De l'aspect tridimensionnel comparé du Linceul de Turin et des faux suaires réalisés expérimentalement.

Auteur: Christophe Mignot (ingénieur en sciences physiques, spécialiste du traitement d'image et analyse tridimensionnelle)

Date : 22 Août 2005

Introduction

Que le Linceul de Turin date du début de notre ère ou du XIIIème siècle, l'image du Linceul présente en tout état de cause deux aspects exceptionnels pour son époque :

- C'est un négatif
- C'est une image tridimensionnelle

L'aspect négatif est évident, et l'aspect tridimensionnel a été établi par la NASA depuis plusieurs décennies, grâce au logiciel VP8 de sa conception.

Aujourd'hui, certaines expériences récentes ont montré qu'on pouvait créer sur du tissu une image similaire à celle du Linceul, sans utiliser de procédé de dessin ni de peinture, et en utilisant uniquement des outils et des méthodes à disposition de nos semblables du XIIIème siècle. On peut citer notamment :

- N.D. Wilson et David Beauchamp (www.shadowshroud.com)
- Science et Vie et le Dr di Costanzo, du CHU de Marseille. (Science et Vie numéro 1054 de Juillet 2005)

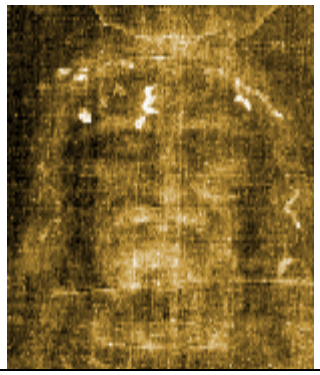


Image du Linceul de Turin	*Image réalisée par l'effet du soleil à travers une vitre sur laquelle un visage avait été préalablement peint.*	*Image réalisée par frottement d'un tampon imprégné de pigments sur un linge déposé sur un bas-relief.*

Ces derniers revendiquent notamment un aspect tridimensionnel de leurs créations.

Qu'entend-on exactement par "tridimensionnel" ?

Ces faux linceuls sont ils de vrais 3D ?

Qu'est-ce qu'une image tridimensionnelle ?

Définition

Une image d'un objet est dite tridimensionnelle si la couleur de l'image est une représentation directe de la profondeur de la surface de l'objet.

Le plus souvent cette couleur est un niveau de gris, l'image allant du noir (parties les plus profondes de l'objet) au blanc (parties les plus hautes de l'objet).

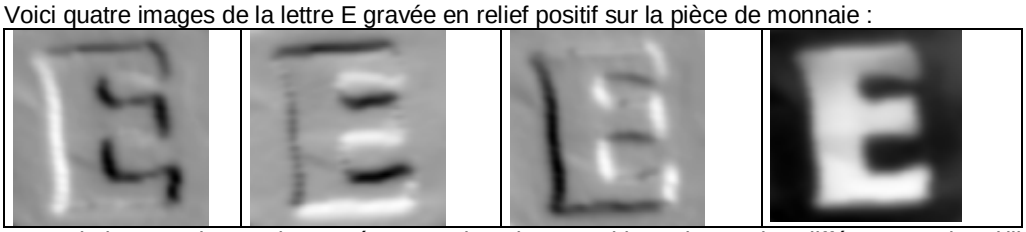
Exemple

Supposons que nous disposons d'un objet en relief. Par exemple une pièce de monnaie américaine "one dime", où l'inscription est en relief positif sur le fond.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Image tridimensionnelle "positive"	*Visualisation 3D en image de synthèse correspondante*	*Image tridimensionnelle "négative" : La surface apparaît comme translucide et éclairée par l'arrière.*

Voici quatre images de la lettre E gravée en relief positif sur la pièce de monnaie :

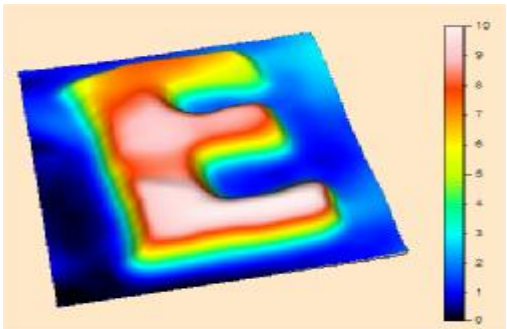
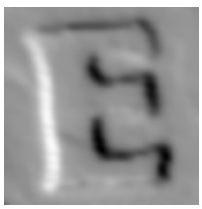
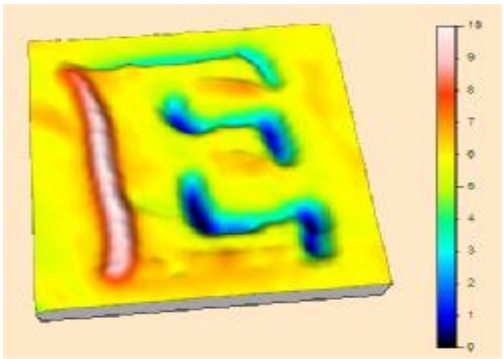


Les trois images de gauche représentent des photographies prises selon différents angles d'illumination : dans ces trois images, le niveau de gris ne représente que le jeu des ombres et des lumières sur l'objet, mais il n'est pas directement proportionnel à l'altitude : le bord gauche du E peut apparaître blanc, gris ou noir selon l'angle d'éclairage.

Une photographie en noir et blanc simple ne peut donc pas être une image tridimensionnelle, car la couleur ne dépend pas seulement de la profondeur, mais de l'angle des facettes de l'objet par rapport à la position des sources de lumière.

Dans l'exemple ci-dessus, seule la quatrième image est véritablement tridimensionnelle : la partie claire représente la partie haute (Lettre en surépaisseur) et la partie foncée une zone d'altitude moins élevée (fond de la pièce de monnaie).

