



ICHIM
PARIS 21-23 SEPT. 05



**International Conference on Hypermedia and Interactivity in Museums
- PARIS 05 – « PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE »**

« Et si l'on touchait les couleurs ? »

*Des peintures médiévales aux tableaux tactiles pour un public
mal ou non-voyant*



Robert Lequément Conservateur Général du Patrimoine,
Chargé de mission au Centre des
Monuments Nationaux
robert.lequement@monum.fr



Ariane Genty Ingénieur informaticienne,
Doctorante à l'École Centrale Paris
arianegenty@wanadoo.fr



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

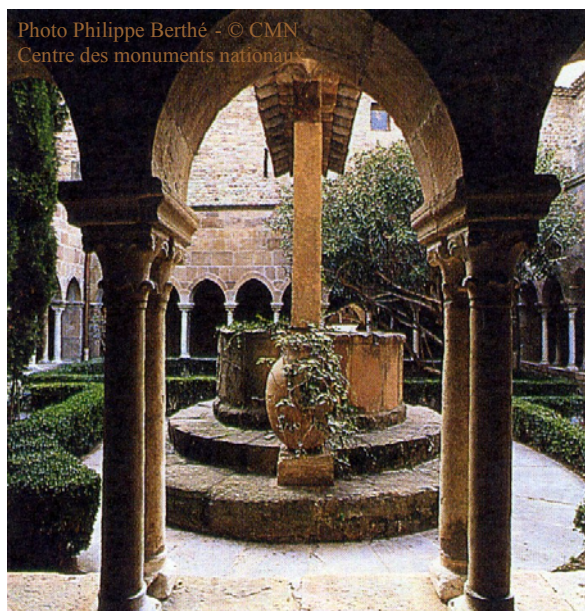
Mallette multi-sensorielle – Cloître de Fréjus

Aux origines de la mallette multisensorielle :

L'idée est née en 2001 dans un monument, le Cloître de la Cathédrale de Fréjus :
Il s'agit du Cloître des chanoines situé au nord du baptistère et de la cathédrale ; il remonte aux XIIème et XIIIème siècles ; au XIVème siècle, les galeries du cloître changent de couverture, une nouvelle charpente est installée et richement décorée.



Vue du groupe épiscopal de Fréjus



Le cloître

Cette charpente, datée entre les années 1353 et 1368 grâce à une analyse dendrochronologique (c'est la datation par l'étude des cernes du bois) présente une structure unique en France : ses poutres reposent sur deux rangées de corbeaux moulurés et son décor est extraordinairement bien conservé.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris



Photo Roucaute-Heller © Inventaire général PACA
Vue de la charpente, angle Nord-Est

Près de la moitié des 1200 «entrevous», ces plaquettes rectangulaires (27cm X 16cm) adossées au mur et posées verticalement entre deux poutres, sur trois niveaux, sont encore peintes ; 400 d'entre eux sont bien lisibles. Ce sont de véritables petits tableaux représentant des scènes tirées de la vie quotidienne avec des personnages civils, militaires ou religieux, parfois des saints ou des anges, quelques animaux domestiques ou exotiques, mais plus de la moitié concernent un bestiaire fantastique particulièrement riche. Les couleurs utilisées étaient peu nombreuses, mais très vives, rouge, jaune, bleu, vert, blanc et noir. Les figures sont peintes sur des fonds alternés rouges et bleus.



