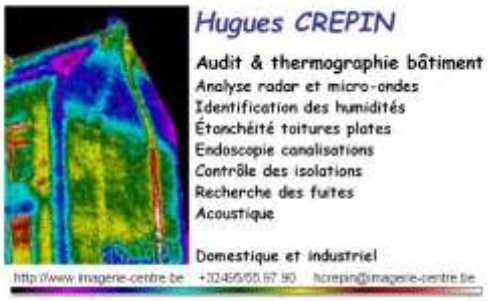
Hugues CREPIN
Imagerie du Centre
Rue de l'industrie, 45
7170 Fayt-lez-Manage
http://www.imagerie-centre.be
hcrepin@imagerie-centre.be
Entreprise (0)842 595 05
GSM : 0495/55.97.90
Thermographe ITC niveau I 2013BE13N007



Philippe STERKENDRIES
Ellens
Avenue des Évaux, 20
1341 Céroux-Mousty
Entreprise : (0)546,635,877
http://www.ellens.be
ellens.therm@gmail.com
GSM : 0474/44,95,42

Description de certains usages de la thermographie dans le domaine médical

Introduction :

Thermographie :
« Technique permettant d'obtenir, au moyen d'un appareillage approprié, l'image thermique d'une scène observée dans un domaine spectral de l'infrarouge », AFNOR

Dans notre cas, la scène sera un corps humain ou une partie de celui-ci.

Il existe deux combinaisons de méthodes utilisées :

Les observations statiques et les dynamiques, les statiques étant une observation unique et comparative au sein de l'image ou via des images de références ; les dynamiques étant l'observation d'étapes successives par une série d'images ou par vidéo.
Les méthodes actives ou passives, les passives étant une observation du corps tel quel et les actives étant des méthodes utilisant des stimulations extérieures thermiques, de compression ou éventuellement injection/ingestion de substances (généralement cette introduction étant l'objet de la surveillance en thermographie).

Plus d'information sur la thermographie en général :
http://www.thethermograpiclibrary.org , La Librairie de Thermographie

Que peut apporter la thermographie en santé publique ?

C'est d'abord un outil de diagnostic pour certaines pathologies parfois unique, en double emploi ou pour visualiser les pathologies.

C'est surtout un outil de suivi précieux car il n'est pas invasif et n'utilise pas de consommables, ses frais sont donc extrêmement fermés.

C'est une méthode portative, peu onéreuse à l'achat et à la formation, elle permet aussi d'équiper des dispensaires, des spécialistes, des urgentistes voire des généralistes.

Idéale pour le suivi des pathologies car elle n'est pas polluante, elle permettrait de créer une carte d'identité thermiques qui suivrait l'individu toute sa vie et donne un point de référence facilitant les diagnostics mais aussi pour visualiser l'efficacité des traitements, idéal pour les patients incapables de s'exprimer ou de s'exprimer correctement contre pour les autistes profonds par exemple.

Les questions quant aux para sciences et à l'effet placebo sont objectivables par cette méthode or ce sont des données cruciales car l'orientation médicale actuelle revient sur nos capacités internes à nous guérir or des thermographies comparatives permettent d'en quantifier la faisabilité.

Que peut apporter la thermographie sur le plan national ?

Son faible coût permettrait de remplacer des examens plus lourds et plus onéreux mais surtout de faire un suivi plus serré permettant une diminution des coûts globaux et une réduction des durées de traitement.

Certes une partie de la thermographie est déjà théorisée mais essentiellement de manière mercantile donc de façon très incomplète, il reste d'immenses zones d'exploration permettant un grand nombre de publications scientifiques mais donnant aussi une opportunité de devenir un pôle d'excellence, une référence.

Or nombre de classements internationaux se réfèrent à l'utilisation de la haute technologie mais surtout au nombre de publications scientifiques, accessoirement de leur qualité, c'est donc un investissement rentable tant en interne qu'en externe.

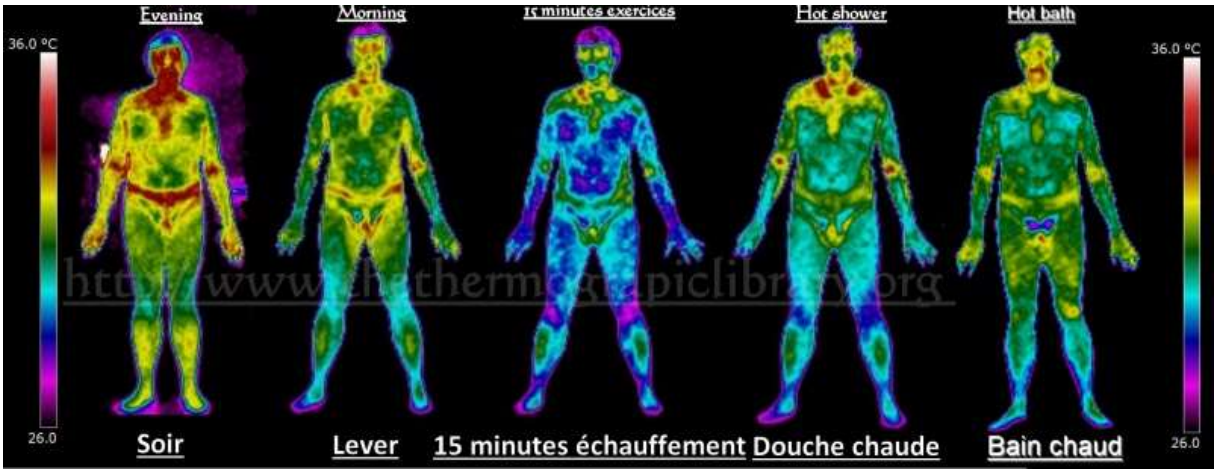
Oui mais le coût ?

Le matériel, selon le mode de diagnostic choisi va de 1000 euros à 50.000 euros, des modèles extrêmement avancés ne dépassent pas les 15.000 euros.

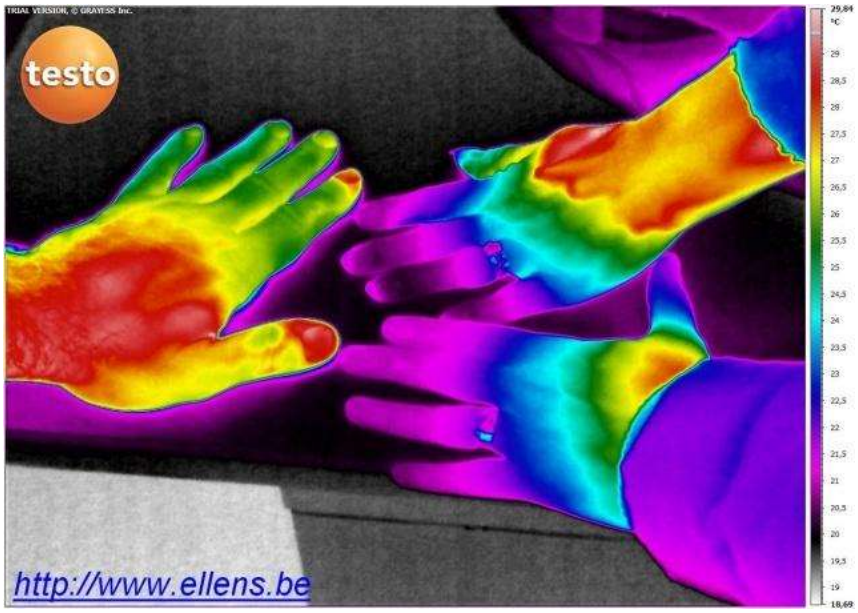
Les formations coûtent de 1500 euros à 2500 euros par module et par semaine, un seul module suffit déjà une pratique généraliste ou urgentiste.

