

# Le traitement sismique sur le Linceul



# SOMMAIRE

## Editorial

Pierre Mérat

• 3

## Introduction

LE TRAITEMENT SISMIQUE APPLIQUÉ  
À L'IMAGE DU LINCEUL DE TURIN

Thierry Castex

• 4

## Bèves

INFORMATIONS

• 9

## Analyse

UTILISATION DES TRAITEMENTS DE SISMIQUE

• 10

Éric de Bazelaire

Marcel Alonso

Thierry Castex

## Actualités

LE LINCEUL DE TURIN :

VERS UNE REPRISE DU DIALOGUE

• 34

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION

Pierre Mérat

DIRECTEUR DE LA RÉDACTION

Pierre Mérat

CONCEPTION GRAPHIQUE

Loïc Porcher

REVUE  
INTERNATIONALE  
DU LINCEUL  
DE TURIN

Juin 2008

750 €

<http://perso.orange.fr/clelt/>

COMITÉ DE RÉDACTION

Alain Rostand

Raymond Souverain

Marcel Alonso

Olivier Pourrat

IMPRESSION

Imprimerie Téqui

Dans ce 31<sup>e</sup> numéro de la RILT, nous publions la deuxième et dernière partie du travail de notre regretté collègue E. de Bazelaire. Beaucoup d'entre nous qui n'ont pas de formation d'ingénieur, hautement spécialisé comme était l'auteur, penseront que ce travail est peu compréhensible. T. Castex informaticien avec qui Éric a beaucoup travaillé nous donne quelques explications qui nous aident à comprendre comment les procédés de recherche pétrolière par « sismique réflexion » ou « sismique réfraction », spécialité professionnelle d'Eric de Bazelaire, peuvent être appliqués à l'analyse du signal image émis par le Linceul.



Le CIELT se devait de fixer définitivement, dans sa revue, ce travail qui sera sans aucun doute à l'origine de nouvelles recherches dans une voie originale jusqu'alors inexplorée.

Depuis quelques semaines, une grande agitation parcourt les milieux de tous ceux qui se passionnent pour le Linceul : une information d'abord émise par la presse italienne, puis reprise ici ou là, annonçait la réalisation par la BBC d'un film exceptionnel sur le Linceul et surtout une déclaration de l'actuel titulaire à Oxford du laboratoire du 14C laissant entendre qu'une erreur aurait pu être possible il y a 20 ans.

Le Conseil Scientifique du CIELT a étudié soigneusement l'enregistrement de cette émission et son Directeur, le Pr. Pourrat, nous en donne plus loin une analyse précise. Ses conclusions tempèrent l'enthousiasme qui s'était développé un peu rapidement, mais les déclarations du Dr. Ramsey sont très encourageantes : Il est tout à fait disposé à étudier avec tout scientifique de bonne volonté les raisons des discordances qui nous opposent.

Nos collègues américains organisent en août prochain un congrès dont nous donnons plus loin le programme. Je veux saluer avec admiration le dynamisme des syndonologues d'Outre-Atlantique. La variété et l'originalité des questions étudiées montrent que l'enthousiasme du STURP ne s'est pas éteint après son magnifique travail, il y a 30 ans, à Turin. ●

**Pierre Mérat, Président du CIELT**

# Le traitement sismique appliqué à l'image **du Linceul de Turin**

*ou comment traiter l'image du Linceul  
comme une section sismique*

Pour toutes références avec des images chiffrées,  
se reporter à l'article d'Éric de Bazelaire

■ ANALYSE RÉALISÉE PAR  
Thierry Castex

**L**e traitement sismique fait partie des différentes formes que peut prendre le traitement du signal dans sa diversité. On retrouve souvent les mêmes fonctionnalités de traitement quand on aborde l'imagerie médicale, l'imagerie sismique ou bien encore l'imagerie astronomique. Les termes de « Transformée de Fourier », de « déconvolution spectrale ou spatiale », « d'égalisation dynamique », et bien d'autres opérations mathématiques, font partie du vocabulaire du « traiteur » d'image.

L'article qui suit, et qui a été rédigé par mon ami Eric de Bazelaire, expert international en traitement

du signal, nous entraîne vers une description minutieuse et précise des outils et de la méthodologie de traitement mise en place pour cette étude sur le Linceul de Turin.

Précisons que la mise au point d'une séquence de traitement (c'est-à-dire une suite ordonnée d'opérations mathématiques) demande du temps. Il faut expérimenter plusieurs combinaisons, dans des ordres différents, pour enfin obtenir un résultat satisfaisant.

Le résultat d'une séquence de traitement ne peut se prédire à l'avance, surtout quand on a affaire à des données inconnues, ou plutôt des données dont on ne connaît pas le

mécanisme de formation. C'est typiquement le cas du Linceul, où l'on s'est posé la question de savoir si l'image corporelle négative était le résultat d'un processus de type multiplicatif (ex. : une photographie, qui est le produit d'une source lumineuse par un support argentique) ou bien de type additif (ex. : une peinture, ou des dépôts de liquides corporels).

Tout d'abord, et cela est bien expliqué dans l'article d'Éric, il faut convertir une photo numérique en section sismique ; c'est-à-dire traiter l'image du Linceul comme s'il s'agissait d'une coupe verticale du sous-sol. Pour cela, on transforme l'image en matrice digitale selon deux axes. L'axe des colonnes devient l'axe des temps, et l'axe des lignes devient l'axe des espaces.

Donc, quand on regarde l'image du corps de haut en bas on se promène sur l'échelle des temps et quand on la regarde de gauche à droite on se déplace sur l'échelle des espaces. Ceci nous permet d'avoir une analogie avec une coupe sismique verticale.

#### **À partir de là on peut commencer à faire du traitement sismique.**

S'il fallait résumer notre séquence de traitement par une formule magique simplifiée, on pourrait dire : « éga-décon-filtre ». C'est-à-

dire commencer par une égalisation, puis appliquer une dé-convolution et finir par un filtre. Cela paraît simple à dire ou à faire ; mais il y a tout de même quelques subtilités derrière la formule et dans l'agencement des programmes.



L'égalisation va permettre tout d'abord de s'affranchir des discontinuités verticales et latérales des amplitudes. On voit bien sur le cliché original (figure 2, cf. p. 16), un ensemble de bandes ou de stries verticales et horizontales (claires sur le positif, sombres sur le négatif). Elles sont dues en partie au fait que les fibres de lin ne sont pas homogènes en couleur et en teinte, d'une bobine de fils à l'autre et le long des fils d'une même bobine. De plus l'éclairage du tissu au moment de la prise photo n'est pas homogène d'un bord à l'autre du Linceul. →

→ Rappelons que le tissu s'étend sur 4,36 m en longueur et 1,10 m en largeur. En prenant une photographie au centre du Linceul, on perd de la luminosité sur les bords.

On peut voir le résultat d'une égalisation verticale, suivant l'axe des temps, sur la figure 3 (cf. p. 17).

L'image a été inversée; c'est-à-dire qu'on voit le négatif du positif original.

Le terme « d'égalisation dynamique » est évoqué dans l'article car le processus d'égalisation se fait sur une fenêtre glissante, et non pas sur toute la longueur du tissu de haut en bas en une seule fois.

Ensuite, une fois débarassé des stries verticales et horizontales par une égalisation dans chaque direction, on va essayer de rendre l'image plus lisse, avec si possible plus de détails fins. Pourquoi plus lisse? Parce qu'en grossissant l'image (figure 5, cf. p. 17)) on voit nettement apparaître les chevrons. Ce sont ces traits obliques en V imbriqués et parallèles qui forment des sillons noirs et qui donnent une image d'ensemble discontinue.

Et puis si on « zoome » encore, on voit des suites de petits traits clairs horizontaux (figure 7, cf. p. 19) qu'on appellera « pixels ». Ces pixels

sont alignés sur les chevrons. La suite de ces pixels espacés constitue une trame. Si on réalise un spectre de cette image « pixelisée » on obtient la figure 6 (cf. p. 18), où l'on remarque une série de taches blanches ovales ou halos, espacés verticalement suivant l'axe des fréquences ( $f_y$ ) et disposés de part et d'autre de cet axe. Si les chevrons avaient été parfaitement linéaires nous aurions obtenu, non pas des halos, mais deux points symétriques. Ces taches sont raccordées par des lignes horizontales qui « bavent » de droite à gauche (parallèles à l'axe des  $f_y$ ). En fait tout ceci est le résultat de la transformée de Fourier bidimensionnelle des chevrons et de la trame. C'est-à-dire qu'on a transformé l'image dans un autre domaine à deux dimensions ( $f_x, f_y$ ), qu'on appelle maintenant un spectre. Cela nous permettra de mieux dissocier et filtrer les événements qui interfèrent avec l'empreinte corporelle.



Si l'on fait abstraction des halos et autres lignes horizontales de ce spectre, il nous reste le spectre de l'image du corps, avec les détails fins situés aux extrémités de l'axe  $f_y$  (fréquences élevées), et les formes plus grossières (basses fréquences) près du centre, c'est-à-dire au croisement des deux axes  $f_x$  et  $f_y$ .

En appliquant des filtres dans ce nouveau domaine, c'est-à-dire en essayant d'éliminer les chevrons et la trame, on obtient l'image de la figure 11 (cf. p. 24), ou encore de la figure 12 (cf. p. 25) si on se limite à l'œil gauche. On ne voit plus alors les chevrons et la trame; en revanche, on perd en résolution. L'objectif de la dé-convolution va être d'augmenter les détails fins de l'image, après avoir filtré les chevrons et la trame des pixels.

Si l'on admet que l'image du corps a été multipliée par l'ensemble des pixels répartis sur le tissu, on peut dire que dans le domaine des spectres, le spectre de l'image du corps a été « convolué » par le spectre des pixels. Par voie de conséquence la dé-convolution sera obtenue par le procédé inverse de la convolution. C'est-à-dire que, connaissant le spectre de l'image imprimée sur le tissu et le spectre des pixels, on en déduit le spectre de l'image originelle du corps.

