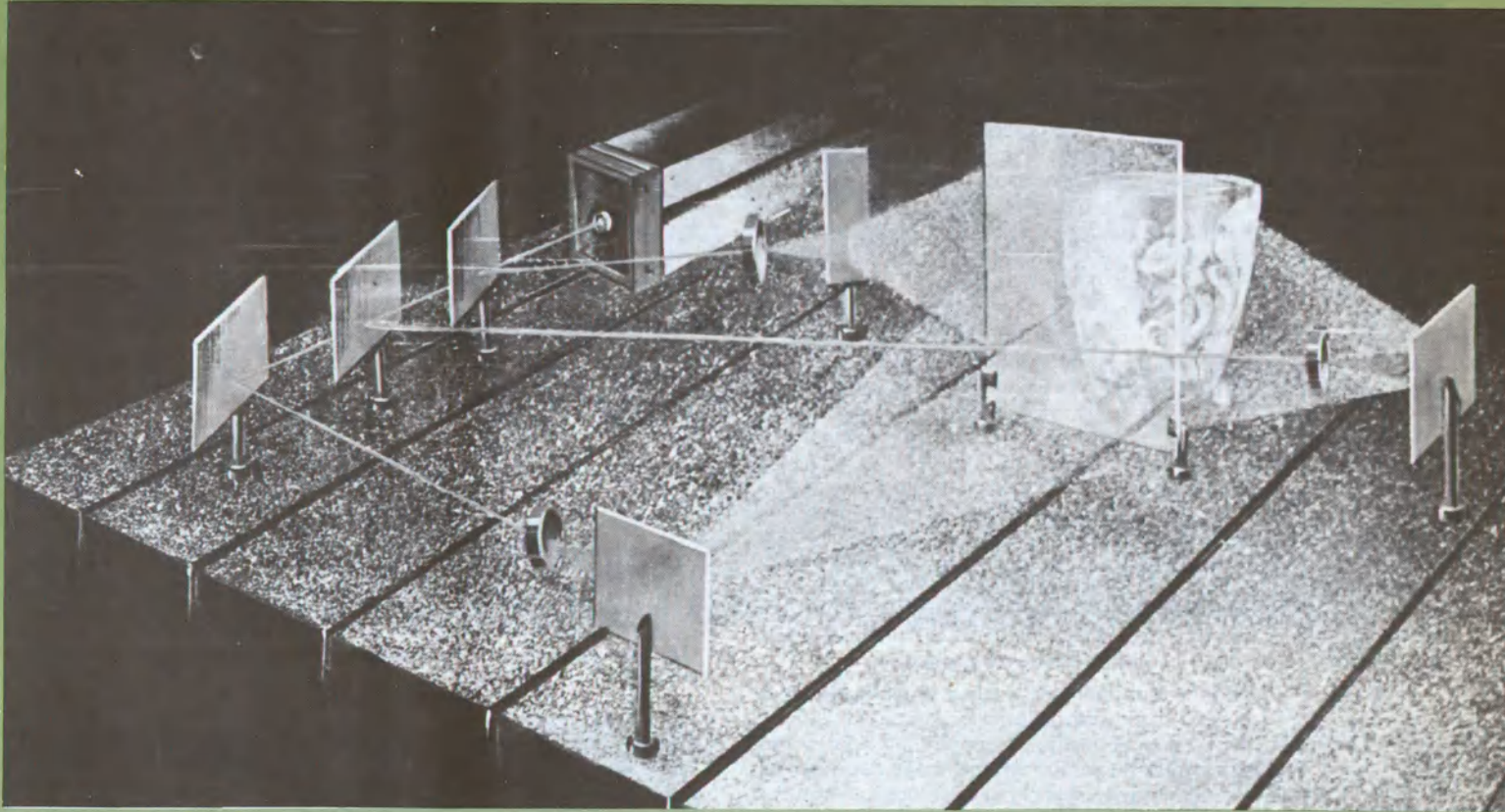
Tout d'abord on prend un hologramme de l'avvers de l'objet. On retourne ensuite la plaque impressionnée et l'on prend un cliché de l'envers. Pour éviter tout chevauchement entre les deux images, il est impératif de faire la prise de vue avec un faisceau lumineux frappant à la fois l'objet et la plaque sous un angle très ouvert. Après traitement chimique, cet hologramme est exposé et éclairé sur ses deux faces, restituant ainsi l'avvers et le revers de l'objet.

Cette propriété des hologrammes de restituer une image virtuelle offre également d'autres avantages en muséologie. Ce procédé permet d'obtenir l'image d'un objet dans les cas, fort fréquents, où le moule servant à le fabriquer (sceau, estampilles, etc.) n'est plus utilisable en raison de son mauvais état de conservation. La technique est celle-ci : une fois qu'il a été photographié et traité, on fait faire à l'hologramme une rotation de 180° par rapport à la source lumineuse et il reçoit un faisceau lumineux. L'image ainsi obtenue est une copie virtuelle du moule, autrement dit, une image de l'objet réel.