Notion de signature thermique du corps humain

Une même personne fait varier la signature thermique de son corps fonction de la journée et de ses activités.
Voici un exemple réduit avec une personne en bonne santé:



Ce qui signifie que l'analyse thermique exige un protocole assez rigoureux pour obtenir des résultats lisibles d'autant que le port régulier d'une ceinture se marque ici.
Également la signature thermique est liée à l'âge et au sexe.
Comparaison d'une main d'homme (à gauche) et de deux mains de femmes (à droite) dans le même environnement :



Cette différence, de même que pour l'âge, est liée à une vascularisation légèrement différente du corps et aux hormones mais n'est pas absolue.
Donc un réglage différent est nécessaire pour des raisons de lisibilité.

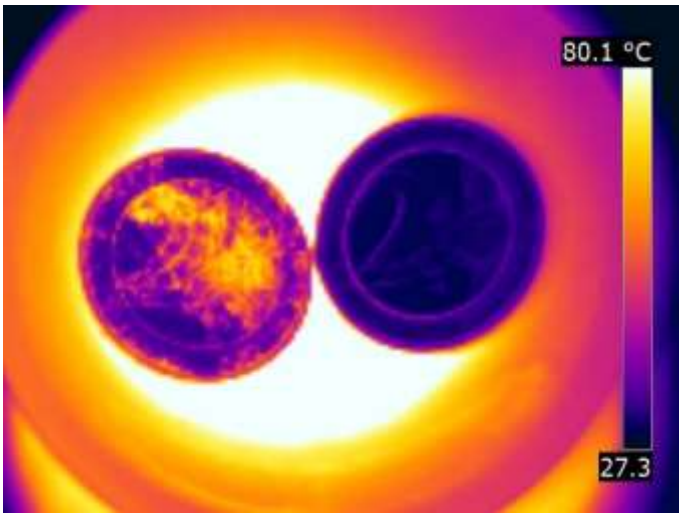
Des recherches seraient cependant intéressantes en terme de sensibilité au syndrome de Raynaud et en objectiver les paramètres.

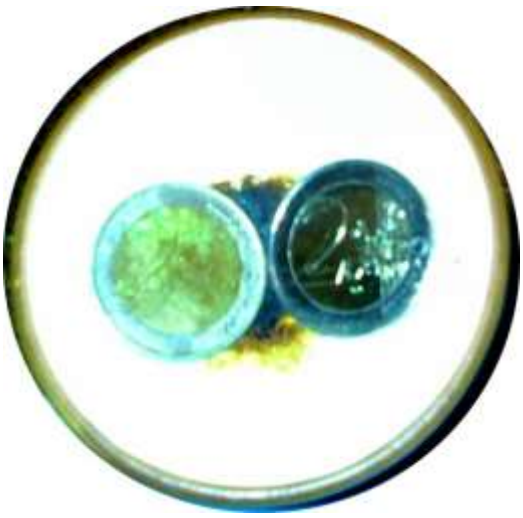
Notion d'émissivité :

La thermographie est une image d'émission de chaleur, pour obtenir une température approchante réaliste, on est obligé de faire un calcul d'émissivité soit un calcul du pourcentage d'infrarouge que chaque type de corps est capable d'absorber ou de réémettre ainsi un corps noir a-t-il une émissivité de 1, considéré comme un absorbeur parfait là où le cuivre et le nickel polis ont-ils une émissivité de presque 0 et ne sont donc pas possibles à thermographier.

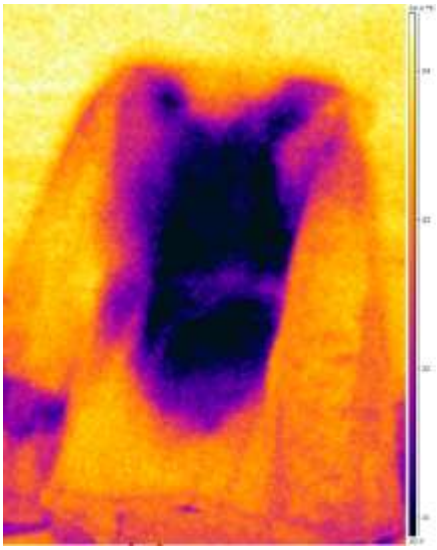
La peau humaine nature, propre et sèche a une émissivité de l'ordre de 0.98 ce qui en fait un excellent objet à thermographier.

Exemple physique de cette importance de l'émissivité et de la propreté/pureté des matériaux :





Ces deux pièces sont à la même température de 89°C or elles sont en métal et l'une est sale et corrodée. Or la thermographie est une mesure de surface, il faut donc connaître la nature de la surface et qu'elle soit relativement homogène et les creux entraînent aussi une variation de mesure. Ci-dessous l'exemple avec une veste trempée par de la sueur donc un corps humide aura le même problème, une réaction endothermique, ce qui est bien le but de la sudation.

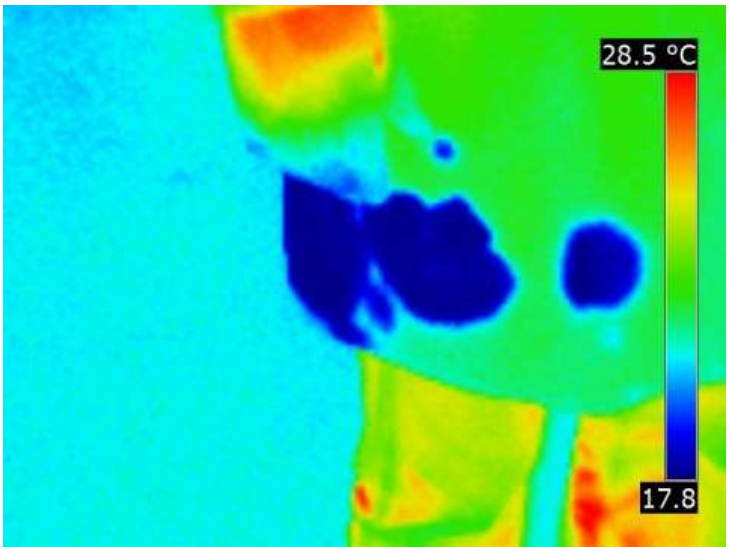


Un des protocoles d'observation

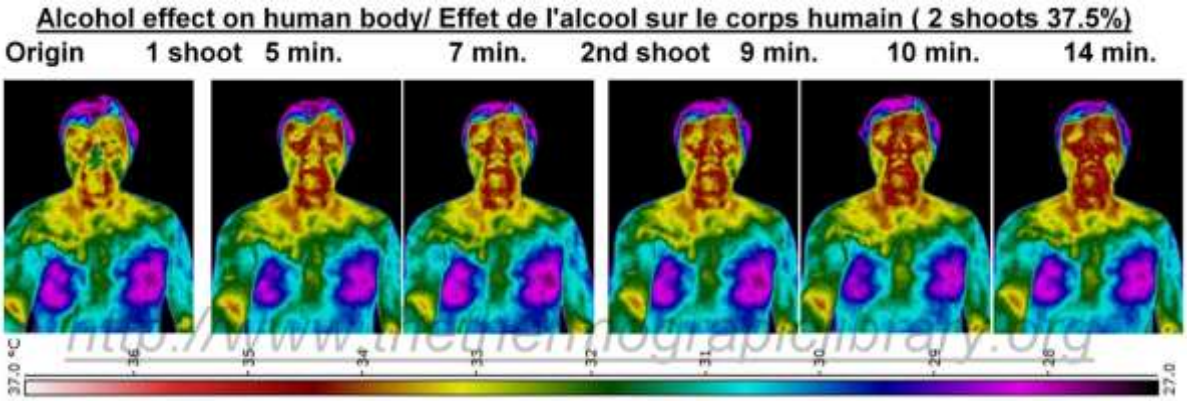
Le protocole ci-dessous est celui d'une observation clinique et normative permettant par exemple une détection de cancer du sang, d'un taux d'embolie ou de risque d'AVC. (Source Dr William Cockburn)