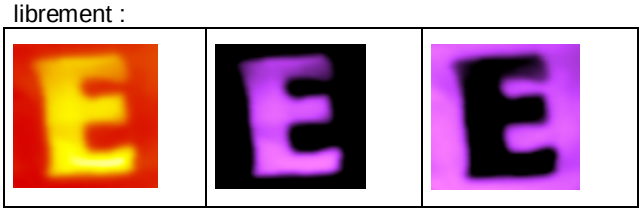
En voici la preuve : Nous avons interprété arbitrairement le niveau de gris comme un relief pour construire une représentation en 3D en image de synthèse : la première image donne un résultat aberrant, seule la quatrième image restitue correctement le relief gravé.

		*La forme 3D construite à partir de l'image tridimensionnelle est correcte.* *(Elle est ici représentée volontairement avec une échelle de "fausses couleurs" similaire à celle utilisée en géographie : les couleurs de l'arc en ciel, avec du noir en bas et du blanc en haut pour renforcer l'impression de relief. C'est une échelle d'altitudes utilisée couramment en mesure de micro-topographie).*
		*L'image issue d'une simple photographie est incorrecte. Elle interprète le bord gauche du E, qui brille, comme une crête, et l'ombre à droite comme un creux, ce qui est faux d'un point de vue topographique.*

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Qu'est-ce qu'une image tridimensionnelle négative ?

Pour qu'une image soit tridimensionnelle, il suffit qu'elle utilise un dégradé entre deux couleurs dépendant directement de l'altitude, mais les deux couleurs correspondant aux extrémités basse et haute de l'altitude peuvent être choisies librement :



Toutefois, l'œil est habitué à interpréter les zones sombres comme des creux, et les zones éclairées comme des bosses. C'est pourquoi on peut considérer que si les creux sont clairs et les bosses foncées, l'image est un "négatif".

Qu'est-ce qu'un bas-relief ? Quelle est sa nature tridimensionnelle ?

Un bas relief est par définition une représentation tridimensionnelle d'un objet en relief, mais dans lequel la forme de l'objet a été ramenée pratiquement à plat. On conserve donc les détails, mais on supprime ou on atténue la forme de l'objet.

L'image de *Science et Vie* est-elle tridimensionnelle ?

Rappel de la méthodologie

L'image de Science et vie de Juillet 2005 a été formée de la manière suivante :
* Un bas relief a été réalisé dans le but de la démonstration
* Un linge a été appliqué sur ce bas relief.
* Une poudre a été appliquée avec une sorte de blaireau, de sorte que les parties protubérantes du bas-relief marquent la toile.

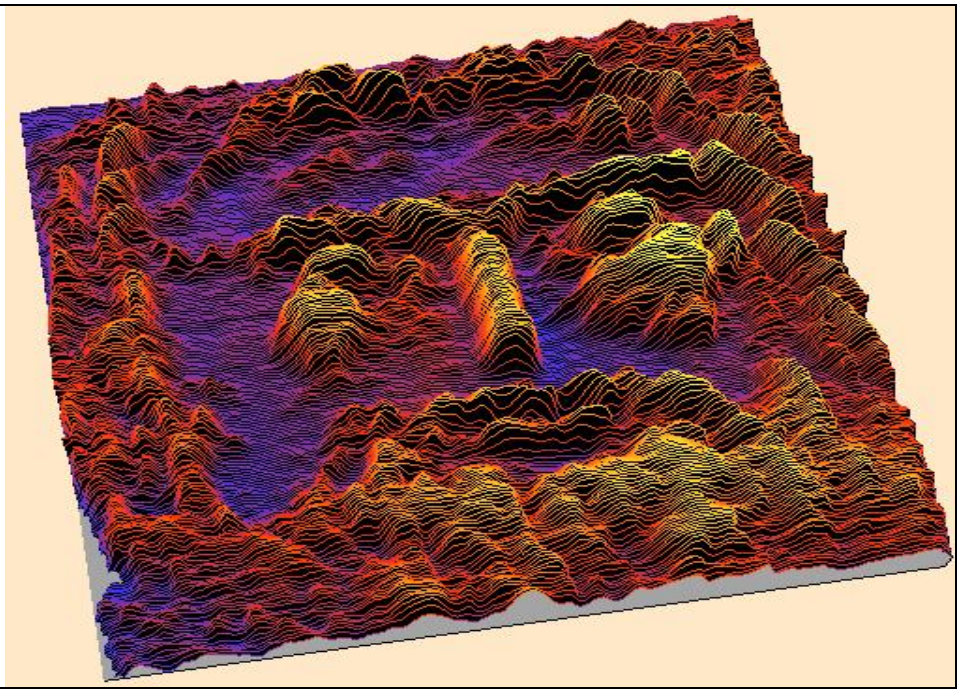
Le principe n'est pas très éloigné de celui utilisé par les écoliers pour recopier le dessin d'une pièce de monnaie sur du papier :
* On place la pièce de monnaie sous une feuille
* On balaye la surface avec un crayon de couleur
* Le dessin de la pièce apparaît à travers le papier.