Photo Philippe Berthe - © UMN Centre des monuments nationaux

Vue détaillée des entrevous, côté Est

Ce monument national avait fait l'objet en 2000 de plusieurs aménagements pour faciliter la visite des personnes handicapées et développer un « accueil pour tous » : des rampes avaient été installées pour permettre aux personnes en fauteuil de circuler dans le rez-de-chaussée du cloître et d'accéder à la salle qui propose un audiovisuel.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

Il s'agit d'un film de 10 minutes qui explique comment, au XIV^{ème} siècle, a été construit et couvert de peintures sur bois le plafond des galeries du cloître. Ce film est sous-titré pour les personnes malentendantes et peut être écouté par les non-voyants. A l'attention des aveugles, outre une notice en braille disponible à l'accueil, avaient été réalisés, à l'échelle 1, des moulages en résine des colonnettes jumelles en marbre du cloître, pour découvrir, par le toucher, leurs chapiteaux à feuilles plates ornés de motifs divers : coquille, palmier, fleur de lys, palmette, pomme de pin, clef... D'autre part une petite portion de la charpente a été reproduite à échelle 1, en bois de mélèze, qui est l'essence originale ; placée dans le circuit de visite, cette maquette est à la disposition de tout public et peut être touchée.



Maquette de la charpente (éch 1)

Génèse du projet : Faire correspondre une couleur à une sensation tactile

La question s'est donc posée de savoir comment on pouvait présenter à un public malvoyant ou non-voyant, ce décor imagé, dans la diversité et la richesse de ses couleurs. Défi méritant d'être relevé, car il est vrai que le décor iconographique peut être un élément majeur dans certains monuments ; plafond peint au cloître de la Cathédrale de Fréjus, vitraux à la Sainte-Chapelle... Si un graphisme thermogonflé, voire un puzzle, font découvrir les traits du dessin de chaque sujet, avec Jean-Jacques Condom, artiste peintre, professeur honoraire à la Villa Arson (Nice), nous eûmes l'idée de faire correspondre une couleur donnée à une sensation tactile permettant ainsi d'explorer les peintures. Au tableau médiéval correspondra un tableau textile où des couleurs dites « froides » ou « chaudes » seront transcrites en tissu dont la sensation sera froide ou chaude. Ainsi le bleu -couleur froide- sera représenté par du satin dont le toucher est relativement froid ; le rouge -couleur chaude- sera représenté par du velours.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

A l'écoute des utilisateurs :

Les premières maquettes ont été montrées aux responsables de l'association Cemaforre, Centre de Ressources Loisir et Culture pour tous, qui nous ont prodigué conseils et encouragements. Mais c'est en 2002 que le projet a pu se développer grâce au dialogue avec les aveugles et malvoyants de l'Association Valentin Haüy à Paris et à Nice. L'accueil qui nous a été réservé fut très chaleureux. Nous avons le sentiment d'avoir beaucoup appris lors des séances de travail qui se sont poursuivies durant l'année 2002 au Comité de Nice, qui nous a aidés et soutenus tout au long de l'élaboration du prototype.

Dès les premières réunions, les non-voyants nous ont fait part des difficultés souvent rencontrées lors de la visite de monuments, et ce malgré la qualité des conférenciers : nécessité pour eux d'imaginer tout au long des exposés, besoins de maquettes tactiles pour appréhender ce qui n'est pas à portée de mains et que le regard d'un visiteur valide découvre naturellement dans un monument. L'histoire du bâtiment, la complexité de l'architecture, l'abondance du décor obligent à une attention soutenue et conduit souvent à une fatigue. C'est pourquoi un premier enseignement a été tiré : il est apparu très tôt que cette mallette devait être mise à disposition des associations et des établissements spécialisés pour *permettre aux aveugles et malvoyants de découvrir à leur rythme*, un monument, son architecture, son histoire et d'en appréhender la richesse du décor (sculptures, peintures, vitraux...). La mallette culturelle multisensorielle devrait permettre, d'une certaine manière, une première approche du Patrimoine, en faisant découvrir un monument, *en amont de la visite*.



Séance organisée par l'association Valentin Haüy

Le concept « toucher les couleurs » quant à lui, a reçu un accueil très favorable ; la transcription de sensations visuelles en sensations tactiles était agréable et préférable à des références abstraites comme des points, des hachures etc... Il faut savoir que la majorité des non voyants correspond à des personnes qui ont perdu la vue et qui ont gardé la mémoire des couleurs. Plusieurs fois, lors d'une manipulation, d'un examen tactile, j'ai pu être le témoin d'une réaction du type « c'est intéressant »... suivi quelques instants après de « c'est beau ! ... ».