L'holographie permet aussi d'effectuer des agrandissements ou des réductions d'images en relief d'objets réels, ce qui est particulièrement utile lorsque l'on veut présenter de petits objets ou donner à voir les minimes détails d'un objet de grande taille. Les applications de l'holographie, enfin, ne se bornent pas aux objets d'intérêt historique, mais peuvent aussi comprendre les portraits holographiques de nos contemporains, ou des vues holographiques d'intérieurs, etc. ▶

IVAN GRIGORIEVITCH YAVTOUCHENKO est le chef du département de muséologie au ministère de la Culture de la R. S. S. d'Ukraine. Son exploration des possibilités offertes par l'holographie aux musées entre dans le cadre de ses activités concernant la recherche muséologique, la conception et les installations techniques des musées, les méthodes de conservation et de présentation.

VLADIMIR BORISOVITCH MARKOV est le chef du laboratoire d'holographie appliquée à l'Institut de physique de l'Académie des sciences d'Ukraine. Il a écrit, dans des publications soviétiques et internationales, de nombreuses études sur l'optique, la technique des lasers et l'holographie.



Ci-dessus, représentation en perspective des trajets du rayon laser en holographie. A gauche, restitution pour l'observateur de l'image holographique à trois dimensions de l'objet. Ci-dessous, schéma de la prise de vue holographique (voir l'explication de l'article ci-contre).



Photos © Commission nationale de la R.S.S. d'Ukraine pour l'Unesco

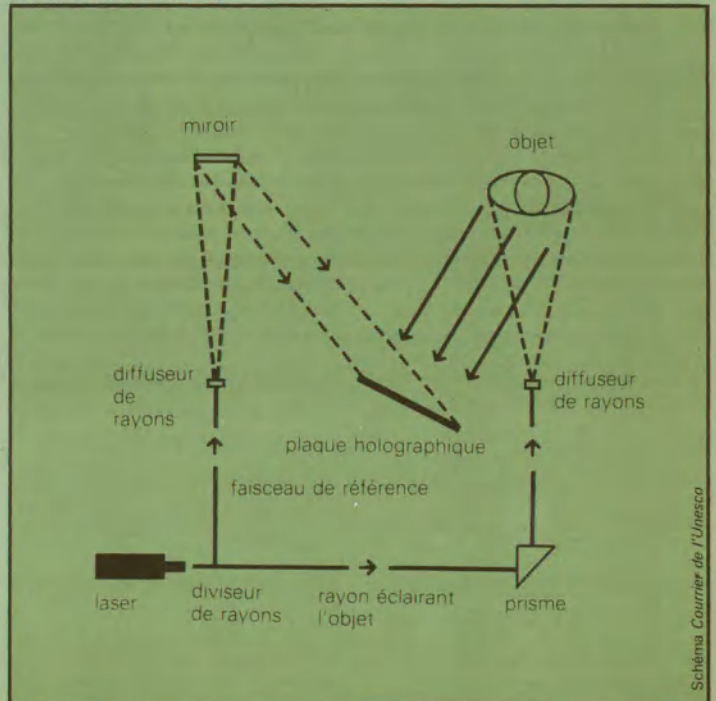


Schéma Courrier de l'Unesco

L'holographie se révèle d'un excellent usage dans les expositions itinérantes ou permanentes qu'il est facile d'organiser dans n'importe quelle localité, comme cela a déjà été le cas à Moscou, Kiev, Yalta, Simféropol, Sébastopol et dans d'autres villes de l'Union soviétique. Les échanges internationaux de ces expositions soulèvent un vif intérêt comme l'a montré par exemple la collection d'hologrammes d'objets historiques venant des musées d'Ukraine qui a été présentée à Belgrade (Yougoslavie) lors de la 21^e Conférence générale de l'Unesco, à Strasbourg (France), dans le cadre de la Conférence OPIEM, à Prague (Tchécoslovaquie) pour l'exposition Intercamera 79, ainsi qu'en Finlande, en République démocratique allemande, etc.

L'holographie peut élargir considérablement la gamme des moyens dont disposent les organisateurs d'expositions thématiques qui doivent présenter des objets venant d'un grand nombre de musées. Il est très difficile, par exemple, de réunir dans une seule exposition des œuvres d'art de l'Antiquité ou des objets en or de l'art des Steppes, dispersés qu'ils sont dans les musées du monde entier. On saisit tout l'intérêt pour les historiens et les critiques d'art, mais aussi pour le public, de confier à l'holographie la réalisation de ce genre d'exposition, où se côtoient des objets appartenant aux époques les plus diverses. Il peut être intéressant également de centraliser la production et la vente de copies d'objets d'art sous forme de répliques holographiques des œuvres les plus rares. Ces souvenirs trouveraient facilement acquéreur et ce serait pour les musées une excellente publicité tant dans leur pays qu'à l'égard des touristes étrangers.