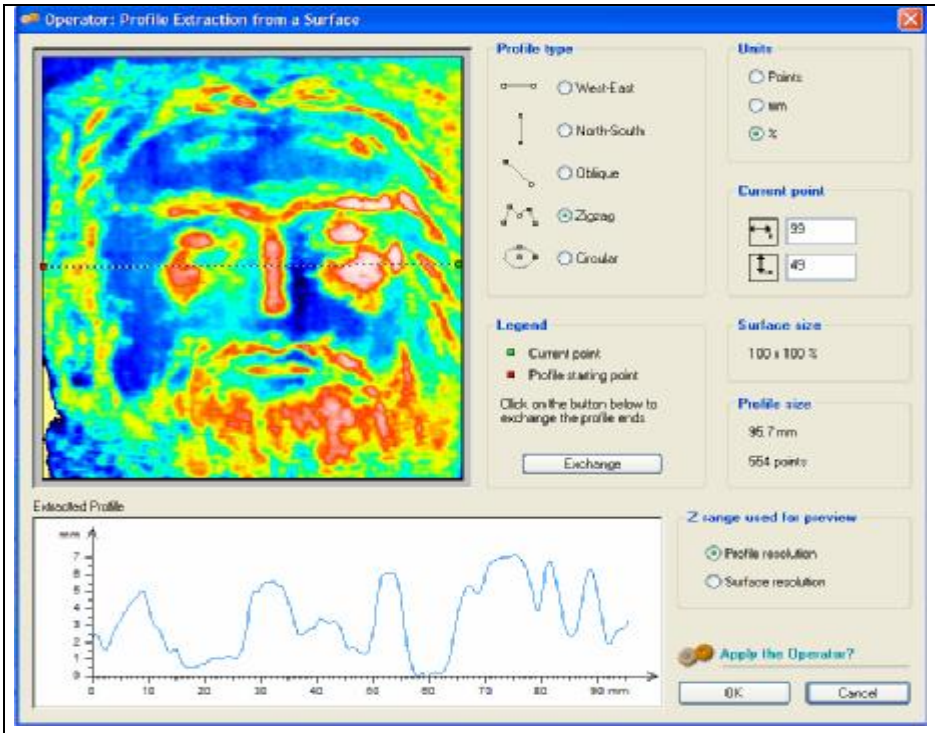
La principale différence réside dans le fait que le principe de Science et Vie privilégie la direction verticale : les zones en contact reçoivent des pigments, les zones en retrait n'en reçoivent pas ou très peu.

Le principe de l'écolier est plus fin du point de vue du résultat, mais moins tridimensionnel, car l'intensité dépend de la profondeur mais également des arêtes rencontrées par le crayon.

Toutefois, dans le principe de Science et Vie, l'aspect tridimensionnel est très imparfait. En gros, soit il y a contact entre le bas-relief et le tissu, et on obtient du brun, soit il n'y a pas contact et le tissu reste blanc. Entre les deux, la transition est quasiment inexistante, ce que montrent les reconstructions 3D en image de synthèse.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

	
L'image créée par Science et Vie	*Le relief créé par Science est Vie est donc constitué presque exclusivement d'un fond ("plaine") et d'un plateau d'altitude unique.*

	*A l'aide du logiciel de topographie MountainsMap, une coupe de l'image a été effectuée selon l'axe indiqué sur l'image en pointillés. De gauche à droite : cheveux - joue droite - nez - jour gauche - cheveux.* *Le profil de coupe montre un relief essentiellement composé d'une partie haute (plateau) et d'une partie basse (plaine = fond de l'image).* *Les deux niveaux marqués proviennent de deux cas opposés : contact ou absence de contact entre l'étoffe et le bas relief.*

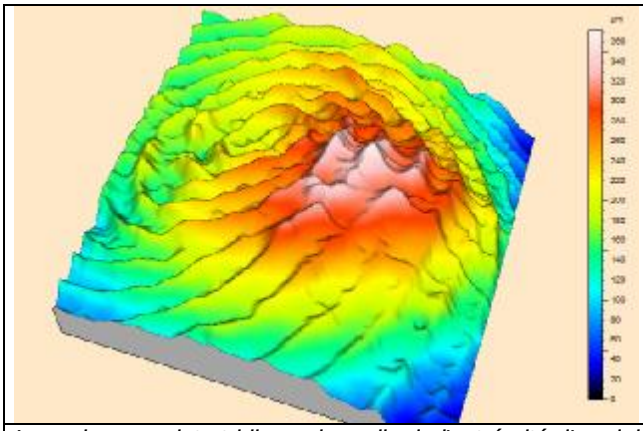
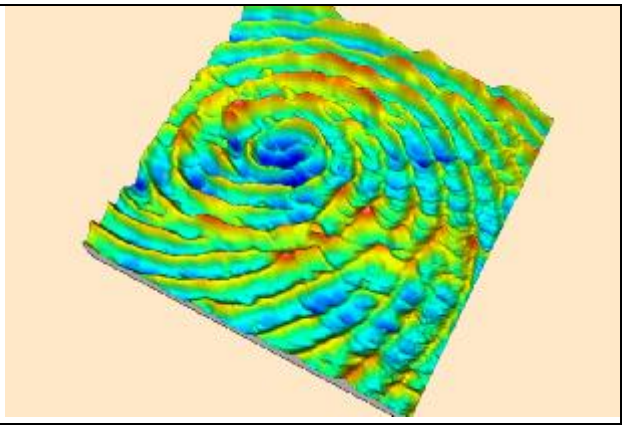
Deux niveaux, est-ce déjà du 3D ?

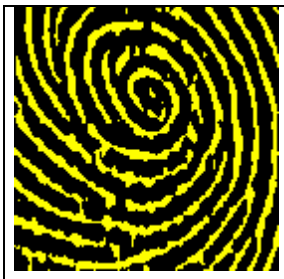
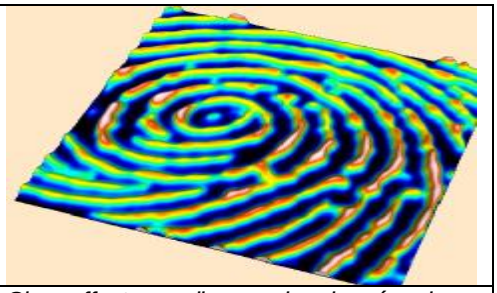
En fait, le procédé ressemble très fort à une prise d'empreinte digitale :

Sur une empreinte digitale, soit le doigt touche, et on a de l'encre, soit il ne touche pas, et la feuille reste blanche. L'image dépend bien d'un relief, mais l'information 3D est binaire : crête ou vallée.

