

Analyse en 3 dimensions des paramètres des pertes de substance  
des membres inférieurs et leurs évolutions.

O.Vanhooteghem (1,2), P.Blain (3), G.Martin (3), M. de la Brassinne (1,2), Y Renotte (3),  
S.Habraken (3)

(2) Service de Dermatologie, Clinique Sainte Elisabeth, 5000 - Namur, Belgique.

**Résumé :**

Ce travail consiste en la réalisation d'une quantification objective des dimensions et du volume de perte de substance cutanée au moyen d'un système de relevé 3D optique.

Cette technique, simple, non invasive et reproductible à volonté permet d'être intégrée dans des études épidémiologiques des ulcérations des membres inférieurs et de mesurer leur évolution.

Cette technique permet également d'être intégrée dans des études d'efficacité thérapeutique de pansement de plaies et de pouvoir objectiver de manière rigoureuse et critique l'efficacité de ces traitements.

**Introduction :**

Historiquement les dimensions d'une perte de substance sont obtenues à l'aide d'une règle graduée, stérile, posée sur la plaie elle-même. L'analyse de la surface étant obtenue par calcul mathématique.

Le principal grief de cette technique réside dans son manque de sensibilité mais aussi sur le manque d'information quand à la profondeur et au volume de la perte de substance. Cette technique est adaptée presque exclusivement pour les pertes de substances relativement planes.

L'aspect clinique de la lésion n'est, lui non plus, pas pris en compte.

L'utilisation de papier calques millimétrés, transparents, posés sur la plaie, permet de mesurer plus précisément la surface de la plaie. Cette technique est adaptée pour les pertes de substances relativement planes et ne prend en compte, ni la profondeur, ni le volume, ni l'aspect clinique de la perte de substance.

La photographie permet, quant à elle, de préciser de manière reproductible et fiable l'évolution clinique de la plaie. Pour connaître l'échelle de la photographie il faut disposer au préalable une règle graduée en périphérie de la plaie, afin de pouvoir comparer entre elles les différentes images obtenues et ainsi objectiver l'évolution de la perte de substance. Si l'aspect clinique, les contours et la surface de la plaie peuvent être mesurés, l'étude du volume et de la profondeur de la plaie reste difficilement appréciable.

Pour mesurer la profondeur de la plaie, il est possible d'y positionner une pointe mousse, graduée et stérile. Cette technique imprécise reste subjective quant à l'appréciation de l'endroit à mesurer.

Ainsi pour mesurer un volume, la technique du moulage des plaies au moyen d'une gomme siliconée permet une évaluation d'une grande précision grâce à sa capacité à durcir et à se conserver. Le moulage représentant une réplique négative de la plaie.

La comparaison des différents moulages permet de visualiser l'évolutivité de la plaie dans les 3 dimensions.

Les principaux griefs de cette technique étant un temps manipulatoire important et est une méthode « invasive » par le contact direct avec le patient. Cette méthode ne permet pas de caractériser des pertes de substance relativement planes ni de visualiser leurs aspects cliniques.

Notre technique de mesure par méthode de projection de franges nous permet d'obtenir l'image clinique, la surface, les contours, la profondeur, le volume global et le relief de la perte de substance.

Toutes ces mesures sont disponibles en 3 dimensions et peuvent être superposées les unes aux autres afin de visualiser, de manière cinétique, l'évolutivité de la plaie.

**Matériel – Protocole:**

Le système développé permet de réaliser des mesures optiques tridimensionnelles de forme et de relief basées sur le principe de la projection de lumière structurée.

Une trame de lumière laser de longueur d'onde de 532 nm, produite par un procédé interférentiel (filtrage optique) est projetée sur la zone de la perte de substance à étudier (**Fig 1**). Cette trame est caractérisée par une variation sinusoïdale monotone de l'éclairement. La linéarité et la périodicité des franges de la trame sont altérées par le relief (en plus ou en moins) de l'objet (**Fig 2**).

Une caméra CCD couleur (65536 couleurs différentes), de résolution 1024 x 1280 pixels carrés dont le côté est de 64.5µm, est munie d'un filtre fréquentiel adapté à la longueur d'onde du laser, recueille plusieurs images de cette structure lumineuse.

Cette caméra possédant un objectif de 35 mm, est positionnée à des angles variés entre 5 et 15 degrés par rapport au laser.

La précision de mesure est variable entre 0,05 et 0,5 mm selon la distance de travail entre la plaie et le système de mesure qui peut se situer à 10 cm jusqu'à 1 mètre. La surface d'acquisition peut varier entre 50 mm<sup>2</sup> et 500 mm<sup>2</sup>; la profondeur de champ se situe entre 20 mm et 200 mm et la résolution est de 10<sup>6</sup> points / image.