Après plusieurs essais de dé-convolution et de combinaisons « éga-décon-filtre » nous avons retenu la méthode de dé-convolution par découpage du spectre (cf. p. 29). Nous avons séparé la partie « basse fréquence » de l'image (composante continue) de la partie « haute fréquence » contenant des détails fins mais aussi les traces de chevrons et de la trame mélangés.

L'idée était de ne pas supprimer les artefacts dus aux chevrons et à la trame, par un filtrage drastique; mais plutôt de les écraser par une courbe de gain en amplitude (type polynomiale, voir figure 15, cf. p. 28). Cela permettait de préserver des détails fins de l'image qui risquaient de disparaître avec le filtrage des chevrons. Ensuite nous avons sommé les deux parties après les avoir égalisées (résultat figure 23, cf. p. 32).

Tout ce travail de traitement et les résultats qui l'accompagnent, nous ont permis de réfléchir plus profondément au mécanisme possible de la formation de l'image.

Mais tout d'abord il faut s'entendre sur le mot image. Il y a parfois confusion dans les termes.

En fait nous avons découvert que l'image du corps est une image « pixellisée » qui est modulée de façon multiplicative; c'est-à-dire que ce n'est pas une image de dépôts; ce qui ne veut pas dire qu'il n'y a pas eu de dépôts corporels par ailleurs.

Nous pensons, en fait, qu'il y a une superposition de trois images. Il y aurait donc une image du corps pixellisée négative et tridimensionnelle, et une image, plus basse fréquence, obtenue par la présence de liquides corporels. Ces liquides ont migré à travers le tissu pour former une image de faible résolution sur la face verso du Linceul. Sur la face recto, nous avons certainement des

→ résidus de liquides corporels en faible quantité; mais on a surtout une image négative du corps de plus haute résolution. La troisième image étant l'image positive du sang.

Ce que l'on comprend après avoir traité ces images, comme cela a déjà été dit dans la *RILT* n° 30, c'est que l'image ventrale a été faite par contact avec le tissu qui enveloppait le corps (image en déroulé), et l'image dorsale par projection puisque le tissu était posé à plat sur une dalle. On voit d'ailleurs nettement sur l'image le dessous des genoux repliés (figure 1, cf. p. 9), alors qu'ils n'étaient pas en contact avec le tissu, ce qui confirme la thèse de la projection.

L'image en déroulé n'empêche pas qu'il y ait eu aussi une projection. Mais cette projection doit être orthogonale, unidirectionnelle et isotrope. S'il y a projection c'est qu'il y a une forme d'émission ou de radiation. L'image aurait donc pu se former par irradiation isotrope.

Tous ces travaux menés nous ont permis d'ouvrir de nouvelles voies de recherches et de tentatives d'explication sur la formation de l'image.

Par exemple, l'une des dernières découvertes que nous avons faite avec Éric, avant qu'il nous quitte, est que l'image du corps est codée en couleurs inversées. Marcel Alonso, qui a suivi nos travaux, y fait

allusion dans son « In Memoriam » (page 34 de la *RILT* n° 30).

En faisant un traitement particulier de l'image initiale par séparation chromatique on obtient une image couleur négative, et lorsqu'on l'inverse, on voit des écoulements de sang, sur le visage, devenir automatiquement rouges. Cela montrerait qu'on a à la fois une image positive du sang (taches de sang que l'on voit sur le tissu) et une image négative du sang en couleurs inversées. Nous avons constaté par exemple que l'Epsilon sur le front qui est rouge sur le tissu original, est en fait présent aussi sur l'image pixellisée négative du corps avec un léger décalage. Quand on le traite en couleurs inversées il devient rouge lui aussi. Cette particularité de l'image a été observée sur le visage. Nous poursuivons ces recherches sur le reste du corps, les résultats pourront peut être faire l'objet d'un prochain article. ●

[Vous pouvez retrouver ces deux articles consacrés au traitement de l'image et publiés dans les *RILT* n°s 30 et 31, sur le site :

[www.thierrycastex.com](http://www.thierrycastex.com),

avec des images en couleur et en format A4].

## Pèlerinage du diocèse de Turin

Selon l'agence Zenit, le Saint Suaire de Turin fera l'objet d'une ostension au printemps 2010 : le Saint Père Benoît XVI l'a accordée lors d'une visite du diocèse de Turin à Rome.

Les dernières ostensions dataient de 1998 pour le centenaire de la première photographie et pour le jubilé de l'Incarnation en l'an 2000.

La nouvelle a été accueillie avec joie par les 7000 pèlerins accompagnés de leur archevêque le cardinal Severino Poletto.

Pour les lecteurs anglophones et ceux qui seront aux USA à cette époque, le *Shroud Science Group* organise une importante conférence internationale dont voici les références :

**OHIO STATE UNIVERSITY BLACKWELL HOTEL**  
Site <http://www.ohioshroudconference.com>

Ce site vous donnera le nom des conférenciers et le titre de leur intervention. Certaines sont déjà considérées comme d'une très grande importance : *Rôle du carbonate de calcium dans la décoloration des fibres végétales* (Sue Benford et Joseph Marino)... et bien d'autres...

Ce Christ glorieux moderne de style copte présente des blessures dans les poignets et les chevilles. Le peintre a-t-il connu le Linceul, les peintures de Rubens et de van Dick, ou a-t-il compris qu'une fixation solide était nécessaire ? Nous recherchons l'auteur : ... Solution au prochain numero.



# Utilisation des traitements de sismique

réflexion pour l'amélioration de la  
qualité des images imprimées sur  
des tissus anciens en chevrons.

**Application à l'image  
de la face du Linceul de Turin.**

ANALYSE RÉALISÉE PAR

Eric de Bazelaire,  
Thierry Castex  
et Marcel Alonso

## 1. Introduction.

Le Linceul de Turin est une pièce archéologique extraordinaire de 4,3 m de long sur 1,1 m de large. C'est un drap très fin, qui porte la double empreinte sanglante (faciale et dorsale) d'un homme nu crucifié. Ces taches corporelles difformes ont la curieuse propriété de fournir un négatif photographique précis correspondant à l'image réelle d'un l'homme d'une étonnante majesté, portant avec un grand détail (anatomique et physiologique) tous les stigmates de la Passion du Christ mentionnés dans les Évangiles.

Son albédo est celui d'un corps éclairé à l'infini, réfléchissant la lumière autour de 0,6 lm (couleur jaune paille), avec des ombres peu contrastées (10 % en moyenne), sauf aux alentours des blessures sanglantes où elles tirent davantage sur le rouge.

Les fils de lin, d'une souplesse et jeunesse remarquables, sont peu réguliers (150 à 600 lm), à torsade Z inhabituelle. Ils sont tissés en chevrons (3 lie 1) qui, en plus du symbole typiquement masculin en culture hébraïque, confère une grande résistance à l'étoffe. Un tel tissu est tissé « envers dessus », c'est-à-dire que, face au tisserand, la surface du drap est lisse : elle est formée à 80 % par la trame qu'il tisse avec sa navette, et tasse de temps en temps avec son peigne.

La face du dessous, au contraire, apparaît comme irrégulière, hérissée de chevrons plans, formés par les fils de chaîne clairs, séparés les uns des autres par de profonds sillons sombres occupés par les fils de trame (20 % de la surface). C'est sur cette face qu'a été reportée l'empreinte du supplicié.

D'autre part, l'examen rapproché de l'étoffe montre des bandes alternativement sombres et claires, surtout verticalement : Elles sont dues aux blanchiments différents des écheveaux de fils fins qui servirent à tendre la chaîne. Ainsi, les variations latérales entre les lais des chevrons sont brusques, alors que celles le long d'un même lai sont très lentes<sup>1</sup>.

La conclusion de cette analyse est que si l'on met en place une image, de quelque façon que ce soit, sur ce type de support, celle-ci sera modulée par les chevrons et leurs sillons, ainsi que par les variations latérales du support. Le résultat sera donc une image à la fois sinusoïdale horizontalement, zébrée verticalement (mais aussi, nous le →

1. La couleur des fils est liée à la teneur en lignine brune laissée sur la fibre cellulosique du lin, par l'opération de blanchiment. Dans l'Égypte antique, on utilisait pour cela le Natron des chotts (SO<sub>4</sub>Na<sub>2</sub>).

→ verrons, horizontalement), et bruitée par tous les aléas physiques du tissu, du mode de report de l'image et de son éclaircissement.

Par ailleurs, selon la façon dont on met en place une image sur ce type de tissu, celle-ci peut être modulée de façon additive ou multiplicative en fonction du procédé utilisé. Par exemple, si on procède à une impression au moyen d'une réaction chimique, l'image sera modulée de façon multiplicative. Si on dépose l'image sur le tissu par imprégnation de liquides colorés transparents, cette image sera modulée de façon additive.

Pour corriger une image modulée de façon additive, il suffit de ramener la valeur moyenne des couleurs du fond de l'image à une valeur constante. L'image qui n'a pas été multipliée localement par l'albédo du support, redeviendra homogène.

Pour corriger une image modulée de façon multiplicative, il faut non seulement ramener la valeur moyenne des couleurs du substrat à une valeur constante, mais encore multiplier localement l'image par l'inverse pondérée de la courbe de gain réalisée pour ramener la valeur moyenne du substrat à une constante.

Nous avons mis au point une méthode de traitement adaptée aux deux cas de figure et c'est l'étude du résultat sur chaque cas qui nous dira si l'image était codée de façon additive ou multiplicative.

## 2. Manipulation préparatoire.

Le traitement du signal que nous voulons réaliser doit se faire de façon numérique. Pour cela nous devons tout d'abord prendre une image numérique de l'objet en tissu en le tendant pour qu'il soit plan et en l'éclairant de façon la plus uniforme possible, de manière que la modulation latérale de cet éclaircissement ne perturbe pas trop le traitement. Compte tenu de ce que nous allons faire par la suite, de petites variations lentes de cet éclaircissement ne seront pas réhivitoires.