Au contraire, une véritable mesure topographique de l'extrémité du doigt montre une infinité de niveaux d'altitudes.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

		
La vraie empreinte tridimensionnelle de l'extrémité d'un doigt, mesurée à l'aide d'un profilomètre.		*La même zone, après suppression mathématique de la forme générale du doigt (La forme est approximée par un polynôme, puis soustraite). L'opération s'apparente à celle qui est nécessaire pour passer d'une sculpture en relief intégral à un bas-relief, qui perd la forme générale mais conserve les détails locaux du reliefs bien visibles.*

		
L'information contenue dans une empreinte digitale est très limitée sur l'axe des altitudes. Il n'y a que deux altitudes : en noir "ça touche", et en jaune "ça ne touche pas"	*A partir de l'empreinte digitale, on construit une vue 3D arbitraire, mais elle n'a toujours que deux niveaux. la profondeur réelle des sillons est inconnue.*	*Si on effectue un lissage des données, la forme en créneau s'atténue, et on crée artificiellement des pentes adoucies à la place des falaises, des niveaux de relief intermédiaires apparaissent. C'est beau, mais toujours aucune information 3D vraie !*

Le résultat est-il tridimensionnel ?

L'image de Science est Vie est à peu de chose près de la qualité tridimensionnelle d'une empreinte digitale, c'est à dire qu'au delà des apparences, l'information topographique est très limitée.

L'image de Wilson-Beauchamp est-elle tridimensionnelle ?

Rappel de la méthodologie

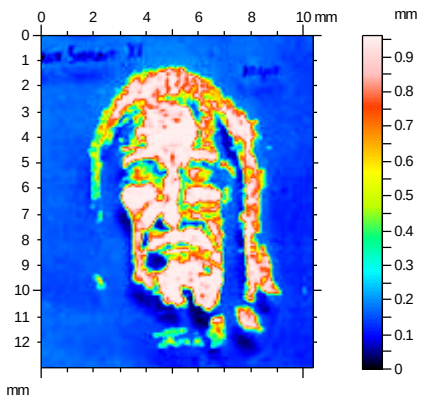
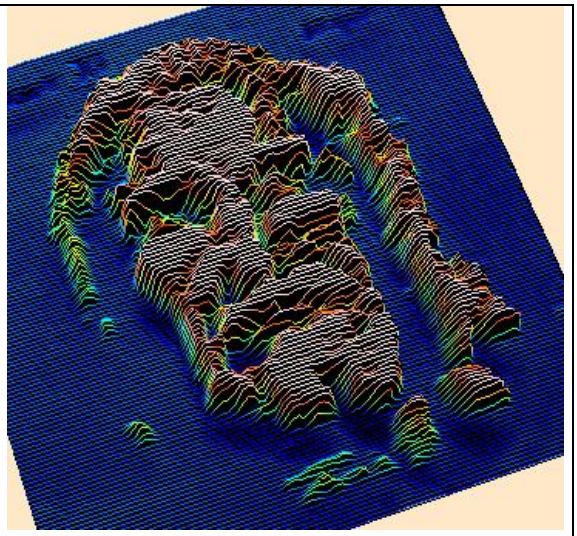
L'image a été formée de la manière suivante :

- Une peinture a été effectuée sur une vitre
- La vitre a été maintenue à distance d'une toile et l'ensemble exposé à la lumière du soleil, plusieurs jours pendant la même tranche horaire.
- Le principe est donc assimilable à un principe photographique.

Le résultat est-il tridimensionnel ?

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

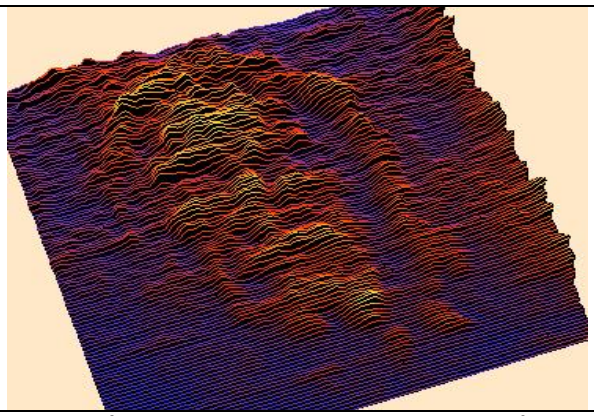
Ici encore, on part d'une information presque binaire : présence ou absence de peinture sur la vitre. Bien que l'artiste ait essayé de moduler la quantité de peinture, l'analyse tridimensionnelle de l'image montre qu'elle n'est composée quasiment que de deux niveaux correspondant à la présence ou à l'absence de peinture.

		
La peinture de David Beauchamp	*La même image représentée en fausse couleur (échelles arbitraires) met mieux en évidence les deux niveaux correspondant à la présence ou à l'absence de peinture*	*L'image traitée en représentation tridimensionnelle : un fond, un plateau, et quasiment rien d'autre entre les deux (descente rapide de type falaise).*

Quel que soit le procédé utilisé ensuite, il est illusoire de vouloir créer une information qui n'existe pas. Pendant un traitement, une information peut se détériorer, mais pas s'améliorer.

Pourtant, la représentation obtenue semble présenter une grande variété d'altitudes, pourquoi ?