Cette énumération des diverses utilisations possibles de l'hologramme dans les musées où un grand nombre d'objets sont conservés montre assez que tout ne peut être accompli par les seuls laboratoires des instituts de recherche scientifique. Aussi l'Ukraine envisage-t-elle d'associer à la recherche de solutions globales des physiciens et des spécialistes de muséologie. Les premiers laboratoires de recherche en holographie ont été créés dans les musées eux-mêmes. Le laboratoire d'holographie appliquée de l'Institut de physique de l'Académie des Sciences d'Ukraine donne des consultations techniques, forme des spécialistes de muséologie et met au point de nouveaux procédés de prise de vue. Ces laboratoires installés dans les musées doivent permettre à l'Ukraine d'holographier l'ensemble des objets les plus rares, à commencer par ceux dont l'état de conservation nécessite des mesures spéciales de protection.

Le procédé permettant d'obtenir des images holographiques a d'autres applications dans le domaine de la science et de la technologie. Par exemple, la microscopie holographique. Le principal défaut des microscopes existants est de ne donner une image nette que de la partie de l'objet sur laquelle a été faite la mise au point, les autres offrant une définition insuffisante. L'examen d'objets instables dans le temps, qui nécessite un réglage permanent du microscope, se révèle encore plus difficile. Le microscope holographique permet de fixer à tout moment une image en relief pour la détailler à loisir. Un tel instrument est particulièrement efficace pour l'étude des fines particules en suspension (aérosols) ou des objets transparents. On a ainsi pu obtenir une image en relief d'un neurone d'un diamètre inférieur à 0,001 millimètre.

L'une des branches de l'holographie appliquée les plus avancées est l'interférométrie holographique, procédé qui s'appuie sur la capacité qu'a un hologramme unique d'enregistrer une suite d'images. La première prise de vue enregistre l'image d'un objet non perturbé, puis on soumet celui-ci à une sollicitation extérieure et on prend un deuxième cliché. Si l'on dirige un autre faisceau sur l'hologramme, on obtient une restitution simultanée des deux images, les ondes lumineuses ainsi créées se propageant dans une seule direction. On voit apparaître sur l'image des franges alternativement brillantes et obscures qui résultent de l'interférence de ces deux faisceaux de lumière cohérente. La structure interférentielle de ces franges, liée au type de sollicitation extérieure, peut servir à déterminer la topologie de l'objet photographié, à détecter les défauts d'usine, à comparer deux objets entre eux, etc.

Ivan Yavtouchenko et Vladimir Markov

A droite, exposition d'hologrammes au musée ukrainien d'Histoire à Kiev. Les expositions itinérantes d'hologrammes ouvrent d'immenses perspectives : présenter au plus vaste public les trésors des grands musées du monde sous la forme de plaques peu coûteuses et facilement transportables. On a calculé, par exemple, que toutes les pièces d'une grande exposition ayant eu lieu à Moscou, « les trésors du musée d'Etat de l'Histoire », pouvaient être reproduites sur 110 plaques holographiques qui mesurent chacune 60 sur 80 centimètres et tiennent toutes dans une caisse d'un mètre cube et demi.

Ci-dessous, Shermazan Kakichashvili, chef du laboratoire de recherche optique à l'Institut de cybernétique de l'Académie des sciences de la R.S.S. de Géorgie, regarde un hologramme circulaire de lui-même. Eclairé par un laser, l'hologramme est monté sur une table tournante qui, mise en mouvement, permet de voir la tête sous tous les angles.