Cette image numérique étant réalisée avec les moyens appropriés, nous possédons un tableau de valeurs numériques que nous appellerons **matrice digitale**.

Cette matrice digitale est composée de  $N$  lignes et de  $M$  colonnes, chaque valeur d'amplitude en un point étant codée sur 8 bits si

l'image est en noir et blanc ou sur 3x8 bits, soit 24 bits, si l'image est en couleurs (voir figure 1, cf. p. 14).

Pour pouvoir utiliser les traitements sismiques sur ces données, on va les transformer en une section sismique. On change le format des données d'entrée, par exemple TIFF, en un format sismique, par exemple SEG Y en lisant les valeurs de la matrice digitale colonne par colonne et en affectant à chaque colonne un numéro et les attributs d'une trace sismique. Le pas d'échantillonnage vertical sera déclaré, par exemple, avoir la valeur de 4 ms et l'intertrace horizontal sera affecté, par exemple, de la valeur de 25 m.

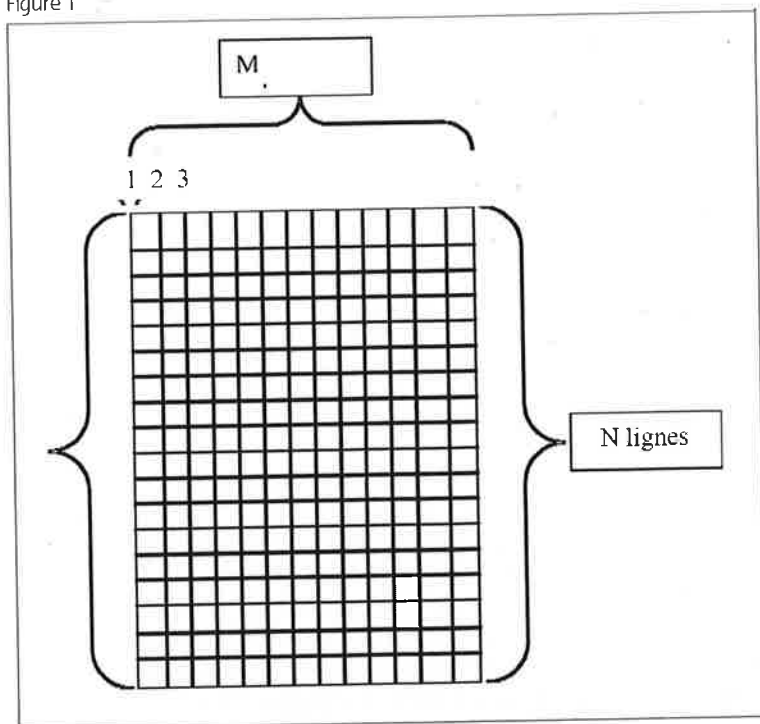
### 3. Égalisation dynamique.

Pour éliminer les crénelages dus aux différentes luminances des chevrons, nous allons utiliser un traitement sismique appelé **Égalisation dynamique**. L'algorithme de ce traitement fonctionne de la manière suivante :

On prend successivement chaque trace de la section sismique par ordre croissant. Pour cette trace, on définit une fenêtre glissante de longueur égale à un certain nombre impair d'échantillons, par exemple 101. Les fenêtres successives sont donc composées des échantillons 1 à 101 pour la fenêtre 1, 2 à 102 pour la fenêtre 2, 3 à 103 pour la fenêtre 3, etc.

Pour chaque fenêtre, on fait la somme des valeurs absolues des échantillons, puis on divise par cette valeur l'échantillon central de la fenêtre, c'est-à-dire dans notre cas l'échantillon 51. On met en mémoire cette valeur centrale pour l'utiliser dans le cas de la modulation multiplicative. Enfin on norme la première valeur de la fenêtre 1, à une valeur donnée, par exemple 1000. Cela permet d'avoir une même valeur pour tous les échantillons 51 de chaque trace et donc d'éliminer les variations latérales de valeur moyenne de trace en trace. La prise en compte des valeurs absolues permet de traiter des traces contenant des échantillons de valeurs négatives. On applique le même gain que celui de l'échantillon central de la première fenêtre, par exemple l'échantillon 51, aux échantillons précédents, par exemple ceux compris entre 1 et 50, pour égaliser le début de la trace. On fait de même pour les derniers échantillons de la dernière demi-fenêtre. →

Figure 1



- Les variations latérales dues aux chevrons vont ainsi disparaître si, et seulement si, la valeur moyenne des 101 premiers échantillons de chaque trace est stationnaire. Il ne faut donc pas qu'un petit nombre d'échantillons de chaque fenêtre perturbe cette valeur moyenne, parce que leurs valeurs sont beaucoup trop élevées ou beaucoup trop faibles par rapport à cette valeur moyenne des autres échantillons de la fenêtre. Par exemple, si l'image du tissu est perturbée par des zones brûlées, il faudra éliminer ces zones brûlées et les remplacer par une sous-fenêtre de valeur constante égale à la valeur moyenne de la fenêtre débarrassée de la dite sous-fenêtre.

Pour une trace de, par exemple, 10 000 échantillons, une fenêtre glissante de 101 échantillons représente 1 % de sa longueur. Les variations de luminosité le long de la trace qui varient lentement le long de la trace vont donc être éliminées par le traitement. Elles sont dues à la variation de blanchiment le long des fils d'une même bobine et aux variations lentes d'éclaircissement du tissu dues à l'inhomogénéité

de cet éclaircissement, difficile à réaliser de façon homogène quand le tissu est de grande taille.

Le réglage de la longueur de la fenêtre glissante dépend des fréquences spatiales du bruit que l'on veut faire disparaître et des fréquences spatiales du signal que l'on veut garder. Plusieurs essais sont nécessaires pour faire apparaître au mieux localement tel ou tel détail de l'image.

Une fois cette opération terminée, dans le cas d'une image additive, on retransforme notre section sismique en matrice digitale et on peut afficher l'image. Dans le cas d'une image à modulation multiplicative, on divise les échantillons égalisés par le produit d'un coefficient constant, à déterminer, par les valeurs de la courbe de gain mise en mémoire, puis on retransforme notre section sismique en matrice digitale et on peut afficher l'image.

Dans le cas où des variations horizontales de luminance dues à des variations d'éclaircissement ou à des défauts périodiques de l'image dues au tissu persistent, on procède de la manière suivante : on transpose la matrice digitale de  $N$  lignes et  $M$  colonnes en une nouvelle matrice digitale de  $M$  lignes et  $N$  colonnes. Ensuite on la transforme en une section sismique selon le procédé décrit ci-dessus, puis on applique une deuxième fois l'égalisation dynamique. On obtient alors une image complètement égalisée.

Si on couple l'égalisation et des déconvolutions, on peut changer de méthode pour la modulation multiplicative, comme nous le verrons plus loin.

## **4. Filtrage spatial et Déconvolution spatiale.**

On constate souvent que les détails fins de l'image qui apparaît sur le tissu sont peu visibles et on aimerait bien que ces détails apparaissent mieux. Pour cela, on va procéder à une déconvolution spatiale bidimensionnelle de la matrice digitale ou à une suite de déconvolutions unidimensionnelles pour chaque trace de la section sismique. Cela ne pourra se faire qu'après filtrage des fréquences spatiales du signal.

→

→ Les détails fins de l'image sont portés par ses hautes fréquences spatiales. Pour accroître le poids de ces hautes fréquences, il faut analyser le spectre bidimensionnel de l'image en réalisant **une transformation de Fourier (TF)** à deux dimensions. Cette TF est un signal complexe, c'est-à-dire comportant une matrice digitale représentant la partie réelle du spectre et une deuxième matrice digitale de même taille représentant la partie imaginaire du spectre. Un calcul simple permet de transformer ces deux tableaux en deux autres de même taille représentant le module et la phase spectraux. Afin de bien comprendre les différentes étapes, nous allons utiliser une image qui est celle du négatif photo de la tête du Linceul de Turin réalisée par Enrié en 1932 (voir figure 2).

Un agrandissement de la partie encadrée donne les détails de l'image (voir figure 4).

Nous allons maintenant montrer cette image après une égalisation dynamique verticale. (Voir figure 3). Le même détail que celui de la figure 2 est visualisé sur la figure 5 après égalisation.

Figure 2

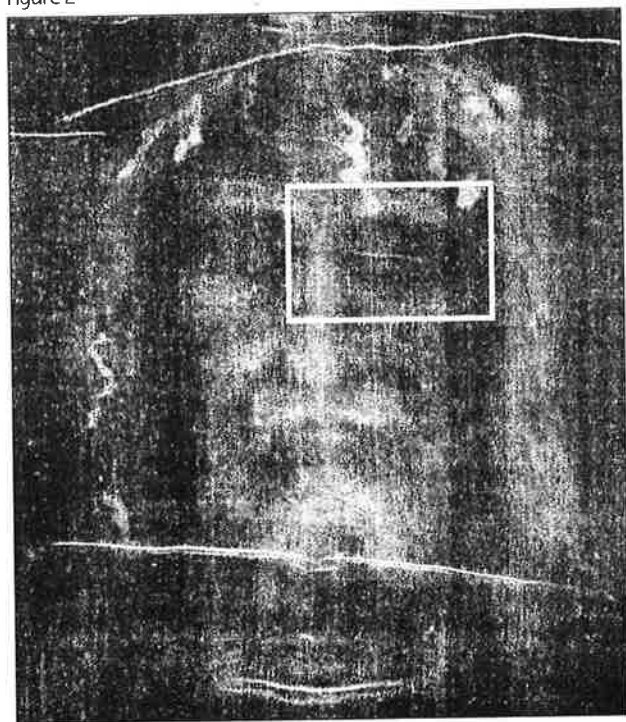


Figure 3



Figure 3 : La valeur de centrage a été ici prise moyenne. On constate que le visage a beaucoup changé d'expression. Mais ce n'est que le début du traitement.