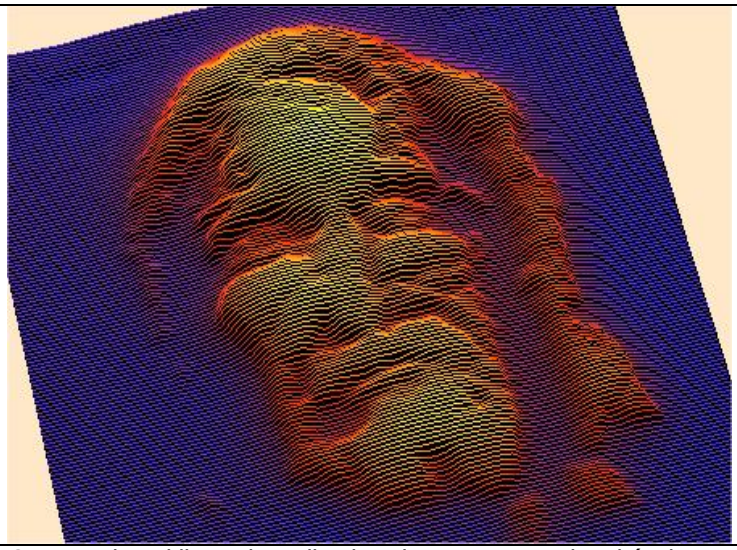
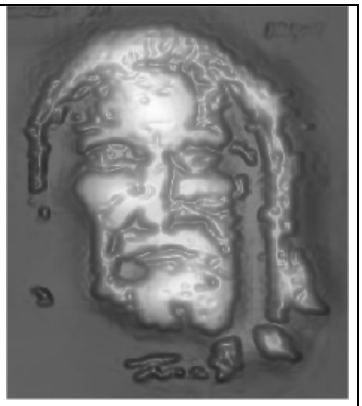
La toile a été exposée pendant la même plage horaire sur plusieurs jours. Pendant cette plage, le soleil s'est déplacé légèrement.

	
L'image révélée sur la toile après exposition au soleil, à l'ombre de la peinture.	*Une représentation tridimensionnelle construite à partir de l'image de gauche. Le flouissement lié au protocole permet d'adoucir la représentation initiale en deux niveaux. En aucun cas, il ne peut y avoir une création de l'information tridimensionnelle si elle n'existe pas déjà dans la peinture.*

La taille du soleil (vu de l'observateur, le soleil n'est pas un point, mais un disque), et son déplacement pendant le temps d'exposition provoquent une zone d'exposition intermédiaire entre les zones toujours à l'ombre totale, et les zones toujours à l'exposition maximale. Cette transition lente entre les zones les plus exposées et les moins exposées provoque une transition lente de relief entre la "plaine" et le "plateau" de l'image tridimensionnelle résultante. Mais ce relief est fictif, il est le résultat d'un flouissement d'une image.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

On peut tout à fait reproduire ce phénomène mathématiquement, la preuve :

		
L'image de la peinture, après application d'un filtre mathématique atténuant les détails (hautes fréquences) et renforçant la hauteur du bloc central (augmentation des basses fréquences de l'image)	*Construction tridimensionnelle : les plateaux se sont bombés, les falaises se sont transformées en pentes douces. Aucune information n'a été ajoutée, seules le dosage entre les hautes fréquences et les basses fréquences de l'image a été ajusté pour obtenir cet effet.*	*La même image représentée en image de synthèse, façon "bas relief"*

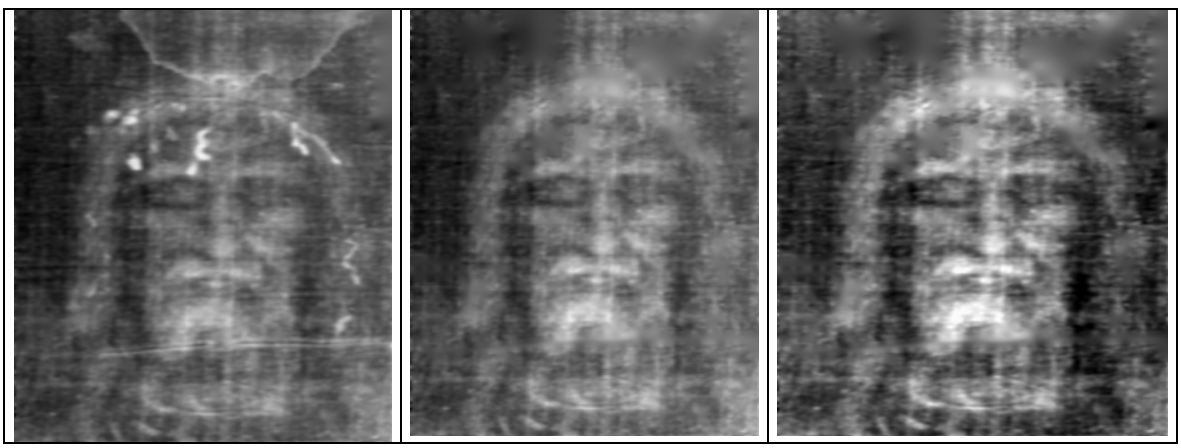
Toutefois, si l'aspect tridimensionnel est contestable, il n'en demeure pas moins que l'approche est intéressante sur l'aspect historique. Si ce principe de projection lumineuse demeure à terme la seule méthode de fabrication vraisemblable aux yeux des rationalistes, et même en n'acceptant pas mieux qu'un âge limité à celui de la datation au carbone 14, alors nous devons admettre que nous sommes en présence d'une photographie du 13ème siècle, la première de l'histoire de l'Humanité. Le Linceul bénéficie-t-il alors, en vertu déjà de ce seul titre, de suffisamment d'intérêt de la part des historiens ?

L'image du Linceul de Turin, est-elle tridimensionnelle ?

La représentation en 3D du Visage du Linceul a été présentée depuis des décennies, notamment à l'époque les images réalisées par la Nasa à l'aide du logiciel VP8.