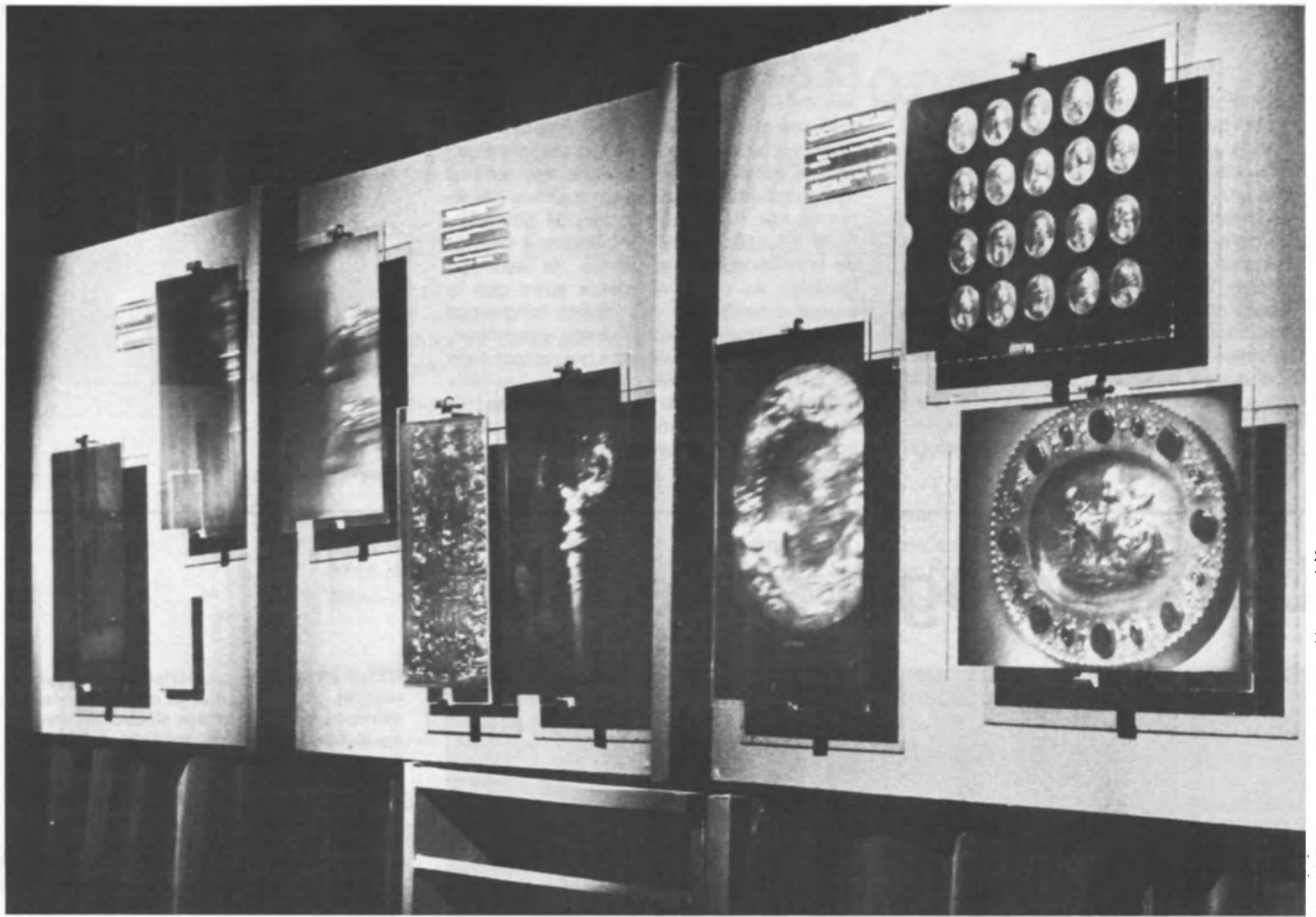
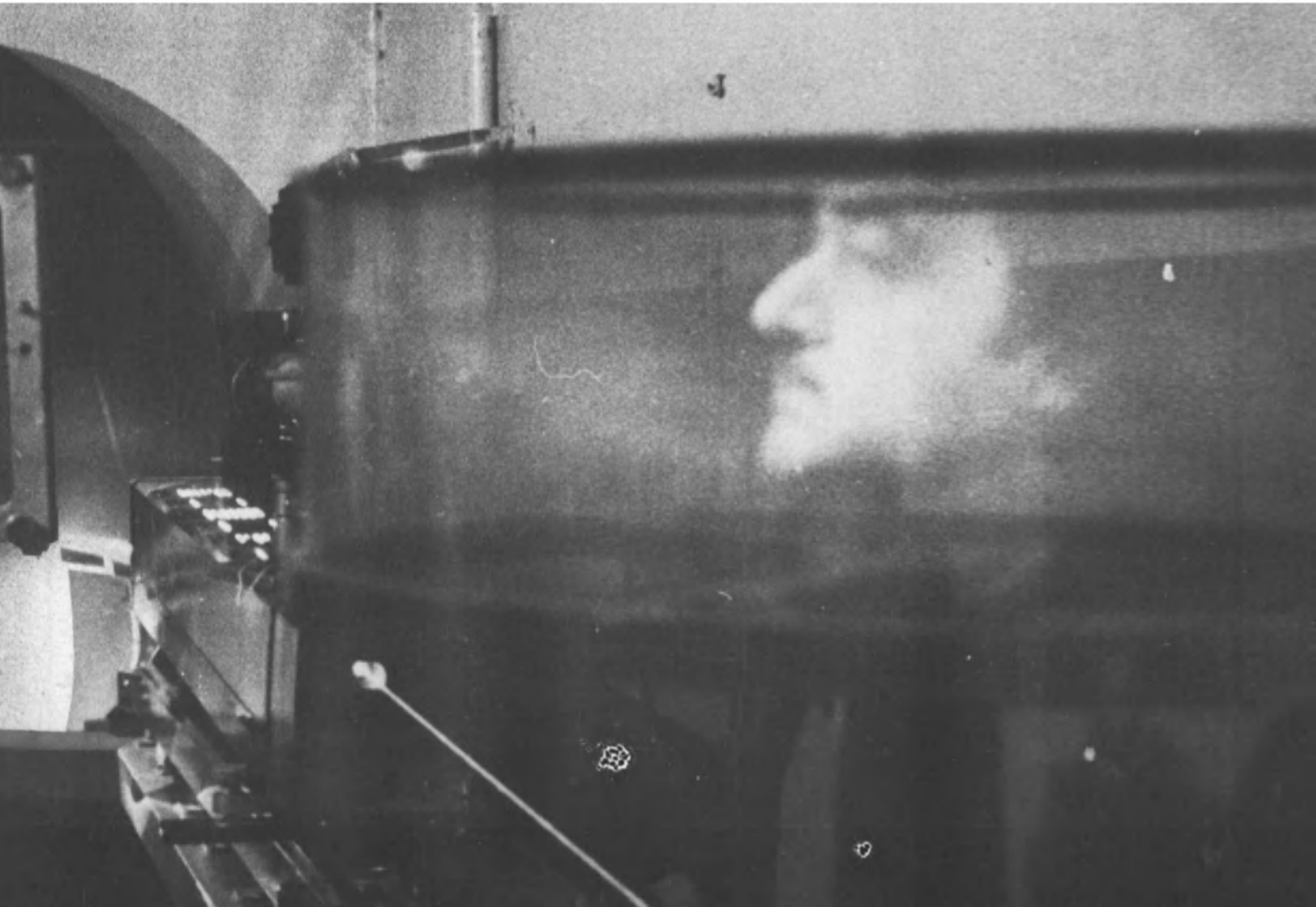