- Le patient doit être dans un état stabilisé et dans une pièce aux conditions d'humidité et de température régulées
- La pièce d'examen doit être tapissée, occultée, sans portes ou fenêtres laissées ouvertes et si des fenêtres existent, être occultées (pour que les IR extérieurs ne provoque pas d'échauffement parasite)
- La pièce d'examen doit être régulée mais le patient ne doit pas être exposé directement au souffle d'un conditionnement d'air et ses paramètres ne doivent pas varier durant l'examen
- Il faut maintenir la température entre 19 et 23°C afin que cela soit confortable pour un patient au repos (donc, plutôt 22-23°C dans la pratique surtout dans ce genre d'examen torse nu)
- Pas de douche ou de bain chaud 2 heures avant l'examen, le froid serait acceptable mais autant que possible à éviter
- Pas de rasage des parties à examiner dans les 24 heures précédant l'examen
- Éviter la caféine et l'alcool dans les 24 heures précédant l'examen
- Ni crème, ni déodorant, ni lotions dans les 24 heures précédent (à cause du massage, des réactions épidermiques et de la modification de la réflexion de la peau, il faut une peau la plus naturelle possible que pour être comparable)
- Pas de bain de soleil, de passage chez le chiropracteur ou kinésithérapeute, massage, banc solaire, … dans les 24 heures précédant l'examen (sauf si but de l'analyse)
- Autant que possible n'avoir pas porté dans les 4 heures précédentes de soutien-gorge, prothèses, bande de contention sur la zone examinée (si possible 24 heures)
- Fournir la liste des médicaments pris régulièrement

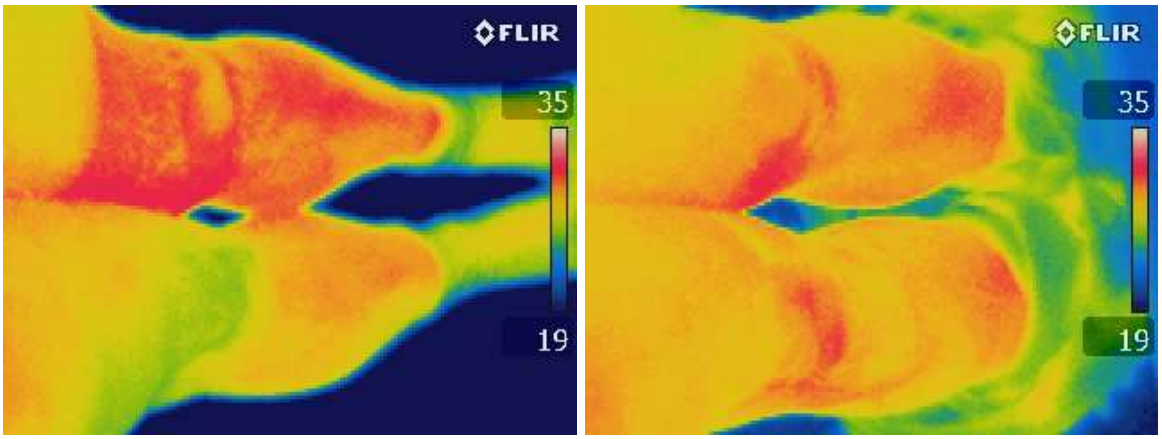
Pourquoi ?
Réaction d'une main à un désinfectant



Réaction du corps à l'absorption d'alcool :



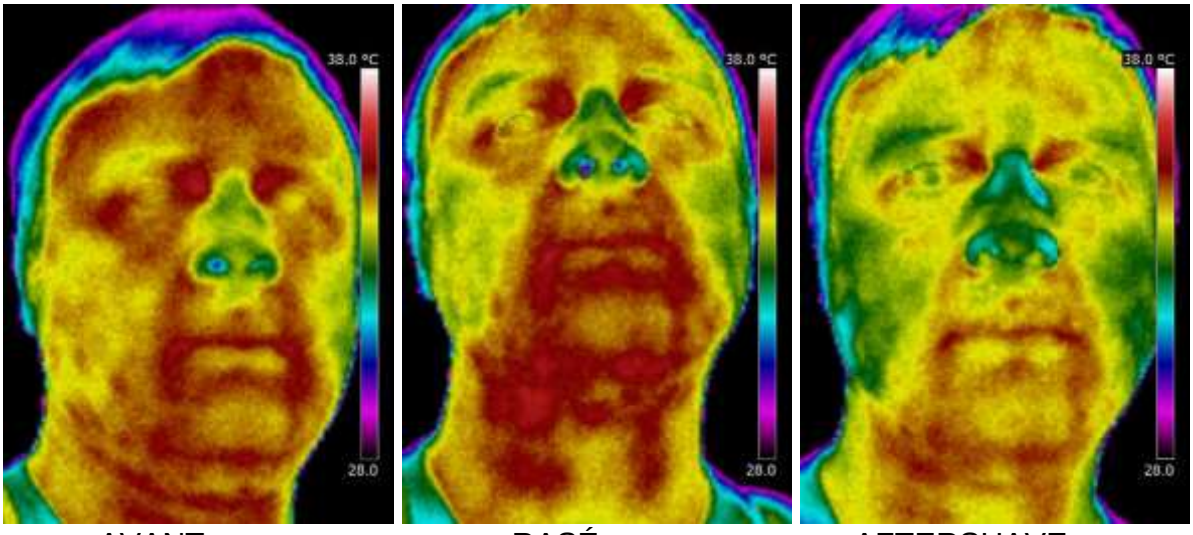
Jambe sous bande contention, au retrait et à droite 2 heures plus tard :



Source : http://www.thethermograpiclibrary.org

Comme vous pouvez le constater, le corps réagit très fort aux stimuli et l'un des objectifs est de le mettre en état comparatif et/ou de la placer dans un état de référence avant stimulation. (Source : La Librairie de thermographie)

Le problème peut aussi être lié à la sueur d'une activité qui va générer une évaporation hétérogène et ainsi brouiller l'image.
Le rasage même à sec crée des abrasions, des rougeurs, … qui sont visuellement perceptibles en infrarouge pendant des durées difficilement calculables.



AVANT RASÉ AFTERSHAVE

Les crèmes hydratantes sont encore pires car non seulement elles changent l'émissivité de la peau pouvant aussi la rendre spéculaire mais également sa vitesse d'absorption par la peau n'étant pas homogène cela rend la surface épidermique illisible.