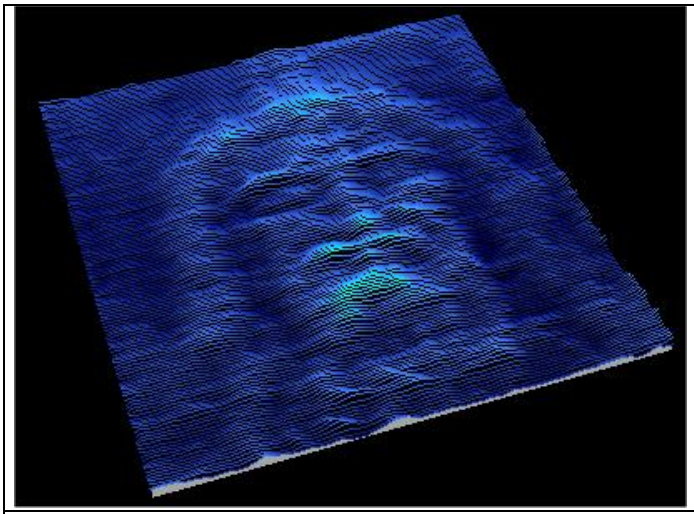
Mais les critiques formulées contre les deux précédents faux expérimentaux, à savoir l'absence de vrais niveaux de relief intermédiaire n'est-elle pas applicable aussi à l'original ?

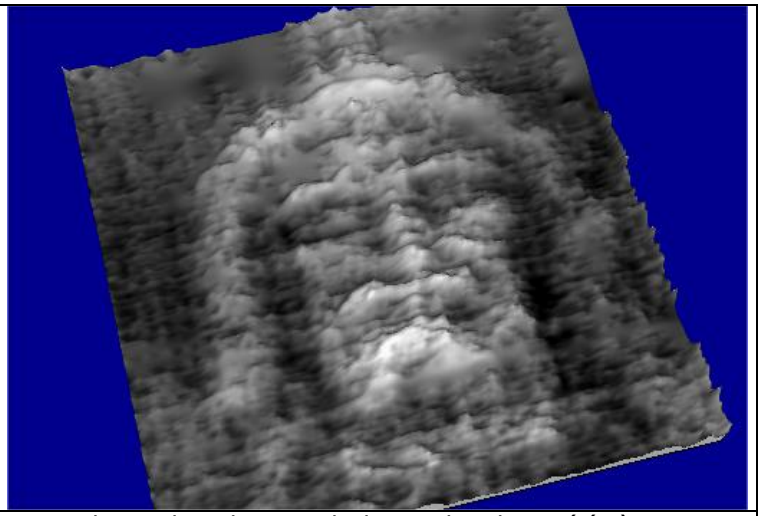
Nous avons travaillé sur l'image du Linceul, après suppression des taches et des plis, et augmentation du contraste :



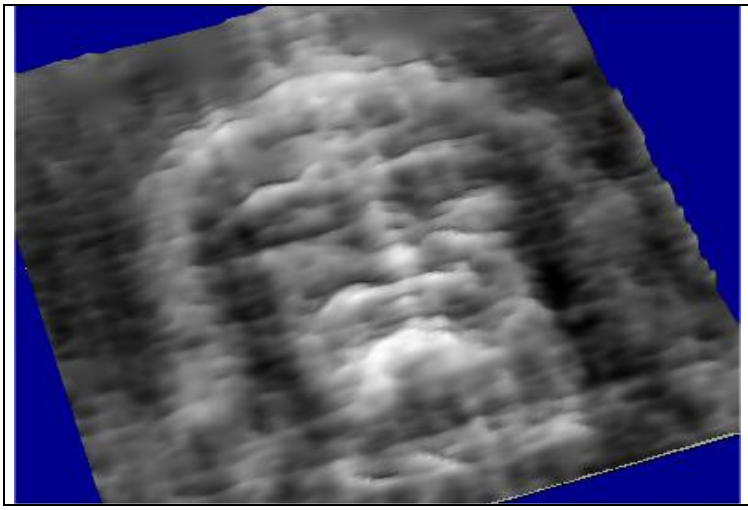
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Image inversée du Linceul de Turin. (Image positive au sens de l'image, négative au sens de la photographie).	*La même image après effacement manuel des taches de sang, des plis principaux du Linceul et de la tache d'eau au dessus du Visage. (Les parties corrigées de l'image ont été recalculées par interpolation à partir de leur contour)*	*La même image après réhaussement du contraste par seuillage et amélioration de l'équilibre droite-gauche.*