Regardons maintenant les zooms de l'œil gauche.

Figure 4

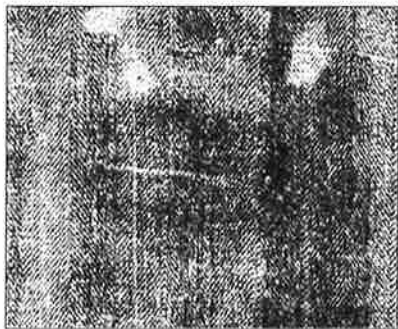
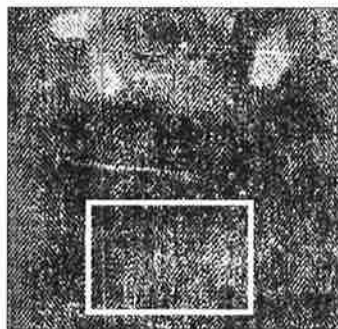


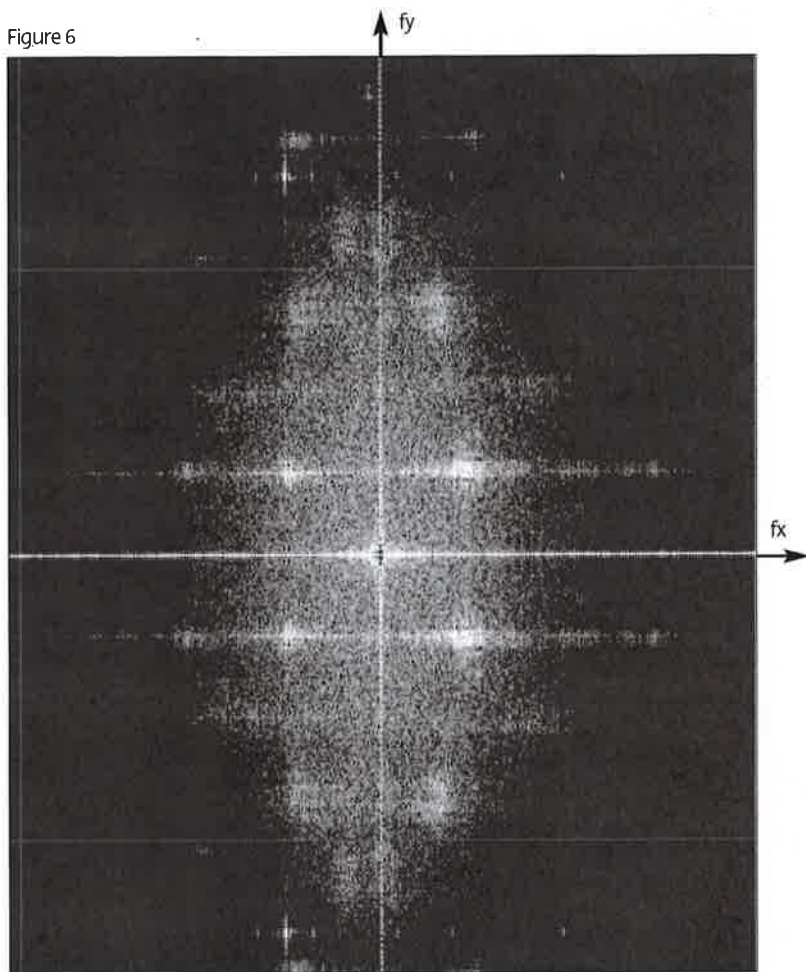
Figure 5



Sur la figure 4, nous pouvons voir les chevrons du tissu et la bande noire verticale d'un de ces chevrons trop foncée. L'égalisation a fortement atténué cette nuisance. Cela se voit sur la figure 5. →

→ Analysons maintenant le module du spectre de l'image égalisée de la figure 3. Le résultat est donné sur la figure 6.

Figure 6

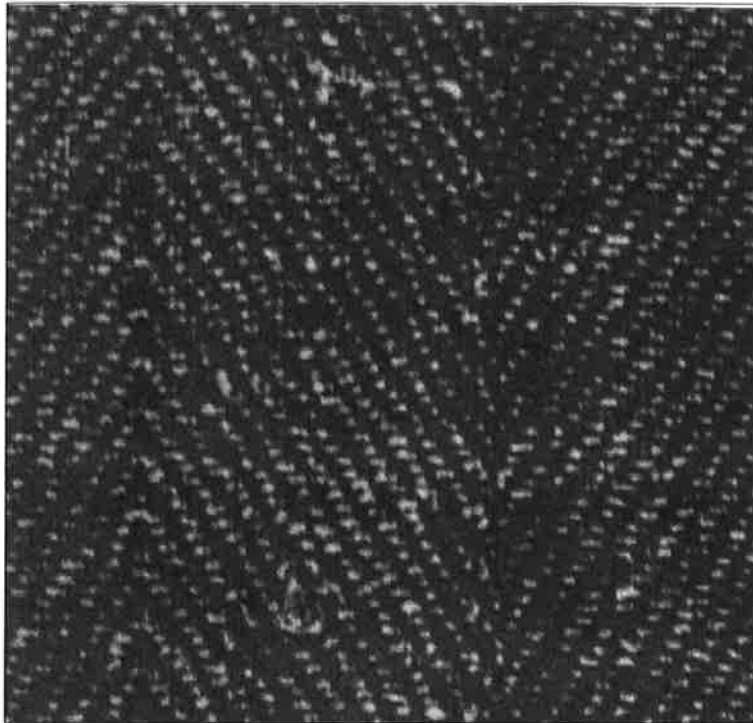


L'axe central horizontal  $f_x$  représente les fréquences spatiales horizontales de l'image. L'axe vertical  $f_y$  représente les fréquences spatiales verticales de l'image. La partie de la figure 6 au dessus de l'axe  $f_x$  représente les fréquences spatiales positives en  $y$  et la partie au dessous de cet axe les fréquences spatiales négatives en  $y$ . La partie à droite de l'axe  $f_y$  représente les fréquences spatiales positives en  $x$  et la partie à gauche de cet axe représente la partie négative des fré-

quences spatiales en  $x$ . Le signal de la figure 3 étant réel, son spectre est symétrique par rapport à l'origine des deux axes de la figure 6. Les quatre quarts de la figure 6 sont donc identiques deux par deux.

Pour analyser et mieux comprendre les détails de ce spectre, regardons la photographie d'un agrandissement d'une petite zone de la figure 5 représentée par le cadre blanc (voir figure 7).

Figure 7



On constate à cette échelle que l'image est formée de petits traits horizontaux que l'on appellera pixels. Ces pixels sont alignés sur les chevrons. Entre les lignes de pixels, nous voyons des lignes noires continues en chevrons. Leur pente est de  $55^\circ$  par rapport à l'horizontale. On trouve le facteur 1,43 entre les points horizontaux et verticaux de leur spectre. En effet,  $\tan(55^\circ) = 1,43$ . Les quatre points sommets du premier rectangle centré sur le centre et le plus proche du centre sont donc la TF des chevrons noirs. Bien entendu, ces chevrons noirs ne contiennent pas d'image de la tête, puisqu'ils sont noirs. Cependant ils ont un spectre de module fort et de phase →

→ négative. L'image de la tête est donc portée par les pixels. Chaque pixel va avoir une amplitude différente, de manière à composer les traits de la tête, comme sur les photos des journaux : on dit que l'image est « tramée ». Mais la « trame » est formée par la périodicité des petits traits blancs et non pas par celle des chevrons.

D'autre part, le spectre de l'image de la tête est convolué avec le spectre de ces petits traits horizontaux, car l'image de la tête est multipliée en amplitude par la suite de ces traits. On va donc trouver le spectre de l'image de la tête autour de chaque point de la TF de cette trame. Définissons cette TF.

Au vu de la figure 7, on constate que les petits traits horizontaux sont de taille très variables, mais que leurs périodicités horizontale et verticale sont très stables. La distance entre deux traits horizontaux est en moyenne  $7/3$  fois plus grande que la distance entre deux traits verticaux. Dans le spectre, les points périodiques représentant les centres des spectres locaux seront donc  $7/3$  fois plus éloignés verticalement qu'horizontalement. Cela fait un rapport de 2,33. Il s'agit donc des points appartenant à la deuxième ligne horizontale placée verticalement à un peu plus de deux fois la distance entre l'axe des fréquences et la ligne des spectres des chevrons.

Le signal de la figure 3 étant composé d'échantillons tous positifs, une composante continue de très forte amplitude se retrouve à l'origine des coordonnées. Cette composante continue sera convoluée également par le spectre du signal de la tête que l'on veut garder.

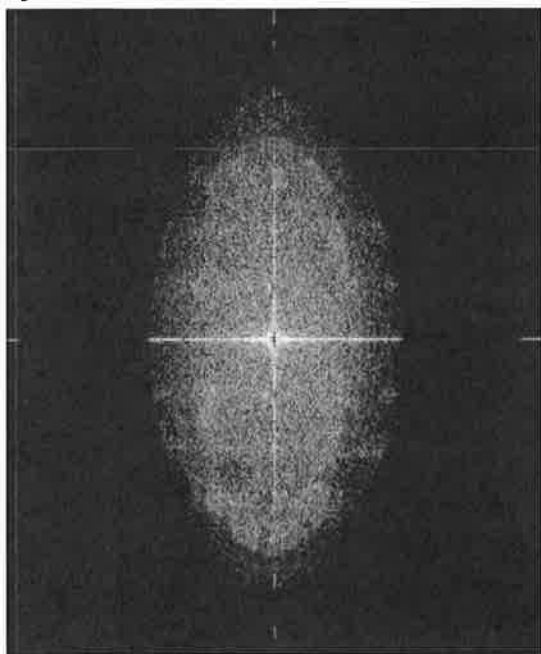
La trame, composée d'une répartition spatiale de points assez réguliers, est convoluée par le petit trait blanc élémentaire. La TF de ce petit trait blanc élémentaire serait donnée par un rectangle deux fois plus grand verticalement qu'horizontalement car on voit sur la figure 7 qu'il est en moyenne deux fois plus long horizontalement que verticalement. Cependant, il n'est pas identique partout et si on fait la statistique des formes de ces petits traits, on va tomber sur une répartition gaussienne des longueurs et des pentes. Le spectre rectangulaire du trait élémentaire sera modifié par cette répartition et il sera donc de section elliptique au lieu de section rectangulaire. C'est ce spectre qui correspond à l'ellipse que l'on voit centrée sur l'origine des coordonnées, puisque le spectre de l'image est convolué par la composante continue et qui limite le spectre principal dû à cette composante continue. En effet, comme on a une convolution sur l'objet,

on obtient un produit des spectres. Les autres ellipses de même taille centrées sur les pics de la trame et des autres points du spectre de l'image sont de beaucoup plus faible amplitude. On ne les voit pas à l'œil nu.