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Fac-similés des entrevous

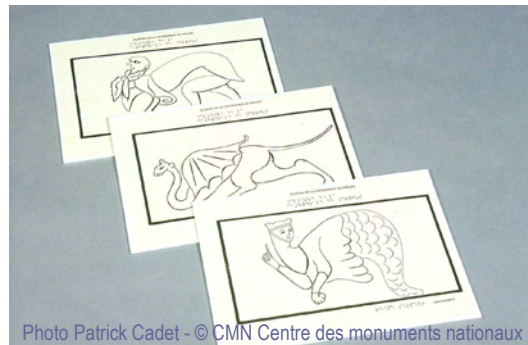


Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Graphismes thermogonflés



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Puzzles



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Tableaux tactiles

Cette écoute a permis au contenu de la mallette de s'enrichir d'un élément important : *la représentation en volume des sujets figurés* sur les tableaux peints sous forme de statuettes. Cette reproduction, en trois dimensions, aide à comprendre le personnage peint ; elle fait apprécier la qualité des formes anatomiques et des mouvements telle qu'elle ressort du dessin initial des artistes du Moyen Age. En fait, à une époque où l'on n'utilise pas la perspective, cette transposition de la peinture à la sculpture conduit à une nouvelle façon de voir les œuvres.



Découverte en volume
de la reine serpent



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Représentation en volume des sujets figurés

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

La réalisation technique de la mallette :

Le Centre des monuments nationaux a donc programmé en 2003 la réalisation de ce nouvel outil permettant aux personnes déficientes visuelles de préparer, en amont, la visite d'un monument. La réalisation du prototype a été confiée à l'association Artesens avec l'aide de la Direction Régionale des Affaires Culturelles de Provence-Alpes-Côte d'Azur et grâce au soutien du Mécénat Gaz de France et du Musée International de la Parfumerie de Grasse.

Mode d'emploi de la mallette multisensorielle :



CD et boîtes à senteur

Pour commencer on écoute un CD, d'une durée de 5 minutes, qui va créer une ambiance sonore : un choix de musiques sacrées et profanes du XIV^{ème} siècle accompagne une voix qui donne les informations essentielles sur le cloître médiéval et son étonnant plafond peint. On découvre les quatre fiches couleur avec leur échantillon de tissu ainsi que les senteurs de l'époque médiévale, la rose et le *Boswellia carterii*, appelé au Moyen Age *encens blanc de Venise*.

Trois sujets fantastiques du plafond peint du cloître ont été choisis pour être reproduits dans la mallette : le géant barbu, un dragon ailé et la reine serpent. On s'installe donc devant une table où est disposé l'un des trois modules. On peut manipuler la peinture reproduite à l'ancienne sur une planchette en mélèze, sorte de fac-similé de « l'entrevous » de la charpente du cloître. Puis on découvre le tableau textile avec sa fiche, en noir et en braille. On touche la statuette en résine représentant le sujet. Il est conseillé de placer cette statuette dans le sens du tableau afin de pouvoir effectuer un aller-retour entre celle-ci et le tableau textile. Un graphisme thermogonflé précise la ligne du dessin et un puzzle complète la découverte anatomique. Enfin, on peut consulter un classeur avec des fiches historiques et techniques, en braille et en noir, accompagné d'un plan en relief du cloître.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris



Photo Patrick Cadet - © CMN Centre des monuments nationaux

Classeur d'accompagnement de la mallette

Cette mallette est mise à la disposition, gratuitement et sur réservation, des associations ou organismes. L'opération est pilotée par l'Association Valentin Haüy, Comité de Nice. Quant à la visite commentée et tactile du monument, elle est conseillée après utilisation de la mallette.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

infos pratiques

Conditions de prêt

La mallette est, gratuitement et sur réservation, mise à la disposition des associations ou organismes. Les groupes pré-constitués de personnes déficientes visuelles peuvent ensuite sur réservation (un mois à l'avance) bénéficier d'une visite commentée et tactile du cloître de Fréjus en s'adressant directement au monument (toucher des éléments sculptés, chapiteaux et colonnettes).