La température extérieure joue évidemment tout autant d'où l'intérêt de pièces à l'environnement contrôlé d'autant que la thermographie permet aussi d'étudier les réactions du corps au changement d'environnement.

Précision et exactitude de la thermographie ?

Soyons francs et précis, la précision est de 0.03 à 0.1°C selon les méthodes et la fiabilité de plus ou moins 2°C si utilisée seule.

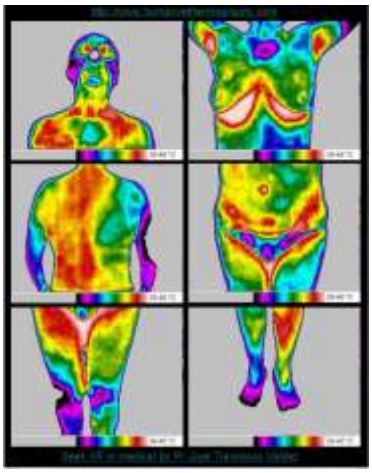
La thermographie étant basée sur la conversion d'une émission de chaleur, elle subit une série de facteurs correctifs et les fabricants ne veulent pas prendre de risque.

Cependant, on palie cette situation par deux méthodes simples :

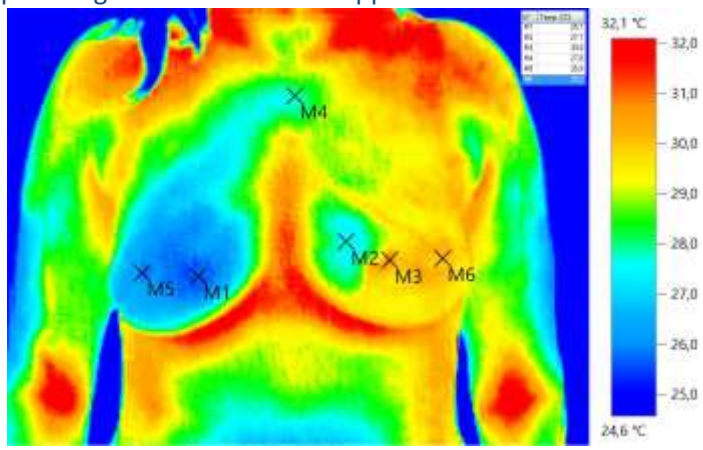
Travailler uniquement en comparatif à savoir les valeurs ne sont qu'indicatives, ce sont les déséquilibres et les signatures thermiques qui comptent.

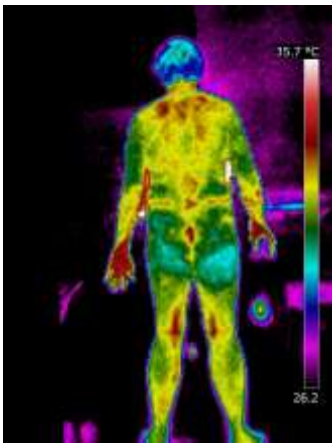
Simplement rajouter un thermocouple de contact qui donne une température de référence et permet alors de régler l'émissivité et l'environnement pour obtenir une fiabilité acceptable autour de 0.1°C désormais.

Que voit-on et avec quel matériel ?

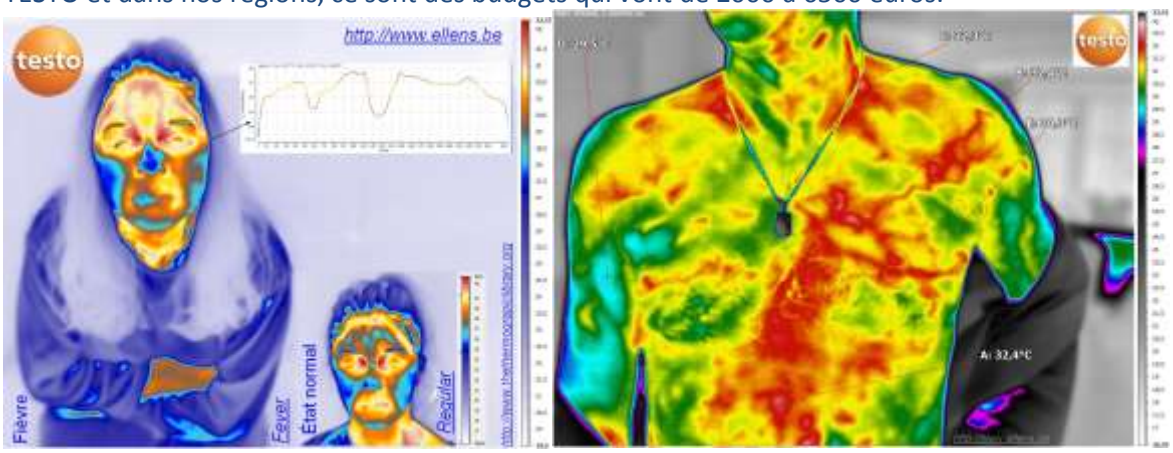


Les deux images ci-dessus sont prises avec des caméras USB (ici une Seek thermal à gauche et une ThermApp à droite) coûtant 500 à 1500 euros et ne demandant qu'un bon smartphone type Samsung ou IPhone. Elles sont déjà utilisées en médical mais permettent essentiellement une vue en gros et des pathologies assez bien développées.





Viennent ensuite le standard industriel actuel en 320x240, essentiellement représenté par FLIR et TESTO et dans nos régions, ce sont des budgets qui vont de 2000 à 6500 euros.

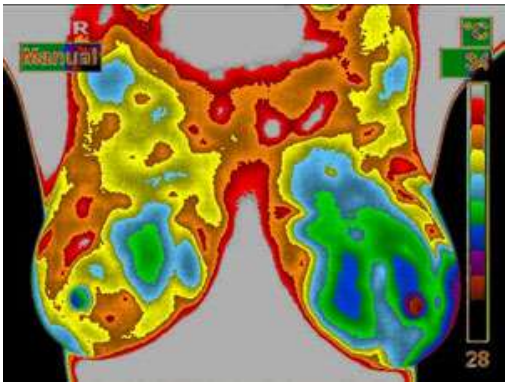


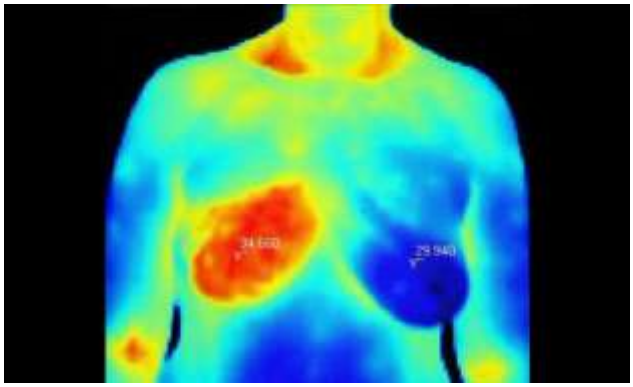
Enfin viennent les caméras haute résolution ou avec super résolution complémentaires et qui atteignent le mégapixel voire le dépassent, le niveau de détail y est parfois perturbant.

Budget ici de 15.000 à 50.000 euros par caméra, toutes portatives et sans consommable.