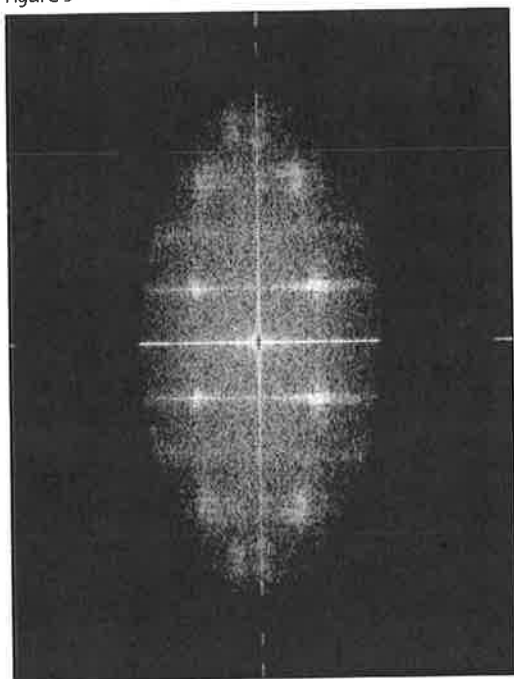
Compte tenu de l'analyse spectrale que nous venons de faire, nous pouvons maintenant nous donner des objectifs.

L'objectif le plus ambitieux consiste à essayer de garder tous les détails fins enregistrés de l'image tout en éliminant la « trame » et les chevrons de manière à percevoir une image continue avec un maximum de finesse. Pour cela il faut couper le spectre en dehors de la grande ellipse en annulant tous les échantillons du spectre en dehors de celle-ci. Ensuite, il faut éliminer du spectre les informations portées par les chevrons et la trame. Cela ne peut se faire que par une division spectrale ayant pour numérateur le spectre filtré ci-dessus défini et pour dénominateur le spectre des chevrons et de la trame convoluée par l'image. Cette division spectrale ainsi réalisée donne par TF inverse l'image de la tête déconvoluée. Voir sur la figure 8 le spectre du résultat de la déconvolution.

Figure 8



→ Figure 9



Malheureusement, l'obtention du spectre des chevrons et de la trame convoluée par l'image est quasiment impossible à obtenir de façon correcte, car on ne connaît évidemment pas le spectre de l'image que l'on cherche à obtenir. Nous allons donc être obligés de faire des approximations et par là même de réduire nos ambitions.

L'objectif le moins ambitieux consiste à filtrer les pics de la trame et des chevrons en supposant que l'image parasite convoluée par ces pics est de faible amplitude et donc négligeable. Pour cela, on annule les hautes fréquences de manière à ne garder que le spectre de la figure 9. Malheureusement, en faisant cela, nous allons créer des parasites sur l'image dus aux effets de bord des fenêtres, ce qui n'est pas notre objectif.

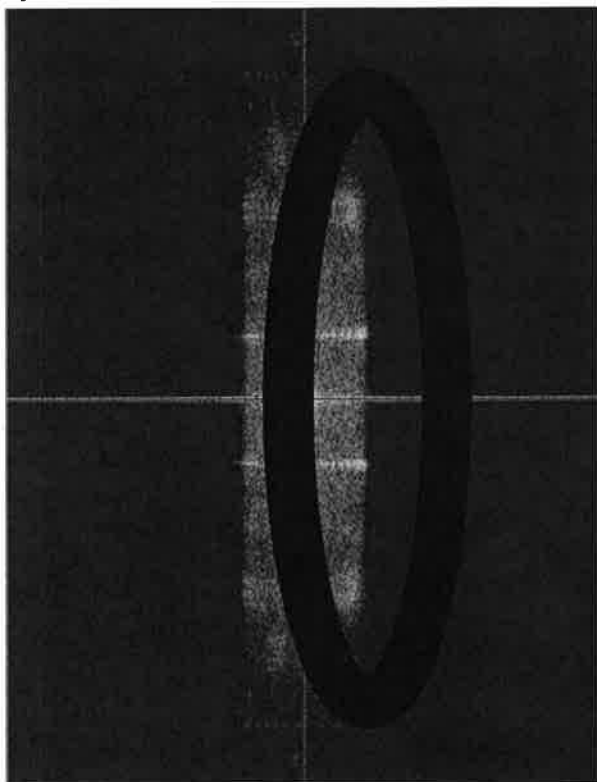
Finalement, l'objectif retenu dans un premier temps consiste à faire un compromis en filtrant de façon plus serrée que sur la figure 9 mais en ne gardant que la zone ne contenant pas les chevrons. Cela donne le spectre de la figure 10 et par TF inverse, on obtient le résultat de la figure 11. Nous pouvons comparer sur la figure 12 les résultats de

l'égalisation suivie de ce filtrage sur le détail de l'œil gauche de la **figure 4** que nous avons reproduite ici.

Pour beaucoup d'analyses de l'image, ce résultat est déjà suffisant. Pour des analyses plus fines, il faudra utiliser des déconvolutions plus compliquées, comme nous le verrons plus loin.

Avant d'aller plus loin, analysons le spectre de la **figure 10**. Ce spectre se termine vers l'extérieur par une annulation brutale en fonction porte. Cela provoque des effets de bord sur les détails de l'image, tels que de petites oscillations autour des points brillants de l'image. Il est possible de remplacer la fonction porte qui limite le spectre vers l'extérieur par une fonction pondérée, telle qu'une demi-gaussienne, ou une porte de Hamming ou de Hanning, par exemple. Cela élimine ces défauts locaux.

Figure 10



→

→ Pour obtenir l'image de la **figure 11**, nous avons appliqué une limitation de bord en demi-gaussienne.

Analysons finement les détails de l'image de la **figure 11**.

Figure 11



Tout d'abord, nous voyons en haut et à gauche de cette image une variation horizontale brutale de luminance limitée par une droite verticale qui passe par le bord droit de la tache de sang située au-dessous de cette limite dans les cheveux. Cela est dû au fait que la fenêtre d'égalisation ayant une dimension égale au triple de la longueur de la droite verticale allant du haut de la figure jusqu'au sommet de la tache de sang des cheveux, la correction d'amplitude due à l'égalisation pour la première demie fenêtre sera erronée, puisque nous appliquons la même valeur pour tous les échantillons

de cette première demi-fenêtre. La seule façon d'éliminer ce type de défauts est de prendre à l'origine une image de plus grand champ dont les bords sont plus loin de la tête. Ainsi cet effet de bord disparaît.

On constate que les effets positifs de l'égalisation ne sont pas perdus lorsqu'on filtre les hautes fréquences spatiales. On peut également dire que globalement l'image est moins bruitée. Cela est dû au fait qu'il y a plus de bruit sur les hautes fréquences que sur les basses fréquences de l'image. Quand on filtre les hautes fréquences, on améliore donc le rapport signal/bruit. Mais cela se fait au détriment des détails fins de l'image qui sont portés exclusivement par les hautes fréquences spatiales.

Figure 4

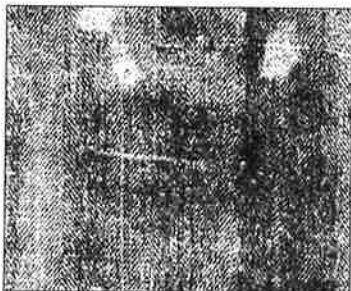


Figure 12



Si l'on compare les détails des figures 4 et 12, on constate dans un premier temps que la trame de la figure 4 a bien disparu comme prévu sur la figure 12. Les effets positifs de l'égalisation sont bien conservés et la perception optique fournie par le cerveau humain est bien meilleure. Cependant, les détails fins semblent plus flous sur la figure 12 que sur la figure 4. Nous allons donc procéder à d'autres déconvolutions pour essayer de les récupérer.

La première déconvolution que nous avons utilisée et que nous appellerons **Décon 1**, consiste à modifier l'amplitude du module du spectre de manière à accroître l'importance des détails fins sans modifier la fréquence maximale spectrale déjà déterminée. Certains auteurs ont préconisé pour ce faire de multiplier l'amplitude spectrale par une courbe de gain croissante des basses vers les hautes fréquences, cette courbe retombant à zéro à la fréquence maximale. →

- Cette méthode donne des résultats peu convaincants et elle n'élimine pas les artefacts dus aux pics de forte amplitude dans le spectre. Nous l'avons donc abandonnée.

La deuxième déconvolution que nous utilisons ici et que nous appellerons **Décon 2**, consiste à atténuer la dynamique du spectre en élevant chaque échantillon du module spectral à une puissance inférieure à 1. Par exemple, si nous prenons la puissance  $1/2$ , et que les échantillons spectraux avaient pour valeur 1 et 100, ils deviennent 1 et 10. La dynamique spectrale passe de 100 à 10. On aplatit ainsi le spectre ce qui provoque de façon implicite une augmentation des hautes fréquences par rapport aux basses fréquences. On peut aussi prendre le logarithme des échantillons à la place d'une puissance.