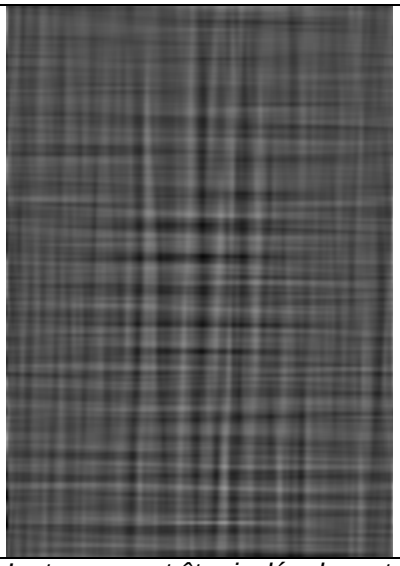


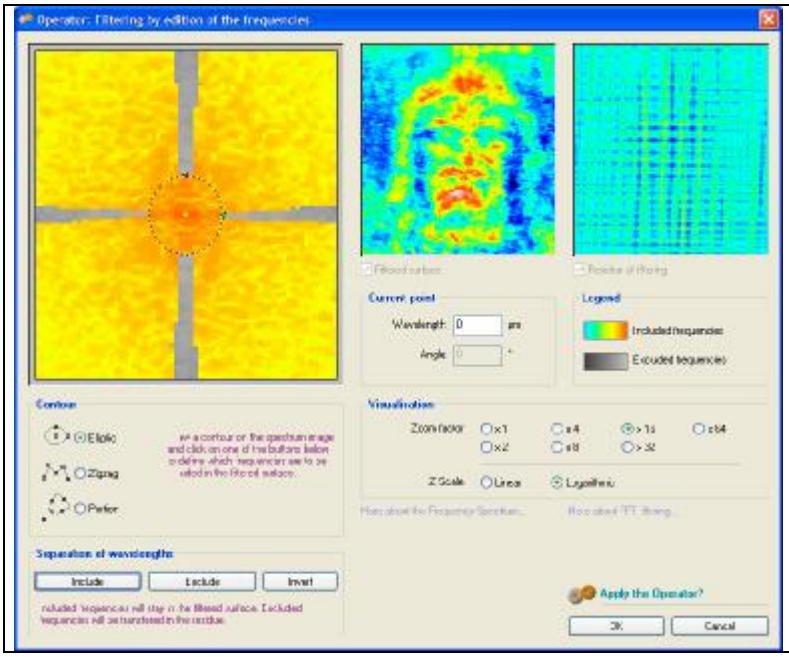
L'image permet une reconstruction tridimensionnelle. On observe cependant toujours la trame du tissu, qui est interprétée à tort comme un relief, d'où un aspect tramé du relief.



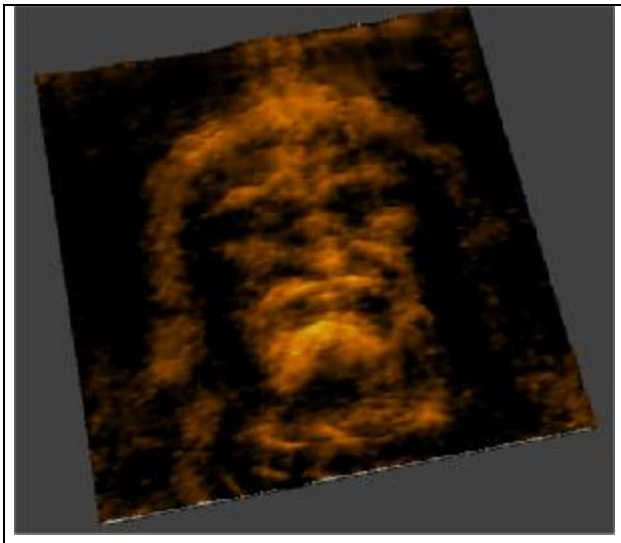
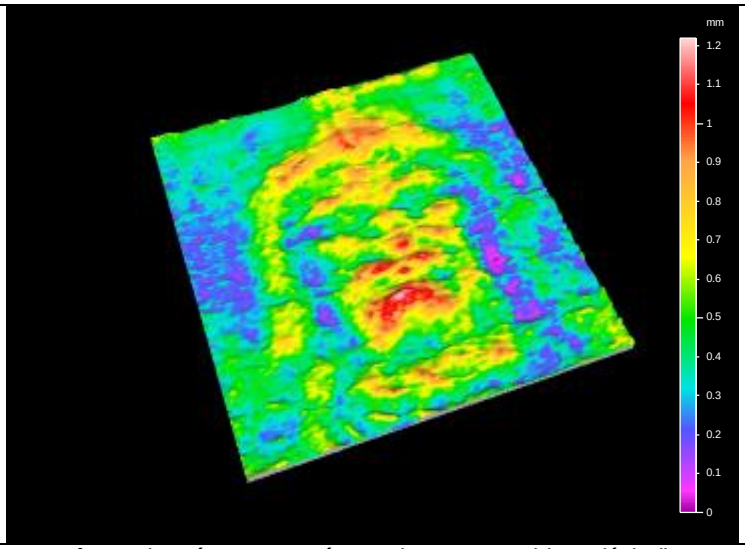
Il est possible d'utiliser un flouissement (Filtre passe-bas gaussien), mais le résultat reste tout de même décevant.

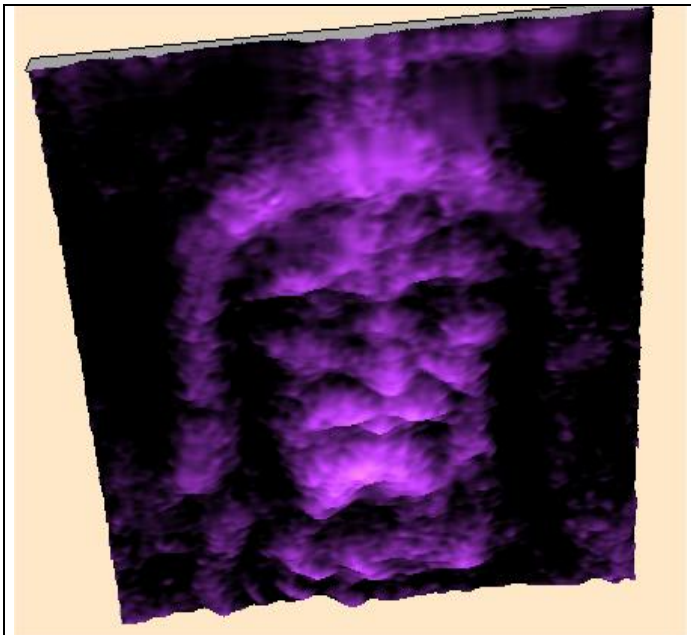
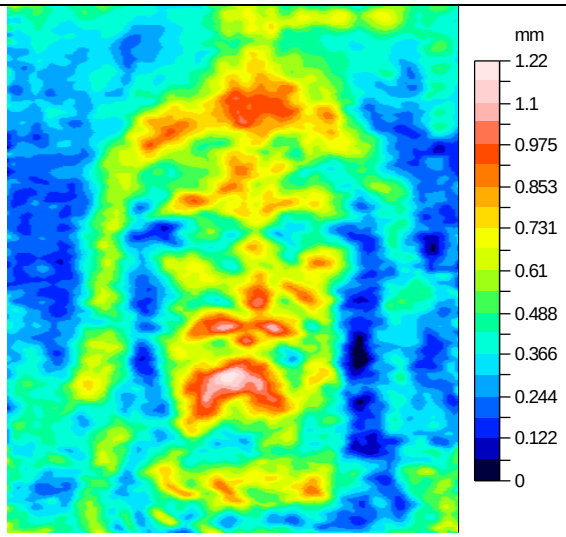
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