Quelques affections étudiées avec la thermographie :

Cancer du sein :



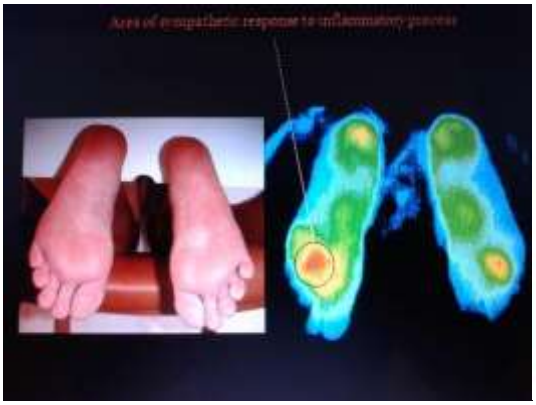


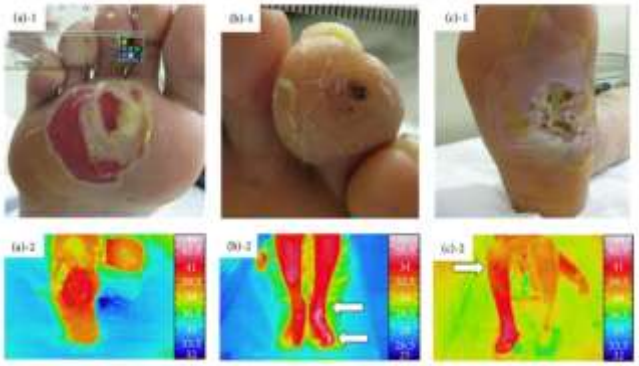
Source :
http://www.breastthermography.com/

Source : **Dr. William Amalu and al./ Medical Devices and Systems/ The Biomedical Engineering Handbook; Third Edition, 2006**

Dans ce cas précis, la méthodologie majoritaire est de laisser la patiente au repos deux heures avant l'examen puis de la faire tenir debout et de lui demander de mettre ses mains dans une bassines d'eau froide. Le corps va alors avoir une réaction et l'on va étudier la vascularisation de chaque sein ainsi que la symétrie.

Analyse du diabète :

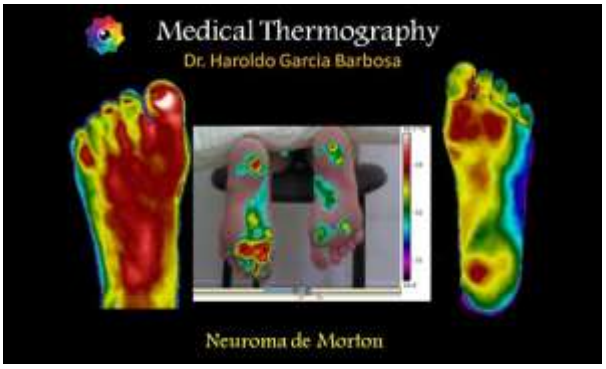




Source : Diti India
Source : Screening for Osteomyelitis Using Thermography in Patients with Diabetic Foot

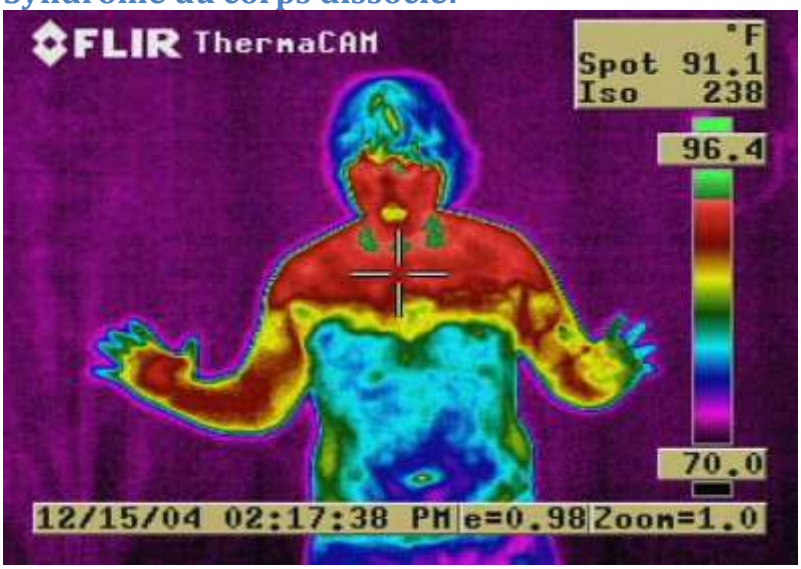
Observez sur les images de droite l'impact sur le corps de ces ulcères diabétiques.

Neurone de Morton:



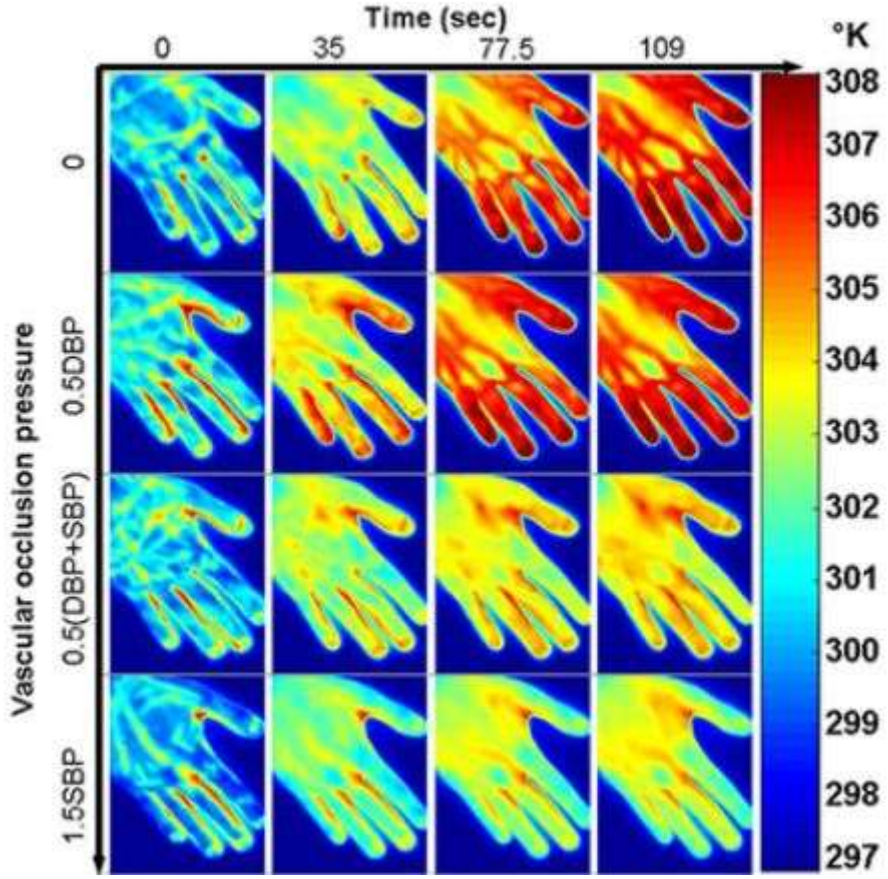
Source : Dr H.C. Barbosa , Brasil

Syndrôme du corps dissocié:



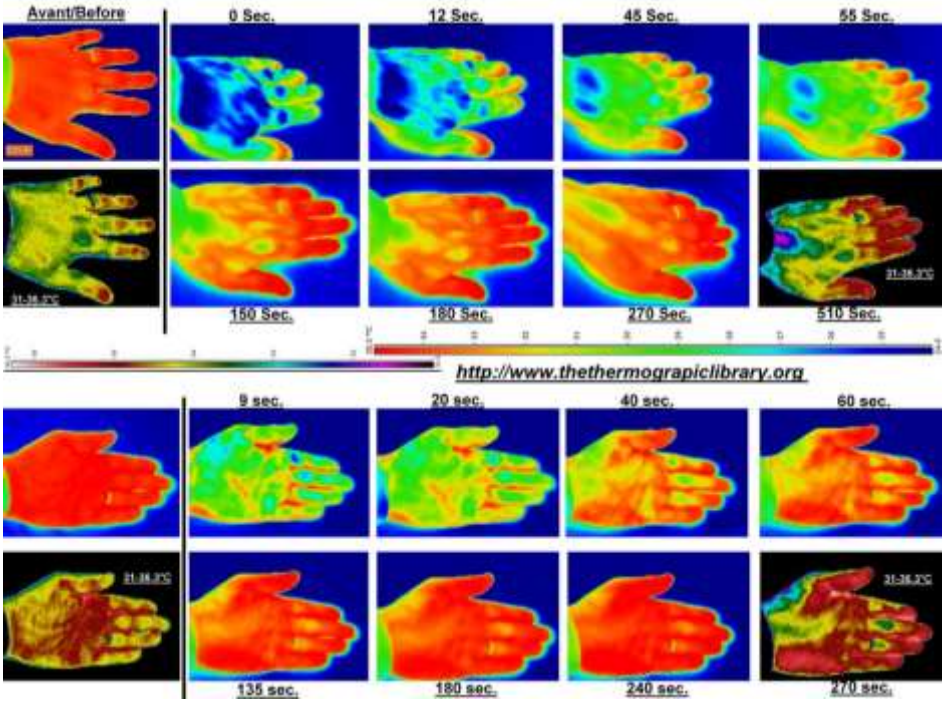
Effet secondaire d'une sympathectomie

Test d'occlusion vasculaire :

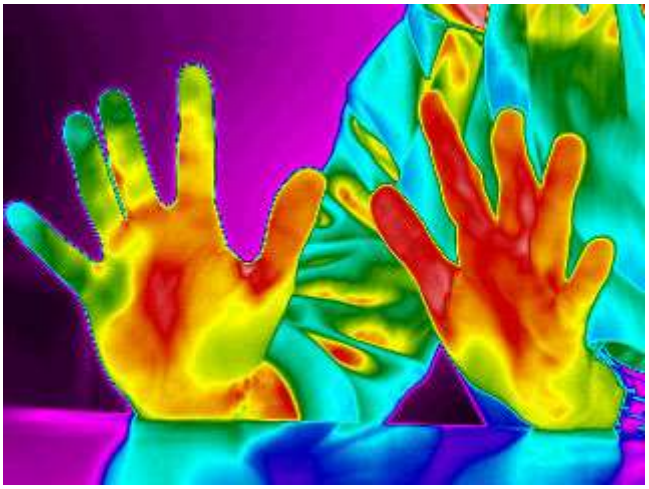


Source : Dual-mode Imaging of Cutaneous Tissue Oxygenation and Vascular Function

Ici encore ce test est basé sur la réaction de la main au froid, analyse dynamique et active donc.

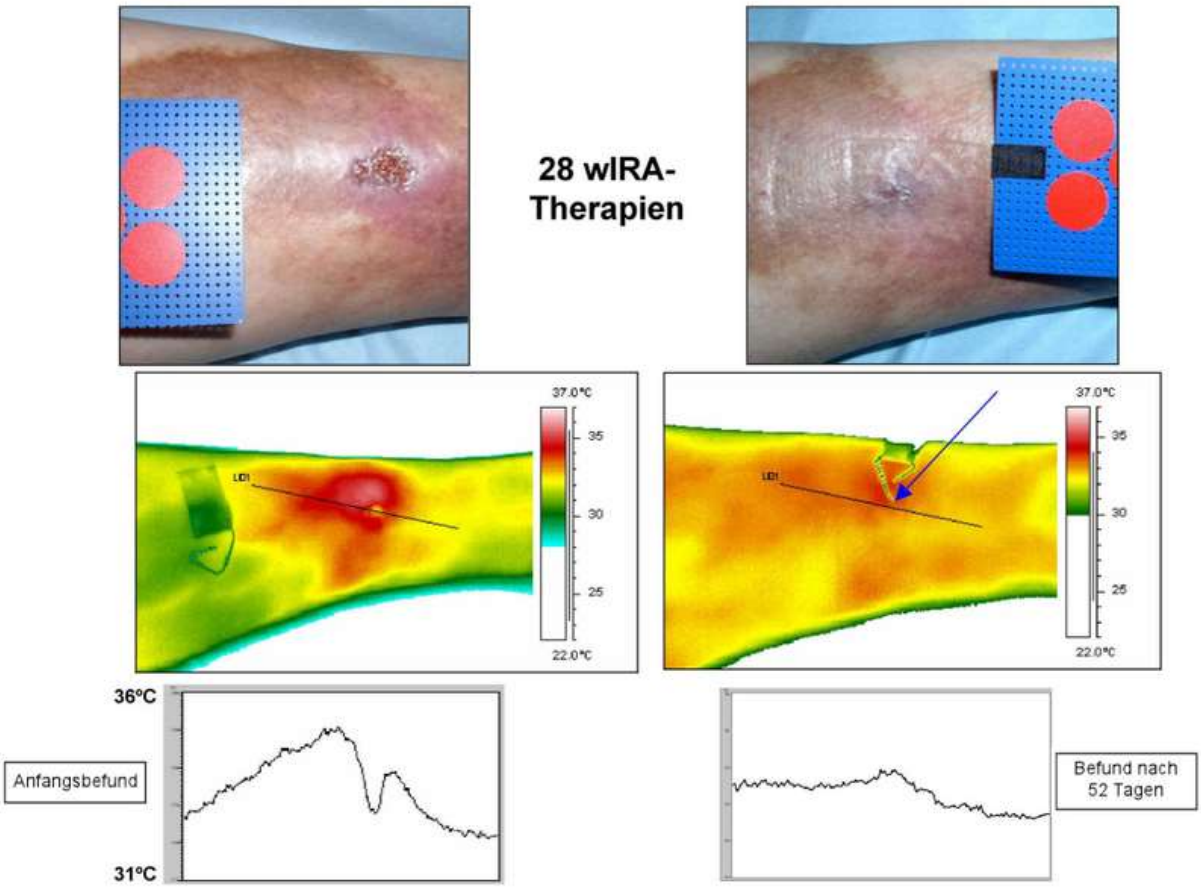


Visualisation d'une sclérose :



Source : InfraredCameraInc, USA

Lésion genou :

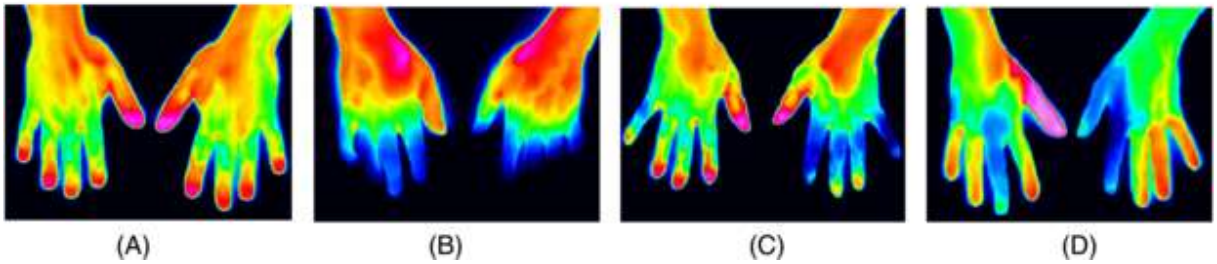


Source : Thermografie-Verlauf-unter-wIRA.png Auteur: Gerd Hoffmann, Germany

Il s'agit ici d'une analyse d'efficacité de traitement au cours du temps.