Figure 13



Cette déconvolution donne les résultats représentés sur la figure 13. On peut également comparer les résultats avec et sans

## déconvolution sur les agrandissements des figures 12 et 14

Figure 12

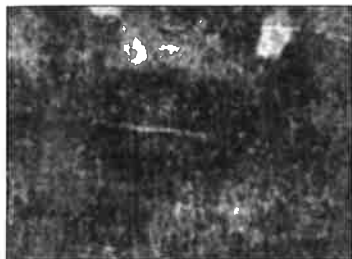


Figure 14



On constate un accroissement de la perception des détails fins : les taches de sang sont moins floues et les traits plus nets. Par contre le rapport signal/bruit est un peu moins bon.

La troisième déconvolution, appelée ici **Décon 3**, consiste à essayer maintenant d'accroître la bande passante du signal image. Pour cela, il va falloir agrandir l'ellipse de la **figure 10** pour la remplacer par celle de la **figure 8**. Cela veut dire que les pics de la trame et des chevrons vont réapparaître sur le spectre de fréquences spatiales de l'image. Pour les atténuer, on a mis au point une procédure qui consiste tout d'abord à diviser le module spectral par sa valeur maximale de manière à le normer entre 0 et 1 et ensuite à modifier le module du spectre en le multipliant par un polynôme dont l'équation est donnée ici :

Si  $A$  est l'amplitude de l'échantillon du module du spectre à traiter, l'amplitude modifiée  $AA$  aura pour valeur :

$$AA = [(1-A)^p * (1 - (1-A)^p)], 0 < A < 1$$

Dans cette équation,  $p$  est un paramètre de valeur positive qui sert d'exposant. Sa valeur dépend du seuil que l'on veut donner aux échantillons à ramener à zéro. Pour des pics de grande amplitude relative, la valeur de  $p$  peut varier de 3 à 10 ou même 30. Voici sur la figure 15 la courbe de gain pour  $p = 6$ .

Selon l'axe des  $x$ , on a les valeurs de l'échantillon spectral  $A$ . Pour de faibles valeurs, de l'ordre de 10 %, les valeurs de sorties  $AA$ , visibles sur l'axe des  $y$ , restent quasi proportionnelles à celles d'entrée. Elles sont simplement multipliées →

→

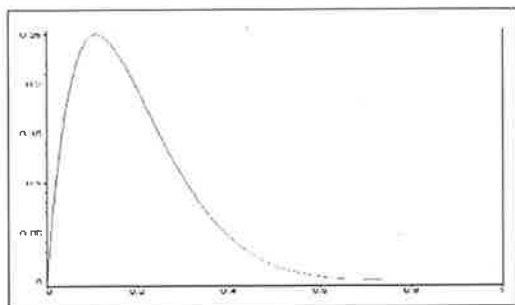


Figure 15

ensuite par une constante. Pour des valeurs moyennes, on a une atténuation des amplitudes avec une distorsion. Pour les valeurs de  $A$  de plus de 60 %, la valeur de sortie de AA sera nulle. Grâce à ce stratagème, les pics du spectre de forte amplitude sont éteints sans qu'il soit besoin d'en connaître la position. On peut voir sur la **figure 16** le résultat de cette déconvolution Décon 3.

Figure 16



On peut voir sur la figure 16 deux défauts. Premièrement, on a perdu les très basses fréquences de l'image. Cela est dû au fait que le traitement **Déconv3** a été appliqué sur le spectre de la figure 13. Or, son pic le plus fort est la composante continue et son voisinage. Sans sauvegarder cette partie du spectre, on perd l'aspect volumique de l'image (voir plus loin).

Deuxièmement, on constate sur la figure 16 une surmodulation en bandes verticales liée aux chevrons. On en conclut que la façon dont l'image est écrite sur le Linceul de Turin est faiblement multiplicative. Il va donc falloir soit utiliser la procédure de compensation définie plus haut, soit appliquer une nouvelle égalisation sur le résultat de la figure 16.

## 5. Application de la déconvolution 3 par découpage du spectre.

Pour résoudre le premier problème de la figure 16, nous repartons de la figure 3 avec l'image égalisée et nous allons couper son spectre en deux parties. Dans un premier fichier, nous allons mettre la partie du spectre au voisinage de la composante continue et dans un second fichier, le reste du spectre (voir figures 17 et 18 pour les fréquences positives en  $y$ ).

Figure 17

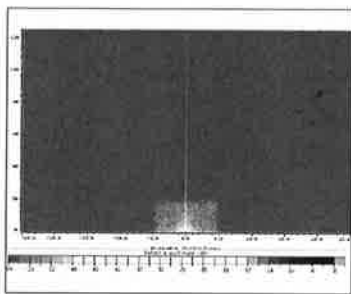
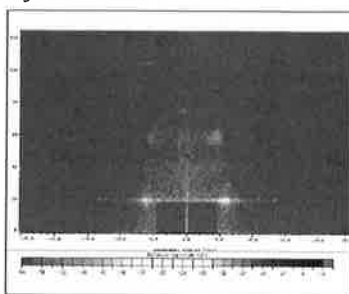


Figure 18



L'échelle des couleurs est en dB. Elle varie de gauche à droite de  $-60$  dB à  $-2$  dB.

Figure 19

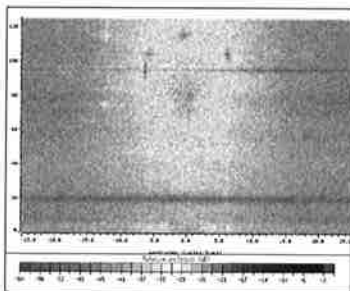
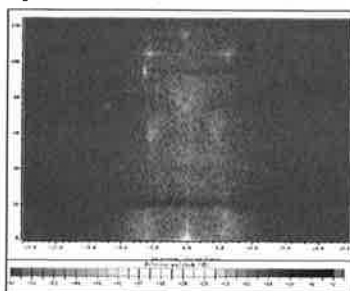


Figure 20



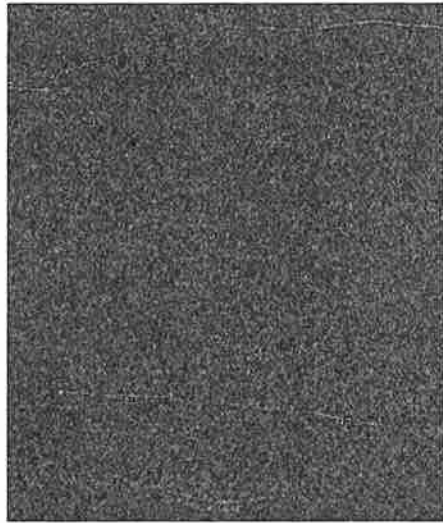
- Ensuite, nous appliquons la déconvolution 3 sur le spectre de la **figure 18**. Cela donne le spectre de la **figure 19** qui, comme on peut le voir, a perdu ses pics de forte amplitude. Il y a également une augmentation de l'amplitude des fréquences élevées correspondant aux détails fins par rapport aux fréquences plus basses. Enfin, on somme de façon pondérée les deux spectres des **figures 17** et **19** pour obtenir le spectre définitif de la **figure 20**. Ici, on a réalisé la somme du spectre de la **figure 17** avec 0,30 fois le spectre de la **figure 19**. Le résultat final de la **figure 23** n'est pas la TF du spectre de la **figure 20**, mais presque, car entre temps, pour annuler le deuxième effet négatif de la **figure 16**, à savoir les bandes verticales, nous avons fait la TF du spectre de la **figure 18**, puis nous avons réalisé une égalisation dynamique du résultat et enfin une nouvelle TF dont le spectre d'amplitude ressemble à celui de la **figure 19**. Ensuite, on a fait la somme des spectres de la **figure 19** modifiée avec celui de la **figure 17**.

Afin d'illustrer les étapes intermédiaires, nous montrons sur la **figure 21** la TF du spectre de la **figure 17**, avec ses basses fréquences spatiales et ses linéaments en forme d'ellipses de grand axe vertical, sur laquelle on voit bien l'image, mais en flou.

Figure 21



Figure 22



Nous montrons également sur la **figure 22** la TF du spectre de la **figure 19** modifiée par l'égalisation. On peut y voir des hautes fréquences qui ressemblent à une fonction aléatoire, comme un bruit blanc, avec des détails apparents de l'image tels que les plis. Cet

aspect de bruit blanc réside dans le fait que l'information des détails fins de l'image est portée par le spectre de phase, que nous ne pouvons montrer. Il est clair que ces détails fins vont apporter les nouvelles informations que nous voyons sur la figure 23. Bien sûr, cela se fera au détriment du rapport signal/bruit de l'image finale.

Figure 23



L'efficacité et le côté spectaculaire de ce type de traitement dépend bien évidemment de la quantité d'informations en hautes fréquences qui ont été enregistrées sur la photographie d'origine. Nous avons constaté qu'elle dépend également de la dynamique en niveaux de gris ou de couleurs de cette photographie.

Nous pouvons également dire que la qualité du résultat final dépend du choix de la limite relative du spectre de la partie basse fréquence au spectre de la partie haute fréquence qui existe entre les figure 17 et 18. Cette limite doit être trouvée au moyen de plusieurs essais, car elle dépend de la répartition des fréquences spatiales de l'objet photographié. →

## TRAITEMENTS DE SISMIQUE

- Enfin, les figures 14 et 24 reproduites ci-dessus donnent les résultats sur l'agrandissement du même détail, l'une pour la figure 13 et l'autre pour la figure 23. Selon ce que l'on désire montrer au public, ce sera l'une ou l'autre qui sera considérée comme la meilleure. Certains détails fins n'apparaissent pas de la même manière sur ces deux figures et leur perception peut être considérablement modifiée si on change la limite entre les basses et les hautes fréquences.