Photo Y. Egorov © Revue Ratsionalizator i Ibrozetatel, Moscou

Photo V.-S. Zhydtchenko © Commission nationale de la R.S.S. d'Ukraine pour l'Unesco



En définitive, bien que l'idée soit très simple, le faussaire ne trouvera guère de méthode plus satisfaisante que d'enterrer son ouvrage pendant un an ou deux pour laisser la nature commencer le processus de « vieillissement ». Cette méthode demande de la patience et une bonne maîtrise de soi (quelqu'un, par hasard, peut exhumer le faux trop tôt et gâcher la vente) mais elle demeure efficace. Les plus petites traces de concrétions en surface, les plus faibles empreintes de racines, combinées avec un peu d'usure « naturelle » et avec l'inévitable obscurcissement de la décoration, peuvent contribuer à donner à un faux enfoui pendant quelque temps un cachet archéologique impressionnant.

Pourtant cela ne réussit pas toujours, surtout quand le faussaire néglige de bien préparer le lieu de l'enfouissement. En 1905, l'abbé d'Aguel, qui tenait à prouver l'existence de relations commerciales entre l'Égypte et la Gaule à l'époque néolithique, annonça la découverte d'outils et d'armes en silex d'excellente facture dans des terrains sédimentaires étanchés, les couches calcaires de l'île de Riou, non loin de Marseille. Mais les spécialistes s'inquiétèrent bientôt de la brillance de ces pierres : la laque qui semblait les recouvrir n'était autre que la patine superficielle des objets longtemps exposés à une atmosphère aride, désertique, et certainement pas de ceux qui restent dans du calcaire durant des millénaires. Les silex en question étaient bien authentiques, et égyptiens sans aucun doute, mais ils étaient arrivés en Gaule plus récemment que ne le prétendait l'abbé.

Stuart Fleming

L'archéologie aérienne



Grâce à l'archéologie aérienne, on peut repérer, photographier et cartographier des vestiges enfouis par des siècles de travaux agricoles. Comme par miracle, ces traces du passé cachées sous les pieds du promeneur deviennent visibles pour « l'archéologue volant », dans certaines conditions, précises et fugitives, liées à la croissance des cultures et aux saisons, par exemple après les labourages d'hiver. Cette méthode de prospection a l'avantage d'être non destructive : on peut toujours réinterpréter ou recommencer une photo alors qu'il est impossible de refaire une fouille mal conduite. De véritables atlas d'archéologie aérienne ont pu ainsi être établis pour des régions entières, contribution essentielle à l'inventaire et à la protection du patrimoine archéologique. Ci-contre : cette vue aérienne, prise en hiver, révèle le plan caractéristique d'une grande villa gallo-romaine (320 m de long) des riches terres à blé de la Gaule septentrionale (Warfusee, Somme, France).