Renseignements

Association Valentin Haüy
5 rue duroc
75 343 Paris cedex 07
tèl 01 44 49 27 27
fax 01 44 49 27 10
avh@avh.asso.fr

Réservation de la mallette

Provence Alpes Côte d'Azur
Association Valentin Haüy
4 avenue Henri Barbusse
06 100 Nice
tèl 04 93 52 54 54
fax 04 93 84 06 23
contact : Max Bouvy
avh.nice@wanadoo.fr

Visite du Cloître de Fréjus

ouverture
du 1^{er} octobre au 30 mai de
9h à 12h et 14h à 17h
tous les jours sauf le lundi
du 1^{er} juin au 30 septembre
de 9h à 18h30 tous les jours

Fermeture les 1^{er} janvier,
1^{er} mai, 1^{er}, 11 novembre et
25 décembre

Accès

De Nice, A8 sortie No 38,
direction Fréjus puis D37
vers centre-ville

Tarifs

Entrée et visite gratuite
pour les groupes pré-
constitués de personnes
déficientes
visuelles(attestation de
l'organisme).

Renseignement et réservations

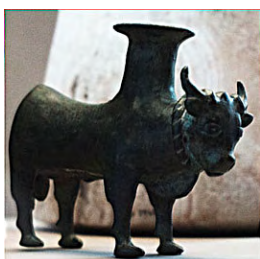
Visite commentée tactile
(un mois à l'avance) pour
les groupes pré-constitués
Cloître de la cathédrale de
Fréjus
58 rue du Cardinal Fleury
83600 Fréjus
tèl 04 94 51 26 30
fax 04 94 51 14 05
contact : Margareth Pavoni

De l'image au volume, du 3D à l'image, du virtuel au réel, Numérisation, Simulation, Prototypage.

Les projets autour d'objets du patrimoine à l'École Centrale Paris

Plusieurs projets d'élèves sous la direction de Patrick Callet enseignant-chercheur à l'École Centrale Paris ont ces trois dernières années portés sur l'étude d'objets du patrimoine.

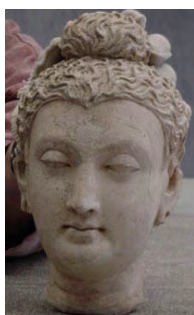
Ces projets pluridisciplinaires avaient pour objectif d'étudier la nature des matériaux constituant un objet, de familiariser les élèves à une chaîne d'outils de CAO (Conception Assistée par Ordinateur) depuis la numérisation jusqu'au prototypage et de simuler virtuellement l'apparence des matériaux étudiés en se basant sur un modèle mathématique, physico-chimique de description des matériaux : la méthode « **OCRE** » (**Optical Constants for Rendering Evaluation**) développée par Patrick Callet.



Les objets étudiés ont été :

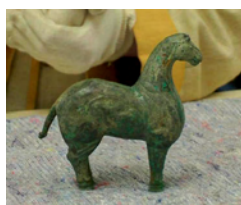
Au Louvre :

- Un petit taureau d'origine séleucide ou parthe (IIème av. JC.- IIème ap. JC.) *Kurdistan irakien*. Longueur 20cm.



Au musée National des Arts Asiatiques – Guimet :

- Une tête de Bouddha afghane de style Gandhâra (Gréco-bouddhique)(Afghanistan – IIIe siècle ap. JC) provenant du musée des Arts Asiatiques, Guimet. Hauteur 27 cm.