		
Image tramée	*La trame peut être isolée du reste de l'image (Filtrage par transformée de Fourier, avec filtre spécifique anti-trame)*	*Une fois isolée, la trame peut être retirée de l'image, sans perte de détails (avec toutefois l'apparition de petits points, similaire à une opération de sablage sur une pièce mécanique)*

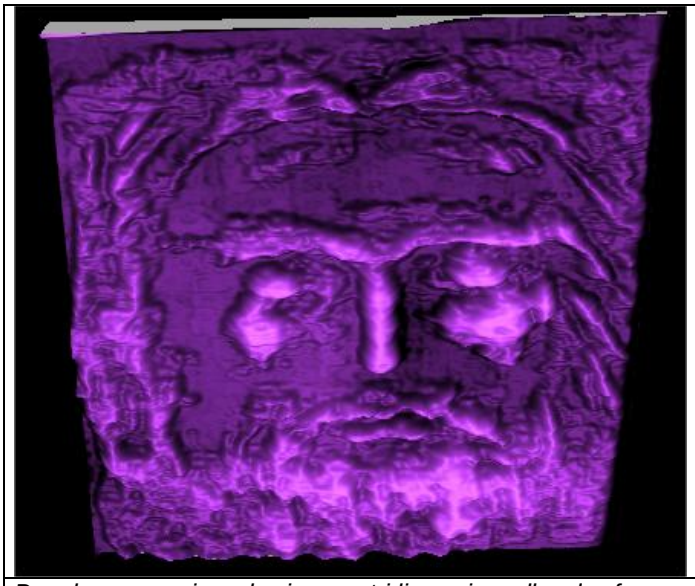
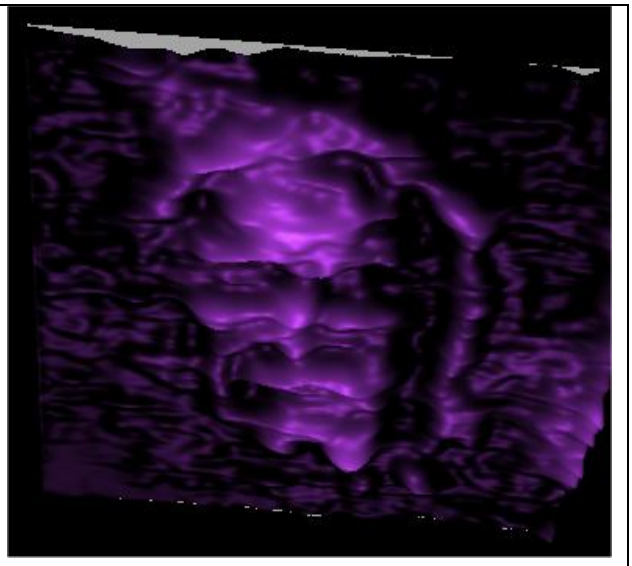
	*Remarque : Outil utilisé : L'opérateur "Filtrage par Edition directe de la Transformée de Fourier" du logiciel MountainsMap permet la suppression de la trame du tissu sans altération majeure des détails de l'image.* *L'image de gauche est une représentation des fréquences contenues dans l'images, selon les différentes directions de l'image. Le logiciel montre en gris les fréquences qui sont retirées de l'image centrale par l'opérateur mathématique. Elles sont visibles dans l'image de gauche.* *Dans notre application, la croix grise correspond à la direction de la trame du tissu du Linceul qu'on souhaite supprimer.*

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

	
Une reconstruction tridimensionnelle obtenue après effacement des taches et détramage du tissu	*Les mêmes données en représentation topographique (échelle arbitraire).*

	
Bilan : une vraie image tridimensionnelle obtenue sans trucage des altitudes	*Un point confirmé par l'abondance des niveaux contenus dans l'image.*

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Pour la comparaison, les images tridimensionnelles des faux expérimentaux, dans les mêmes conditions de représentation. L'une est plate, et l'autre peine à montrer un visage en 3D.

Conclusion

L'image du Linceul est une vraie image tridimensionnelle, les deux faux expérimentaux analysés ne le sont quasiment pas.

L'image du Linceul de Turin est une vraie image tridimensionnelle. Sa qualité apparaît naturellement, et sans manipulation sur les hauteurs, pour peu qu'on se donne les moyens de supprimer localement les taches, et qu'on retire la trame du tissu par les filtrages linéaires appropriés.

Au contraire, les deux faux élaborés présentent une grande pauvreté de niveaux, car leur procédé de fabrication est basé à un moment donné sur une information binaire : soleil OU ombre, contact de la toile OU absence de contact de la toile.

Dans le cas de Science et Vie, l'exemple est même navrant. On se donne les moyens de créer un bas-relief, c'est à dire une vraie représentation tridimensionnelle, pour en tirer une image qui ne l'est quasiment plus (voir image en 3D composée presque exclusivement de deux niveaux).

Toutefois, CELA NE PROUVE RIEN quand à la capacité de faire un faux 3D.

Le fait que le Linceul soit un vrai 3D, et les imitations des 3D médiocres ne prouve rien.

Il reste tout à fait possible de faire une VRAIE représentation 3D à partir d'un bas-relief. Il suffit pour cela que l'impression réalisée sur le tissu ne contienne pas une information binaire (contact/absence de contact avec le tissu) mais la distance réelle entre le bas-relief et le tissu, une condition qu'ont oublié nos deux faussaires.

C. Mignot, 22 Août 2005

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com