Maladie de Raynaud :

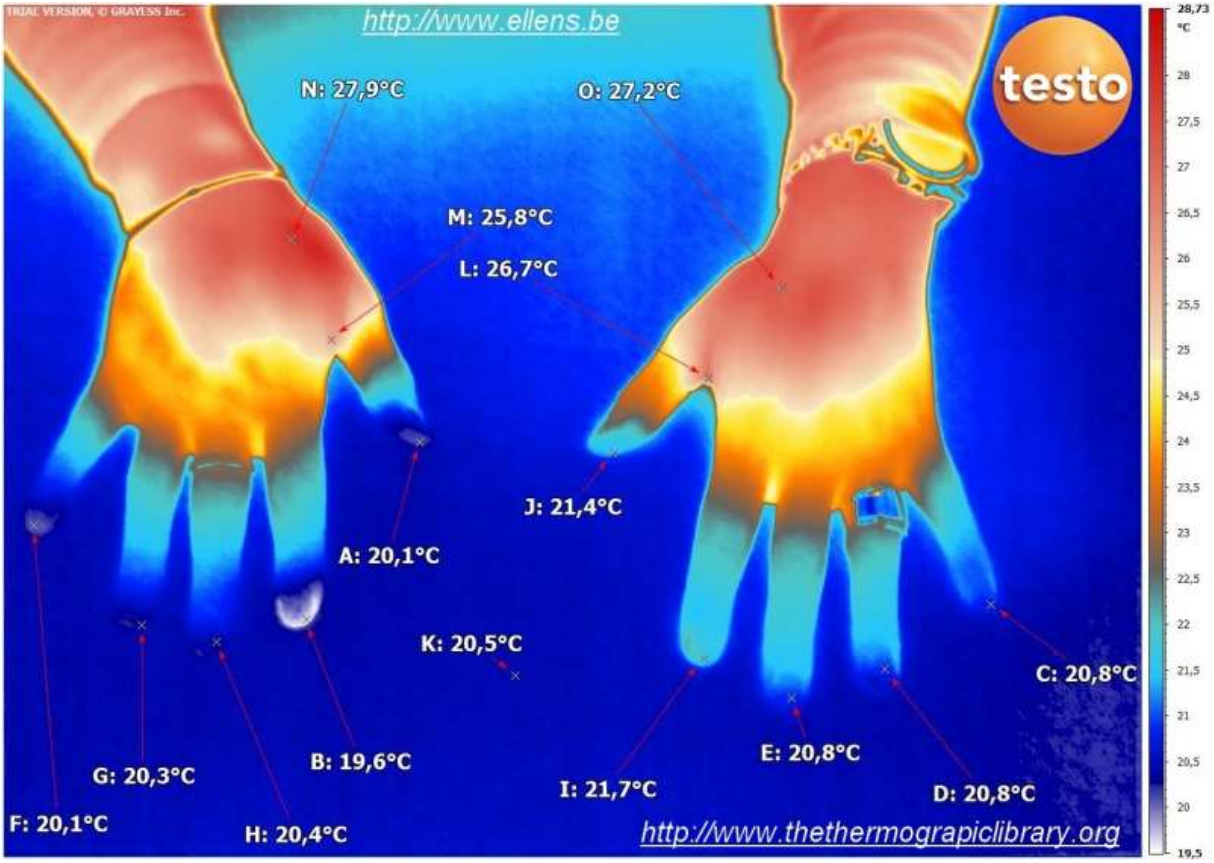
Figure 4 from E F J Ring and K Ammer 2012 Physiol. Meas. 33 R33



Source: Infrared thermal imaging in medicine, 2012 Physiol. Meas. 33 R33 doi:10.1088/0967-3334/33/3/R33

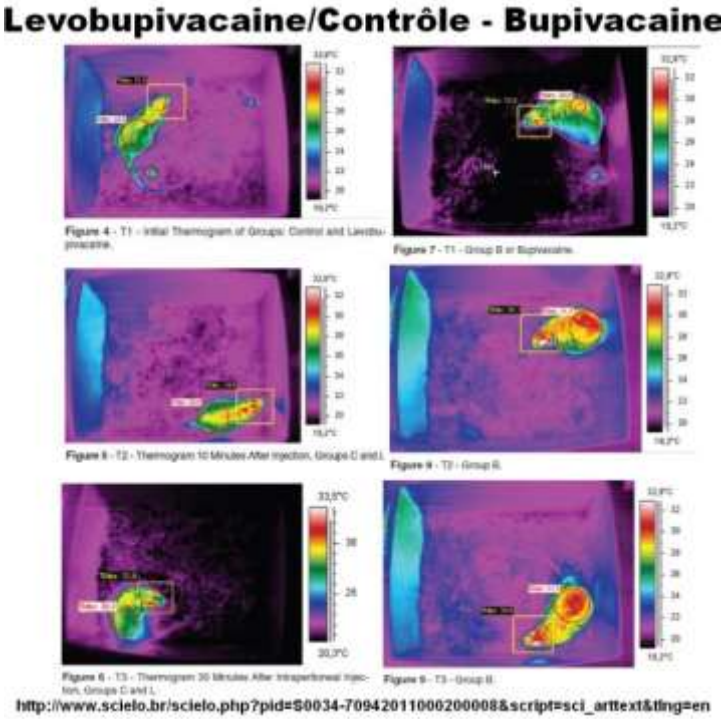
A. Situation normale; **B**. Mains saines plongées 10 minutes eau 20°C; **C**. idem avec une personne souffrant de la maladie de Raynaud; **D**. Personne souffrant de blessures aux mains

Réactions physiologiques des mains vues en thermographie: A. Situation normale; B. Mains saines plongées 10 minutes eau 20°C; C. idem avec une personne souffrant de la maladie de Raynaud; D. Personne souffrant de blessures aux mains, selon E F J Ring and K Ammer