Figure 14

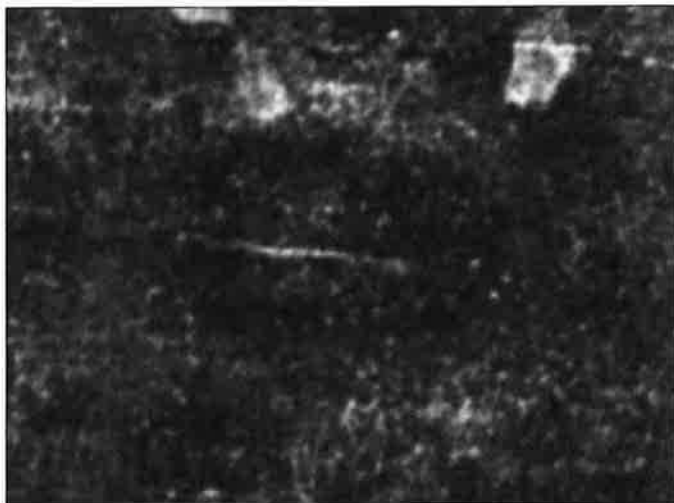


Figure 24



## 6. Conclusion

Nous venons de montrer que nous avons pu améliorer considérablement la qualité de l'image du Linceul de Turin qui avait été prise par Enrie en 1932. Cependant, nous avons été obligés de reprendre en photo un tirage papier pour débiter l'étude. Il est évident que si nous étions partis des clichés originaux, la partie haute fréquences, et la plus grande dynamique en niveaux de gris, contiendrait une beaucoup plus grande quantité d'informations que l'on pourrait livrer aujourd'hui au public. Il en est de même pour les images de Durante faites en 2000 et 2002 dont nous publierons prochainement les études scientifiques.

Nous espérons que ces données de base détenues par l'Archidiocèse de Turin, seront bientôt disponibles dans le monde entier afin de permettre aux chercheurs scientifiques d'améliorer la connaissance du Linceul de Turin, véritable document archéologique, donc scientifique, dont la richesse n'a d'égale que la beauté de l'image qu'il recèle. ●

... sur la **BBC**



## Le Linceul de Turin : **Vers un reprise du dialogue**

ANALYSE RÉALISÉE PAR  
Olivier Pourrat

### **Compte rendu du programme récent de la BBC 2**

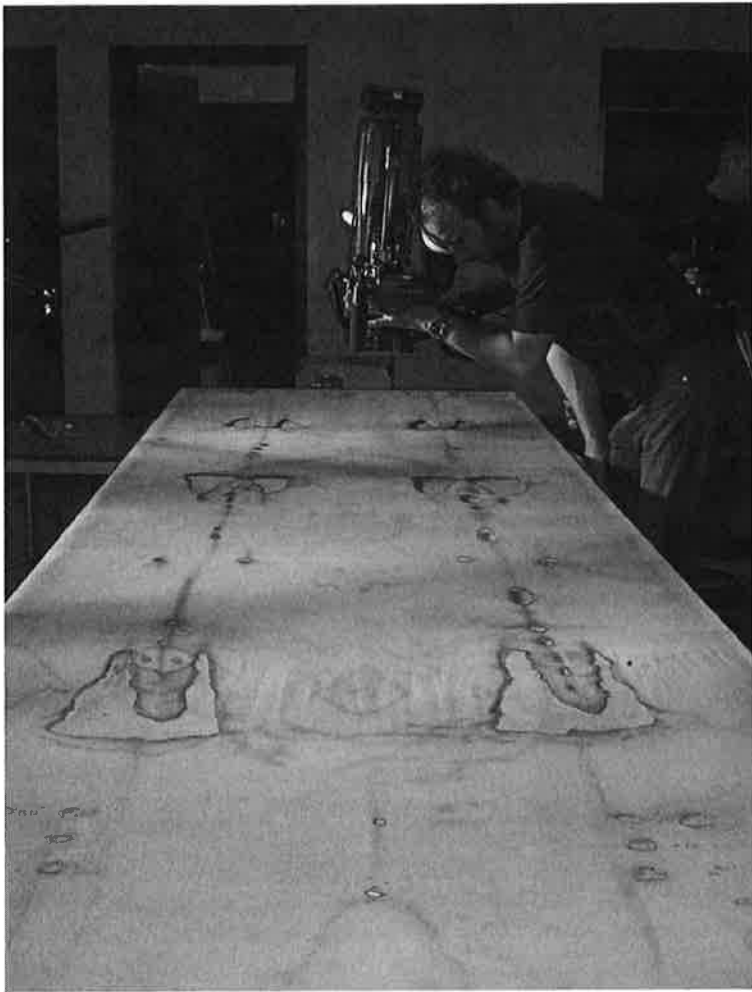
*Shroud of Turin* est un film réalisé par David W. Rolfe qui avait déjà réalisé il y a une trentaine d'années *The Silent Witness*. Ce programme a été diffusé par la BBC 2 le 22 mars dernier.

Il s'agit d'un documentaire de 63 minutes étudiant le problème de la datation du Linceul de Turin (LDT) au travers de divers reportages sous la forme d'une documentation vidéo en haute définition d'une part, et d'interviews de spécialistes du LDT d'autre part, tout particulièrement John Jackson mais également Christopher Bronk Ramsey du laboratoire d'Oxford qui avait participé à la datation par le carbone 14 (C14) en 1988 et était l'un des

21 auteurs de l'article paru sur Nature en 1999.

Ce documentaire est d'une excellente qualité technique, soulevant les questions classiques de datation du LDT et présenté par Rageh Ommar. Il fait le point des principaux résultats présentés depuis une vingtaine d'années dans les divers congrès, notamment ceux organisés par le CIELT en 1989, 1993, 1997 et 2002 et présente les dernières hypothèses de travail de John Jackson.

Le film commence par un reportage à la Cathédrale de Turin : les diverses images du LDT sont détaillées avec une photographie de très grande



qualité, en haute définition. Il est précisé que les taches « sanguines » ne sont pas secondaires à une peinture. Les deux particularités de l'image « corporelle » sont illustrées : le caractère de négatif photographique et la tridimensionnalité. Les résultats de

la datation au C14 pratiquée en 1988 et publiés en 1989 sont rappelés : 1260 – 1390. À partir de ce résultat bien connu est soulevée la problématique posée par l'existence des preuves suggérant que le LDT est plus ancien que cette datation médiévale. →

→ C'est d'abord le problème posé par l'illustration du Codex Pray qui est énoncé et illustré par Madame Mechthild Flury-Lemberg, Conservateur (Musée) du textile : la présence sur le *Codex Pray* de trous en équerre, situés exactement à l'endroit où on les voit sur le LDT, permet d'affirmer que l'artiste ayant réalisé cette illustration avait nécessairement vu le LDT. Il en est de même pour la position des mains en position croisée sur le bas ventre, l'absence des pouces ainsi que le dessin particulier de la trame du tissu en arête de poisson. Or le *Codex Pray* est daté avec certitude de 1196, soit environ un siècle avant la date radiocarbone.

La présence du LDT à Constantinople en 1204 est affirmée par le témoignage de Robert De Clari. Alexei Lidov du *Centre d'Art Chrétien de Moscou* précise le contenu du manuscrit et illustre la façon dont le Linceul pouvait être dévoilé aux fidèles chaque vendredi par les byzantins, dont le goût pour la création d'une liturgie théâtrale et spectaculaire est bien connu.

La disparition du Linceul en 1204 a été suivie par l'apparition d'une représentation particulière du Christ sous la forme de « l'Homme des Douleurs » : un modèle iconographique

caractérisé par l'aspect du visage, de multiples blessures, les mains croisées, et se dressant verticalement hors du tombeau. Alexei Lidov interprète cette représentation classique de « l'homme des Douleurs » comme une sorte de compensation à la perte du Linceul par les byzantins et un témoignage de sa présence antérieure à Constantinople.

La question d'une origine commune du LDT et du Suaire d'Oviedo est ensuite soulevée par Mark GUSCIN. La conformité topographique des images sanguines et l'identité du groupe sanguin (AB) sur les deux tissus amène à envisager que le sang provienne du même homme. Or le Suaire d'Oviedo remonte à l'Antiquité comme cela est bien établi sur le plan historique; une datation par le C14 l'a d'ailleurs (l'aurait de façon contestable) attribué au 8<sup>e</sup> siècle (autour de l'an 700 +/- 100). Il est ensuite rappelé que l'évangile de Jean rapporte l'existence de linges au moment de l'enterrement du Christ, retrouvé le jour de Pâques (seul Matthieu note un Sindon). Les particularités liant le LDT à l'Antiquité juive (tissu de lin sans laine, dimensions particulières sous la forme de 8 unités de « cubits » (coudées) en longueur et 2 en largeur) et romaine (*flagrum, lancea*, témoignage archéologique du crucifié de

Giv'at ha-Mivtar). La première partie de ce film se termine en énonçant que personne ne sait donc au total comment l'image du LDT s'est formée et en résumant qu'il existe de multiples preuves que le LDT est plus ancien que la date indiquée par le résultat du C 14, c'est à dire qu'on devrait faire remonter la datation au 12<sup>e</sup> siècle voire au 7<sup>e</sup> siècle, et plus probablement au 1<sup>er</sup> siècle après J.-C.