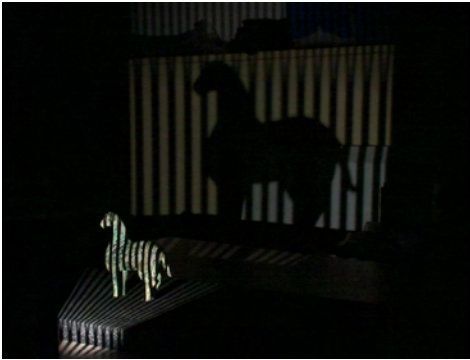


- Un cheval chinois en bronze datant de l'époque des royaumes combattants (IVe et IIIe siècles avant J.C). Longueur 30 cm.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris



Captteur 3D sans contact à base de lumière structurée Breuckmann

Au cours de chacun de ces projets, l'objet a été numérisé sans contact à l'aide d'un système optique.

Celui-ci est composé d'une caméra Breuckmann et d'un projecteur de franges lumineuses. Les déformations de ces franges lumineuses sur la surface de l'objet enregistrées par la caméra puis analysées permettant de récupérer un nuage de points en 3D de bonne résolution (< mm).

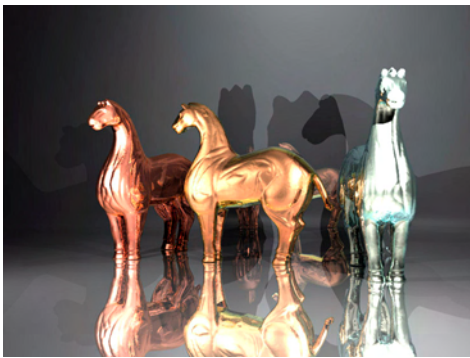


Image virtuelle d'un cheval en bronze à 90% de cuivre, entouré d'un cheval en cuivre et d'un cheval en étain.

Pour deux d'entre eux une étude des matériaux (alliages métalliques) a été effectuée, des échantillons ont été constitués et mesurés par ellipsométrie spectroscopique.

Une simulation à l'aide d'un programme basé sur la méthode « OCRE », programme de rendu spectral de la couleur développé à l'école qui a permis d'obtenir des images virtuelles de l'objet selon différents alliages métalliques.

Ce programme utilise la géométrie de l'objet obtenue après numérisation et les indices de réfraction complexes obtenus par mesures ellipsométriques.



Une réplique du taureau fabriquée par la machine de stéréolithographie SLA 500 en sortie de cuve et après nettoyage et suppression des barbules puis durcissement au four UV.

Des reproductions de chaque objet ont été obtenues par prototypage rapide en utilisant une méthode de stéréolithographie pour produire un modèle en volume permettant ensuite de réaliser des moulages.

La stéréolithographie est un procédé qui utilise un rayon laser pour durcir une résine photosensible. Le laser au contact de la résine durcit des couches successives en suivant le modèle numérique de l'objet que l'on veut reproduire, à l'échelle désirée par rapport à l'original.



Tête du bouddha en résine, plâtre, plâtre + patine

Une fois le modèle en résine obtenu, il est possible en utilisant une technique de moulage par empreinte classique d'obtenir des répliques dans différents matériaux.

Simuler l'aspect visuel des matériaux archéologiques ou industriels, application aux peintures : pigments et liants

Ces expériences et un dialogue avec des personnes liées à la conservation, la restauration ou la valorisation du patrimoine ont conduit à bâtir un projet de restitution chromatique pour des objets archéologiques. L'idée étant de construire un outil permettant à partir de mesures des traces de couleurs existantes sur un objet de simuler l'apparence que pouvait avoir cet objet à l'origine avant de subir les dégradations dues au temps, et à imaginer d'autres applications concernant la valorisation ou les démarches pédagogiques dans le cadre du patrimoine.