Festival international du livre et de la presse Nice - 11 au 15 avril 1981

Ses buts :

- présenter un panorama aussi complet que possible des moyens de culture offerts par le livre et la presse dans le monde
- promouvoir les échanges entre toutes les professions de l'Écrit.

Programme 1981

Colloques

Dictionnaires et Encyclopédies
Livres d'art et Bibliophilie
Presse et Edition régionales

Expositions

Commémoration du Centenaire
Liberté de la Presse Française
Raymond Moretti: son œuvre

7 prix littéraires seront décernés en présence de nombreuses personnalités

Invités 81 : les grandes métropoles francophones
Liège, Dakar, Genève, Lausanne

L'Office des PRESSES de l'UNESCO qui, depuis 1946 a édité 7000 titres en 70 langues, diffusés dans plus de 150 pays, y présentera, comme chaque année, une sélection de ses publications et ses nouveautés.

Pour vous abonner ou vous réabonner et commander d'autres publications de l'Unesco

Vous pouvez commander les publications de l'Unesco chez tous les libraires en vous adressant directement à l'agent général (voir liste ci-dessous). Vous pouvez vous procurer, sur simple demande, les noms des agents généraux non inclus dans la liste. Les paiements des abonnements peuvent être effectués auprès de chaque agent de vente qui est à même de communiquer le montant du prix de l'abonnement en monnaie locale.

ALBANIE. N. Sh. Botimeve Naim Frasherî, Tirana. — **ALGÉRIE.** Institut pédagogique national, 11, rue Ali Haddad, Alger, Société nationale d'édition et diffusion (SNED), 3 bd Zirout Youcef, Alger. — **RÉP. FÉD. D'ALLEMAGNE.** Le Courrier de l'Unesco (allemand, anglais, français, espagnol). Mr. Herbert Baum Deutscher Unesco-Kurier Vertrieb Besaltstrasse 57 5300 BONN 3. Autres publications : S. Karger GmbH, Karger Buchhandlung, Angerhofstr. 9, Postfach 2, D-8034 Germering/München. Pour les cartes scientifiques seulement: Geo Center Postfach 800830 Stuttgart 80 — **RÉP. DÉM. ALLEMANDE.** Buchhaus Leipzig, Postfach, 140, Leipzig. Internationale Buchhandlungen, en R.D.A. — **ARGENTINE.** Librería El Correo de la Unesco EDILYR S.R.L. Tucumán 1685 1050 Buenos Aires. — **AUTRICHE.** Buchhandlung Gerold and Co Graben 31 A-1011 Wien. — **BELGIQUE.** Ag. pour les publications de l'Unesco et pour l'édition française du "Courrier" : Jean de Lannoy, 202, Avenue du Roi, 1060 Bruxelles, CCP 000-0070823-13. Edition néerlandaise seulement : N.V. Handelsmaatschappij Keesing, Keesinglaan 2-18, 21000 Deurne-Antwerpen. — **RÉP. POP. DU BÉNIN.** Librairie nationale, B.P. 294, Porto Novo. — **BRESIL.** Fundação Getúlio Vargas, Editora-Divisão de Vendas, Caixa Postal 9.052-ZC-02, Praia de Botafogo, 188 Rio de Janeiro RJ — **BULGARIE.** Hemus, Kantora Literatura, bd Rousky 6, Sofia. — **CAMEROUN.** Le secrétaire général de la Commission nationale de la République unie du Cameroun pour l'Unesco, B.P. N° 1600, Yaoundé. — **CANADA.** Editions Renouf Limitée, 2182, rue Ste. Catherine Ouest, Montréal, Que H3H 1M7. — **CHILI.** Biblicentro Ltda., Casilla 13731 Constitución n° 7, Santiago (21). — **CHINE.** China National Publications Import Corporation, West Europe Dept., P.O. Box 88, Pékin. — **COLOMBIE.** Cruz del Sur Calle 22 n° 6-32 Bogotá. — **RÉP. POP. DU CONGO.** Librairie populaire B.P. 493 Brazzaville; Commission nationale congolaise pour l'Unesco, B.P. 577, Brazzaville. — **CÔTE-D'IVOIRE.** Centre d'édition et de diffusion africaines, B.P. 4541, Abidjan-Plateau. — **DANEMARK.** Munksgaard export and subscription service 35 Norre Sogade 1370 Copenhagen K. — **ÉGYPTE (RÉP. ARABE D').** National Centre for Unesco Publications, N° 1, Talaat Harb Street, Tahrir Square, Le Caire — **ESPAGNE.** MUNDI-PRENSA Libros S.A.,