La deuxième partie du documentaire aborde le problème de l'incohérence entre ces indices d'une origine très ancienne possible du LDT et la datation médiévale par le C 14. John Jackson expose son hypothèse actuelle de travail: le «rajeunissement» du tissu du LDT pourrait être dû, selon lui, à une contamination par du monoxyde de carbone (CO). La connaissance que l'on a des échanges entre le carbone des plantes et l'air a évolué au cours des vingt dernières années: le carbone pourrait rester dans l'atmosphère, sous forme de CO, pendant les deux mois faisant suite à son émission par les plantes; une contamination de 2 % par du CO pourrait selon Jackson expliquer un rajeunissement de 14 siècles. Des échantillons de tissu de lin moderne chauffé ont été confiés à Christopher Ramsey, le nouveau directeur du Laboratoire de datation par le C14 d'Oxford, qui

a exprimé son souhait de collaborer avec les scientifiques cherchant à élucider le mystère de cette incompatibilité de datation. Ramsey précise que jusqu'à présent il n'a constaté aucune preuve que le CO puisse interférer avec le tissu de lin. Il exprime l'idée que la question est de savoir s'il existe quelque chose de très particulier au LDT lui-même et aux conditions dans lesquelles il a été conservé, mais qu'il existe en tout cas un conflit d'interprétation des diverses preuves tenant trait **aux différentes approches scientifiques.** Il appelle les scientifiques impliqués dans toutes ces diverses méthodes d'analyse à collaborer sur ce sujet mystérieux.

Au total, ce film est un excellent documentaire, de bonne tenue technique, représentant un essai honnête de synthèse scientifique pour le Grand Public. Les spécialistes de Sindonologie n'y trouveront pas de «scoop», mais regarderont avec plaisir et intérêt ce reportage qui pose de vraies questions concernant le LDT. Enfin, ce document ouvre une perspective optimiste vers de nouvelles investigations, qui pourraient être menées de façon collaborative par les divers membres de la Communauté Scientifique. ●

Olivier Pourrat  
Directeur du Conseil  
Scientifique du CIELT



Les anciens numéros de cette revue sont encore disponibles. Leur contenu est toujours d'actualité. Complétez votre documentation sur le Linceul de Turin et soutenez l'action du CIELT. Prix promotionnel : 3 numéros de la RILT pour 15 euros franco.

**Merci de commander au moyen du bulletin d'abonnement.**

#### PRINCIPAUX ARTICLES DE CHAQUE NUMÉRO :

- N° 1** Les copies du Linceul • L'image de l'ombilic • Hoseph d'Arimathie, le saint Graal et l'icône d'Edesse
- N° 2** Des monnaies sur les yeux • Le Linceul, le Graal et la Champagne
- N° 3** La recherche d'écritures sur le Linceul • Pour en finir avec les thèses de MM. Ivanov et Kouznetsov sur le «rajeunissement» du carbone 14 du Linceul après l'incendie de 1532
- N° 4** Le Suaire d'Oviédo
- N° 5** III<sup>e</sup> symposium international (Nice 1997) • L'incendie de Turin d'avril 1997 • Le Suaire d'Oviédo n'est pas le soudarion johannique
- N° 6** Principes et règles de l'expertise: application au Linceul • La conservation du Linceul • Le Linceul de Turin et l'Évangile de saint Jean • Le Cardinal Ballestero remet en cause les expériences au carbone 14 de 1988
- N° 7** L'occultation du 21 avril 1902 à l'Académie de sciences • Le Suaire de Cahors ou « Sainte coiffe »
- N° 8-9** Les origines du CIELT • Saint Jean et le Linceul • Quelques hypothèses sur les causes de la mort de Jésus en Croix
- N° 10** Les thèses de MM. Ivanov et Kouznetsov rebondissent • Du Linceul de Turin à la tunique d'Argenteuil
- N° 11** Congrès de Turin (juin 1998) • À propos de l'absence des pouces sur l'image du Crucifié du Linceul • L'image du Messie et le bienheureux Daniel de Galash à Edesse • L'umbrella du pape Jean VII et le Suaire
- N° 12** Débat: les traces d'écriture sur le Linceul, mirage ou réalité? • Réflexions à propos des « fantômes d'écriture » • Réponse à Robert Badinter • Robert de Clari
- N° 13** De nouvelles preuves pour le Suaire de Jésus • Congrès à Rome sur les reliques du Christ (mai 1999) • Examen de l'envers du Linceul • L'incendie de 1532 et le carbone 14
- N° 14** Jésus a-t-il signé le Linceul de son nom? • Le voyage de Geoffroy de Charny à Smyrne
- N° 15-16** Les découvertes du <sup>xx</sup>e siècle (réunion publique Paris mai 1999) • Les dimensions du Linceul • Site internet • L'échantillon du Sindon de Constantinople conservé à Tolède? • Le témoignage des Clarisses de Chambéry en 1534 • Apostolat en Chine avec le Saint Suaire • À propos de la formation de l'image sur le Linceul • Les effets de la carboxylation sur la datation
- N° 17** Symposium de Turin (mars 2000) • Témoin pour l'an 2000: le Linceul de Turin (réunion publique Paris mai 1999) • La passage du Saint Suaire au château de Montfort: un témoignage antique sur le Linceul: le chrétien Zachée • Fides et Ratio • Jésus a-t-il signé le Linceul de son nom? (réponse) • Dossier: déchiffrera-t-on l'empreinte génétique de l'homme du Suaire? • L'analyse génétique des taches de sang du Linceul
- N° 18** Dossier: l'analyse physico-chimique • Les ostensions du Linceul dans l'histoire (réunion publique mai 1999)
- N° 19** Dossier médical: les causes de la mort • Découvertes photographiques sur le Linceul • L'ostension de Pie VII
- N° 20** Le Saint Sépulcre de Jérusalem • Le Grand Khan et le Linceul • Dossier médical suite et fin • Auguste Coutin sculpteur du Christ
- N° 21** Le trésor de Saint-Marc de Venise • L'échantillon de Tolède (suite) • Dossier: Nature des images corporelles
- N° 22** La taille du Linceul • La blessure du poignet: nouvelle analyse photographique • Datation du Linceul
- N° 23** Les larmes au coin de l'œil droit • Histoire du Linceul jusqu'à environ 1350 • À propos des reliques de la Passion à la Sainte-Chapelle
- N° 24** 4<sup>e</sup> symposium scientifique du CIELT • Le Méreau de Cluny • Le mystère de l'image
- N° 25** Le Codex Pray • Linceul 2002, la nouvelle image
- N° 26** La restauration de 2002 • Dossier « Soudarion » • Symposium Paris 2002 • La Passion de Mel Gibson
- N° 27** Le Saint Suaire: l'actualité de ces trois dernières années • Réponse à *Science et Vie*
- N° 28** Nouvelles argumentations sur le C 14
- N° 29** Ulysse Chevalier: une « icône » qu'on abat!
- N° 30** À Dieu pour deux amis • Nouvelle interprétation de l'image du Linceul

# Revue Internationale du Linceul de Turin

## BULLETIN D'ABONNEMENT

à adresser avec votre règlement à C.I.E.L.T. 50, avenue des Ternes 75017 Paris

### B U L L E T I N D ' A B O N N E M E N T

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Je m'abonne à partir du prochain numéro – soit quatre numéros :

(32, 33, 34, 35) – soit la somme de : 30 €

Abonnement de soutien : 45 €

Je désire recevoir les anciens numéros suivants

(7,50 € par numéro, 15 € les trois)

N°1 /  N°2 /  N°3 /  N°4 /  N°5 /  N°6 /  N°7 /  N°8 /  N°9 /  N°10

N°11 /  N°12 /  N°13 /  N°14 /  N°15 /  N°16 /  N°17 /  N°18 /  N°19

N°20 /  N°21 /  N°22 /  N°23 /  N°24 /  N°25 /  N°26 /  N°27 /  N°28 /  N°29

N°30

Je désire recevoir les Actes du symposium scientifique du CIELT de Nice

1997 (42 € franco)

Je verse un don de \_\_\_\_\_ € (reçu fiscal à partir de 10 €)

Conformément à la loi Informatique et Liberté, vous disposez d'un droit d'accès aux données personnelles vous concernant.

Le règlement se fait par chèque bancaire ou postal, à l'ordre du C.I.E.L.T.

Pour les abonnements émanant de non résidents en France, prière de régler par chèque bancaire en euros tiré sur une banque établie en France, ou par mandat postal international, ou par virement au compte suivant :

CIELT N°30004 01385 00007952977 02 BNP Agence Niel-Demours,

31, rue Pierre Demours F-75017 Paris

IBAN FR 76 3000 4013 8500 0079 5297 702

BIC BNP AFRPPPTE

# Revue Internationale du Linceul de Turin

## Subscription form

à adresser avec votre règlement à C.I.E.L.T. 50, avenue des Ternes 75017 Paris

### S U B S C R I P T I O N F O R M

Name: \_\_\_\_\_

Christian Name: \_\_\_\_\_

Adresse: \_\_\_\_\_

Post code: \_\_\_\_\_ City: \_\_\_\_\_

I enclose payment of the subscription fee starting from the next RILT issue,  
# 32-33-34-35, i.e. a total of: 35 € (hors UE and Swiss)

Support: 45 €

I would like to receive issues (7,50 euros by issue, 15 euros postage included  
for three issues)

- N°1 /  N°2 /  N°3 /  N°4 /  N°5 /  N°6 /  N°7 /  N°8 /  N°9 /  N°10  
 N°11 /  N°12 /  N°13 /  N°14 /  N°15 /  N°16 /  N°17 /  N°18 /  N°19  
 N°20 /  N°21 /  N°22 /  N°23 /  N°24 /  N°25 /  N°26 /  N°27 /  N°28 /  N°29  
 N°30

I would like to receive the Actes du symposium du CIELT de Nice 1997  
(42 € franco)

NB: payment by cheque made payable to the CIELT - For subscription from persons not  
living in France, please pay by cheque in euros drawn from a bank established in France,  
or by international postal order, or by making a transfer to the CIELT account number:

CIELT N°30004 01385 00007952977 02 BNP Agence Niel-Demours,  
31, rue Pierre Demours F-75017 Paris  
IBAN FR 76 3000 4013 8500 0079 5297 702  
BIC BNP AFRPPPTE





La barbe du Christ était-elle naturellement bifide, ou a-t-elle été arrachée ?

(cf. ci-dessous Primitifs flamands du XVII<sup>e</sup> siècle.)





Jan Van Eyck