Entre chaque acquisition, la trame projetée subit une translation d'un quart de période. L'analyse comparative de la luminosité de chaque pixel entre les différentes images fournit, en chaque point du champ mesuré, une valeur indépendante de la déformation de la trame.

Cette carte de déformation permet de quantifier la distance « z » de chaque point par rapport à un plan de référence virtuel perpendiculaire à l'axe optique de la caméra. Les coordonnées x et y sont, quant à elles, calculées en tenant compte des propriétés optiques et du facteur de grandissement de l'objectif de la caméra.

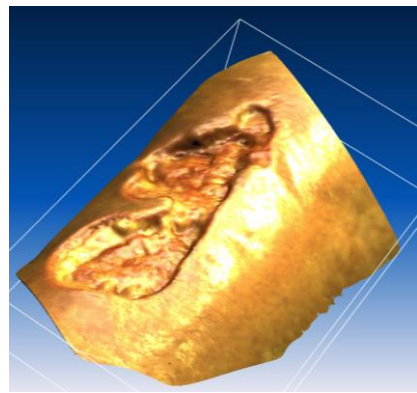
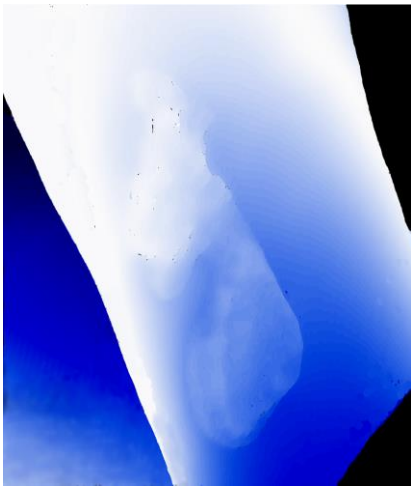
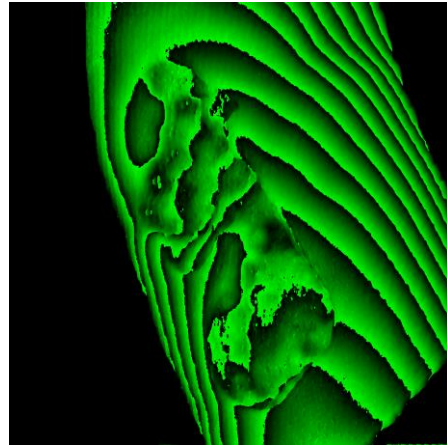
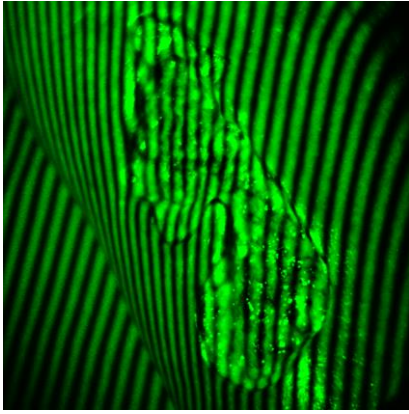
Enfin, une texture couleur peut être associée au nuage de points obtenu, complétant ainsi l'information numérisée et permettant un rendu réaliste de la perte de substance.

En pratique, nous projetons une lumière structurée rectiligne non déformée sur la plaie, nous visualisons une déformation de la grille, ce qui amène, par une analyse des franges à une analyse du relief.

Nous réalisons une comparaison de la grille déformée et grille non déformée et ainsi nous obtenons une courbe de type « carte de niveaux » (**Fig 3**) puis nous déroulons la phase pour étudier la courbe de type « carte de relief ». (**Fig 4**).

Nous obtenons ainsi l'image de la perte de substance avec une marge d'erreur variant entre 0,05 mm et 0,5 mm dans les 3 dimensions

En reconstituant la surface qui épouse le relief scanné ce qui permet de déterminer une surface « in fine » et en isolant la perte de substance à analyser, on peut délimiter un volume global, et ainsi calculer et/ou visualiser différents paramètres : les contours, la profondeur maximale et minimale, le bourgeonnement...



*Etapas de l'analyse du relief par projection de lumière laser structurée :*

*1/ Trame laser projetée sur la surface*

*2/ des déformations de la trame*

*3/ Carte des hauteurs*

*4/ Modèle 3D avec texture*

### **Acquisitions**

Le capteur du système de mesure doit être positionné de manière à obtenir, en une seule acquisition une surface pouvant mesurer près de 20 x 20 cm<sup>2</sup>.

La précision de la mesure sur un tel champ peut-être évaluée à 0,5 mm dans le plan XY (plan de l'image) ainsi que dans la direction Z, perpendiculaire au plan de l'image.