Castelló 37, Madrid 1, Ediciones Liber. Apartado 17, Magdalena 8, Ondarroa (Viscaya); DONAIRE, Aptdo de Correos 341, La Coruna; Librería Al-Andalus, Roldana, 1 y 3, Sevilla 4. Librería CASTELLS, Ronda Universidad 13, Barcelona 7; Editorial Fenicia, Cantelejas, 7 "Riefrio", Puerta de Hierro, Madrid 35 — **ÉTATS-UNIS.** Unipub, 345, Park Avenue South, New York, N.Y. 10010. — **FINLANDE.** Akateeminen Kirjakauppa, Keskuskatu 1, 00100 Helsinki. — **FRANCE.** Librairie Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris. C.C.P. 12.598.48 — **GRÈCE.** Librairies internationales. — **HAÏTI.** Librairie A la Caravelle, 26, rue Roux, B.P. 111, Port-au-Prince. — **HAUTE-VOLTA.** Lib. Attie B.P. 64, Ouagadougou. — Librairie Catholique « Jeunesse d'Afrique ». Ouagadougou. — **HONGRIE.** Akadémiai Könyvesbolt, Váci U.22, Budapest VI. — **INDE.** Orient Longman Ltd. : Kamani Marg, Ballard Estate, Bombay 400 038; 17 Chittaranjan Avenue, Calcutta 13; 36a Anna Salai, Mount Road, Madras 2; B-3/7 Asaf Ali Road, Nouvelle-Delhi 1, 80/1 Mahatma Gandhi Road, Bangalore-560001, 3-5-820 Hyderabad, Hyderabad-500001. Publications Section, Ministry of Education and Social Welfare, 511, C-Wing, Shastri Bhavan, Nouvelle-Delhi-110001; Oxford Book and Stationery Co., 17 Park Street, Calcutta 700016; Scindia House, Nouvelle-Delhi 110001. — **IRAN.** Commission nationale iranienne pour l'Unesco, av. Iranchahr Chomalî N° 300; B.P. 1533, Téhéran; Kharazmie Publishing and Distribution Co. 28 Vessal Shirazi St, Enghelab Avenue, P.O. Box 314/1486, Téhéran. — **IRLANDE.** The Educational Co. of Ir. Ltd., Ballymount Road Walkinstown, Dublin 12. — **ISRAËL.** Emanuel Brown, formerly Blumstein's Bookstores; 35, Allenby Rd et 48, Nachlat Benjamin Street, Tel-Aviv; 9 Shlomzion Hamalka Street, Jérusalem. — **ITALIE.** Licosa (Libreria Commissionaria Sansoni, S.p.A.) via Lamarmora, 45, Casella Postale 552, 50121 Florence. — **JAPON.** Eastern Book Service Shuhwa Toranomon 3 Bldg, 23-6 Toranomon 3-chome, Minato-ku, Tokyo 105 — **LIBAN.** Librairies Antione, A. Naouf et Frères; B.P. 656, Beyrouth. — **LUXEMBOURG.** Librairie Paul Bruck, 22, Grande-Rue, Luxembourg. — **MADAGASCAR.** Toutes les publications : Commission nationale de la Rép. dém. de Madagascar pour l'Unesco, Ministère de l'Éducation nationale, Tananarive. — **MALAISIE.** University of Malaya Co-operative Bookshop, Kuala Lumpur 22-11 — **MALI.** Librairie populaire du Mali, B.P. 28, Bamako. — **MAROC.** Librairie « Aux belles images », 282, avenue Mohammed-V, Rabat, C.C.P. 68-74. « Courrier de l'Unesco » : pour les membres du corps enseignant : Commission nationale marocaine pour l'Unesco 19, rue Oqba, B.P. 420, Agdal, Rabat (C.C.P. 324-45). — **MARTINIQUE.** Librairie « Au Boul' Mich », 1, rue Perrinon, et 66, av. du Parquet, 972, Fort-de-France. — **MAURICE.** Nalanda Co. Ltd., 30, Bourbon Street, Port-Louis. — **MEXIQUE.** S.A.S.A, Servicios a Bibliotecas, S.A., Insurgentes Sur N° 1032-401, México 12. Librería El Correo de la Unesco, Actipán 66, Colonia del Valle, México 12 DF — **MONACO.** British Library, 30, boulevard