Objectifs du projet

Le projet de restitution chromatique d'œuvre d'art vise à

- Créer un ensemble d'outils permettant de simuler l'apparence visuelle et donc la couleur d'un objet à partir de la connaissance physico-chimique des matériaux qui le constituent. Cette connaissance étant intrinsèque : connaître la composition chimique du matériau étudié ou prenant en compte des paramètres extrinsèques (rugosité, état de surface, granulométrie, forme, dimension, orientation...)
- Contribuer à l'étude et au développement d'un outil de rendu spectral, l'orienter vers le traitement des matériaux de type pigments et liants.
- Créer une base de données des propriétés physico-chimiques des matériaux permettant la simulation des propriétés optiques des matériaux composant un objet.
- Créer une interface graphique simple permettant de sélectionner des matériaux et de les mettre en situation avec un rendu un peu altéré en qualité mais temps-réel ou interactif.

Cas d'étude - Philippe de France – Gisant – Basilique Saint Denis

Le cas d'étude choisi pour mettre au point ces outils et ces développements est un gisant de la nécropole royale de la Basilique Saint-Denis. Cette statue de pierre peinte représente le gisant de Philippe de France, frère de Louis IX, futur Saint Louis (vers 1263-1264) ; elle est intéressante pour la quantité de traces de polychromie encore apparentes à sa surface, et parce qu'elle repose sur une reconstitution de son tombeau.



Étapes

Les principales étapes de cette étude porteront sur :

- La numérisation 3D de la géométrie de l'objet,
- La prise de mesures spectrales sur les traces de polychromie existantes,
- L'étude en relation avec un restaurateur ou un historien de l'art des types de matériaux utilisés pour la polychromie et de l'aspect supposé de la polychromie d'origine,
- La prise de mesures spectrales de l'environnement lumineux,
- Le développement et enrichissement d'un logiciel de simulation de l'apparence des matériaux pour le cas des pigments et peintures,
- L'utilisation des mesures dans ce programme de simulation virtuelle, en vue de l'obtention d'images hypothèses d'une polychromie d'origine.
- La réalisation de reproductions à l'échelle 1/3 du gisant et du tombeau.

Utiliser des techniques avancées dans le cadre du patrimoine

Ainsi la numérisation 3D d'objets du patrimoine nous permet d'envisager des applications multiples :

En premier lieu la possibilité d'obtenir par les techniques de prototypage des reproductions à échelle réduite d'œuvres pour permettre une perception tactile comme dans le cas des mallettes multisensorielles s'adressant aux malvoyants ou non-voyants, ou des mallettes pédagogiques à l'intention d'un public scolaire.

La possibilité par la simulation 3D de retrouver sans porter atteinte à l'œuvre originale l'hypothèse d'un aspect antérieur de l'œuvre.

Dans le cas de mallette pédagogique il sera intéressant de proposer au-delà de l'image virtuelle une réplique qui fera l'objet d'un traitement de surface pour restituer les couleurs originelles et pour permettre une approche tactile de celles-ci.

Les techniques haptiques pourraient être envisagées pour pouvoir « toucher » la reproduction virtuelle d'une oeuvre ou bien pour la visualiser en relief à distance.

Et il demeure bien sûr que les données numériques 3D sont de nouveaux moyens d'archivage pour la sauvegarde, la conservation et la consultation à distance des œuvres du patrimoine.

Il n'en reste pas moins que chaque étape de ces projets nous fournit une occasion supplémentaire d'admirer différemment une œuvre en nous faisant passer du volume à l'image, du 2D au 3D, du virtuel au réel, et du réel à l'imaginaire.

ICHIM - PARIS 21-23 Septembre 05 –

PATRIMOINE & CULTURE NUMERIQUE

Bibliothèque nationale de France et Cité Internationale Universitaire de Paris

References :

Colette Dumas et Georges Puchal. *L'imagier de Fréjus, les plafonds du cloître de la cathédrale*. Centre des Monuments Nationaux, Éditions du patrimoine, Paris, 2001.

Patrick CALLET. *Couleur-lumière, couleur matière*. Diderot Multimédia, Paris, 1998. 320p., including CD-ROM of computed images.

Patrick CALLET. *Couleur et apparence visuelle, le transparent et l'opaque*. Techniques de l'Ingénieur, traité Sciences fondamentales, AF 3 252, janv. 2004.