### **Méthodologie appliquée pour évaluer la surface et le volume des lésions.**

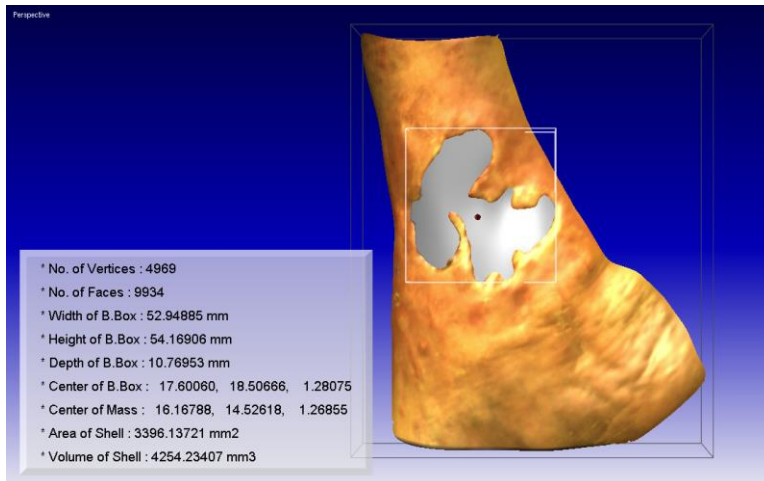
Un logiciel de RAPIDFORM développé par INUS Technologie est utilisé pour reconstruire, virtuellement, la surface des membres lésés.

### **Résultat final :**

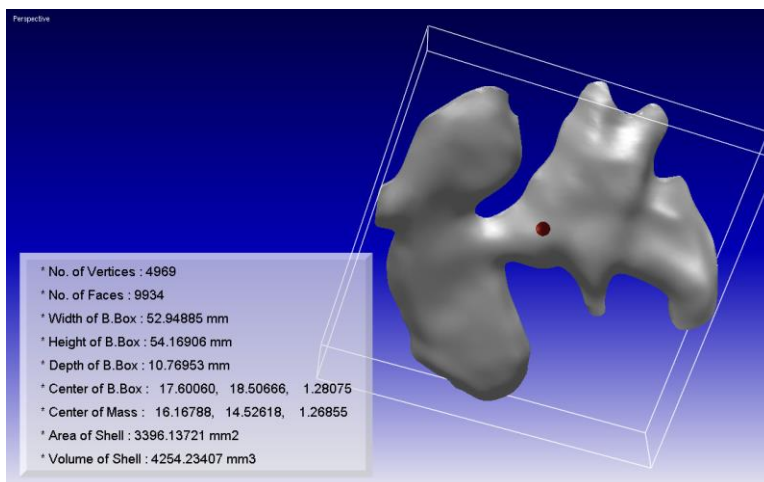
1/ Visualisation de la perte de substance par la caméra otique



## 2/ Captation en 3D et analyse des paramètres



## 3/ Visualisation en 3D de la perte de substance et obtention des paramètres de la perte de substance : la surface, les contours, la profondeur le relief et le volume global.



## **Bibliographie**

- 1 - Kecelj Leskovec N, Perme MP, Jezersek M, Mozina J, Pavlović MD, Lunder T.  
Initial healing rates as predictive factors of venous ulcer healing: the use of a laser-based three-dimensional ulcer measurement.  
Wound Repair Regen. 2008; 16(4):507-12
- 2 -Marjanovic D, Dugdale RE, Vowden P, Vowden KR.  
Measurement of the volume of a leg ulcer using a laser scanner.  
Physiol Meas. 1998; 19(4):535-43.
- 3 - Assoul M, Zahidi M, Corcuff P, Mignot J.  
Three-dimensional measurements of skin surface topography by triangulation with a new laser profilometer.  
J Med Eng Technol. 1994; 18(1):11-21.
- 4 - Romanelli M, Dini V, Bianchi T, Romanelli P.  
Wound assessment by 3-dimensional laser scanning.  
Arch Dermatol. 2007; 143(10):1333-4.
- 5 - Ibbett DA, Dugdale RE, Hart GC, Vowden KR, Vowden P.  
Measuring leg ulcers using a laser displacement sensor.  
Physiol Meas. 1994; 15(3):325-32.
- 6 - Bhat SS, Smith DJ.  
Laser and sound scanner for non-contact 3D volume measurement and surface texture analysis.  
Physiol Meas. 1994; 15(1):79-88.
- 7 - Smith RB, Rogers B, Tolstykh GP, Walsh NE, Davis MG Jr, Bunegin L, Williams RL.  
Three-dimensional laser imaging system for measuring wound geometry.  
Lasers Surg Med. 1998; 23(2):87-93.
- 8 - de la Brassinne M, Gillard P, Choffray A, Vanhooeteghem O.  
Importance of color changes in wound healing : assessment by high definition chromametry.  
European Academy of Dermatology Rhodes 2007.