des Moulins, Monte-Carlo. — **MOZAMBIQUE.** Instituto Nacional do livro e do Disco (INLD), Avenida 24 de Julho, 1921 r/c e 1° andar, Maputo. — **NIGER.** Librairie Mauciert, B.P. 868, Niamey. — **NORVÈGE.** Toutes les publications : Johan Grundt Tanum (Booksellers), Karl Johans gate 41/43, Oslo 1. Pour le « Courrier » seulement : A.S. Narvesens Litteraturjeneste, Box 6125 Oslo 6. — **PAKISTAN.** Mirza Book Agency, 65 Shahrah Quaid-i-azam, Box 729 Lahore 3. — **PARAGUAY.** Agencia de diarios y revistas, Sra. Nelly de Garcia Astillero, Pte. Franco N° 580 Asunción. — **PAYS-BAS.** « Unesco Koerier » (Edition néerlandaise seulement) Systemen Keesing, Ruysdaelstraat 71-75, Amsterdam-1007. Agent pour les autres éditions et toutes les publications de l'Unesco : N.V. Martinus Nijhoff, Lange Voorhout 9. 's-Gravenhage — **POLOGNE.** ORPAN-Import. Palac Kultury, 00-901 Varsovie, Ars-Polona-Ruch, Krakowskie Przedmiescie N° 7, 00-068 Varsovie. — **PORTUGAL.** Dias & Andrade Ltda. Livraria Portugal, rua do Carmo, 70, Lisbonne. — **ROUMANIE.** ILEXIM. Romlibri, Str. Biserica Amzei N° 5-7, P.O.B. 134-135, Bucarest. Abonnements aux périodiques : Rompresfilatelia catea Victoriei 29, Bucarest. — **ROYAUME-UNI.** H.M. Stationery Office P.O. Box 569, Londres S.E.1 — **SÉNÉGAL.** La Maison du Livre, 13, av. Roume, B.P. 20-60, Dakar, Librairie Clairafrique, B.P. 2005, Dakar, Librairie « Le Sénégal » B.P. 1954, Dakar. — **SEYCHELLES.** New Service Ltd., Kingsgate House, P.O. Box 131, Mahé. — **SUÈDE.** Toutes les publications : A/B C.E. Fritzes Kungl. Hovbokhandel, Regeringsgatan, 12, Box 15356, 103-27 Stockholm, 16. Pour le « Courrier » seulement : Svenska FN-Forbundet, Skolgrand 2, Box 150-50, S-10465 Stockholm-Postgiron 184692. — **SUISSE.** Toutes publications. Europa Verlag, 5, Ramistrasse, Zurich, C.C.P. 80-23383. Librairie Payot, 6, Rue Grenus, 1211, Genève 11. C.C.P. : 12.236. — **SYRIE.** Librairie Sayegh Immeuble Diab, rue du Parlement, B.P. 704, Damas. — **TCHÉCOSLOVAQUIE.** S.N.T.L., Spalena 51, Prague 1 (Exposition permanente); Zahracini Literatura, 11 Soukenicka, Prague 1. Pour la Slovaquie seulement : Alfa Verlag Publishers, Hurbanovo nam. 6, 893 31 Bratislava. — **TOGO.** Librairie Evangélique, B.P. 1164, Lomé, Librairie du Bon Pasteur, B.P. 1164, Lomé, Librairie Moderne, B.P. 777, Lomé. — **TRINIDAD ET TOBAGO.** Commission Nationale pour l'Unesco, 18 Alexandra Street, St. Clair, Trinidad, W.I. — **TUNISIE.** Société tunisienne de diffusion, 5, avenue de Carthage, Tunis. — **TURQUIE.** Haset Kitapevi A.S., Istiklal Caddesi, N° 469, Posta Kutusu 219, Beyoglu, Istanbul. — **U.R.S.S.** Mejdunarodnaya Kniga, Moscou, G-200 — **URUGUAY.** Editorial Losada Uruguay, S.A. Librería Losada, Maldonado, 1092, Colonia 1340, Montevideo. — **YUGOSLAVIE.** Jugoslovenska Knjiga, Trg Republike 5/8, P.O.B. 36, 11-001 Belgrade, Drzavna Zaloza Slovenije, Titova C 25, P.O.B. 50, 61-000 Ljubljana. — **RÉP. DU ZAIRE.** La librairie, Institut national d'études politiques, B.P. 2307, Kinshasa. Commission nationale de la Rép. du Zaïre pour l'Unesco, Ministère de l'Éducation nationale, Kinshasa.

DES MUSÉES SANS OBJETS D'ART



Des musées où les visiteurs viennent en foule admirer des œuvres d'art qui ne s'y trouvent pas : ce sera un jour chose courante grâce à l'holographie, un procédé révolutionnaire permettant de donner d'un objet une image tridimensionnelle si parfaite que le spectateur a l'impression qu'il pourrait le toucher (voir l'article de la page 30). Sur la photo : masque de Silène (remontant au 3^e siècle avant J.-C. et découvert en 1935 en Ukraine), le compagnon de Dionysos, tel qu'on peut le voir à l'exposition permanente d'holographie du musée ukrainien d'Histoire à Kiev.