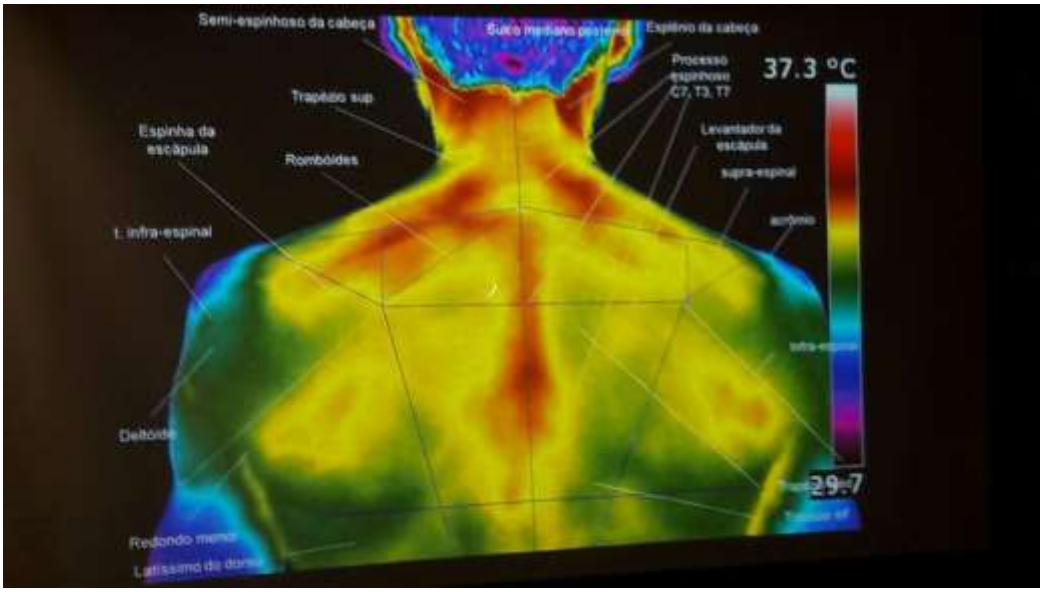
Ici un suivi en haute résolution d'un cas extrême, personne de 20 ans handicapée par cet état, la thermographie permet une objectivation de sa situation.

Analyse d'efficacité de produits d'injection sur des rats:



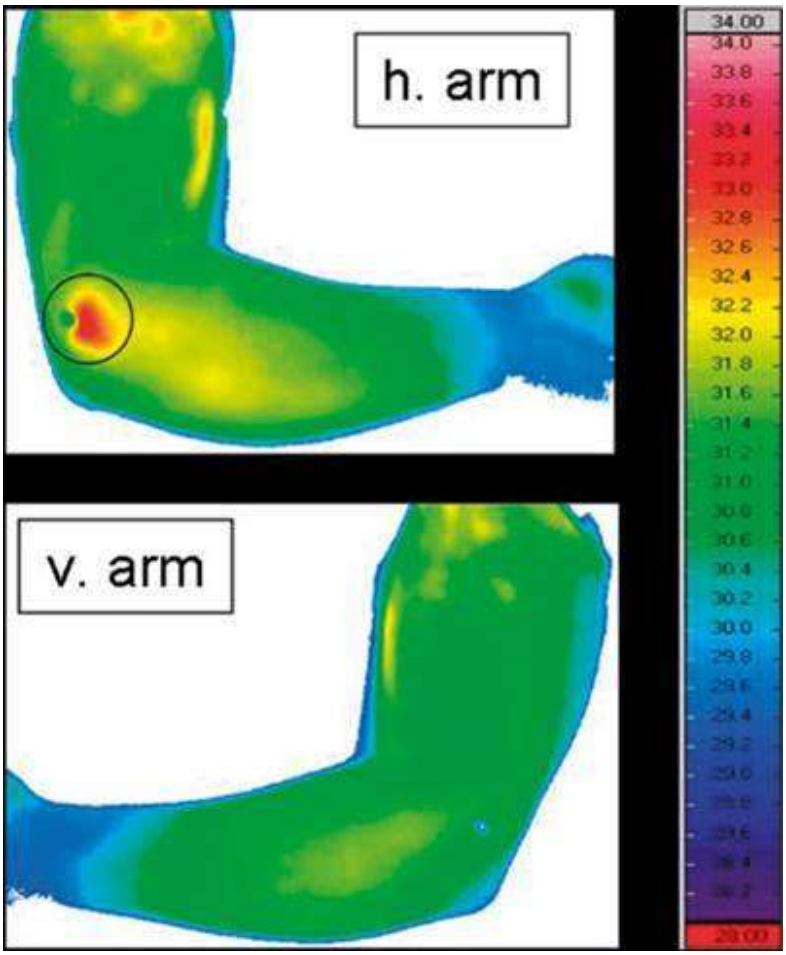
Source : [Vasomotor effect after acute intoxication with bupivacaine and levobupivacaine in rats via intraperitoneal route analyzed via digital infrared imaging]

Étude de douleurs dorsales :



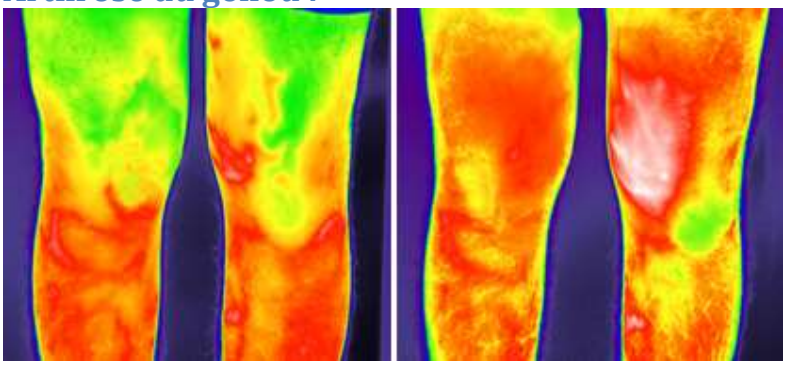
Source : Dr Cascarro

Analyse d'épicondilites:



Source: A J Norheim & J Mercer

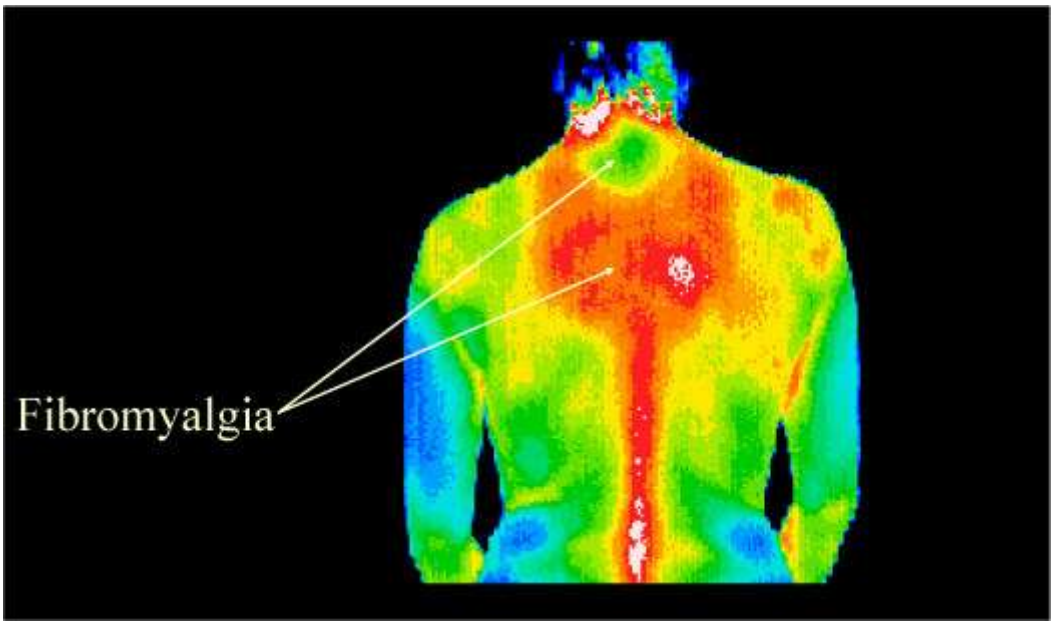
Arthrose du genou :



Source : Groupe de Recherche en Sciences Pour l'Ingénieur, Champagne-Ardennes, France

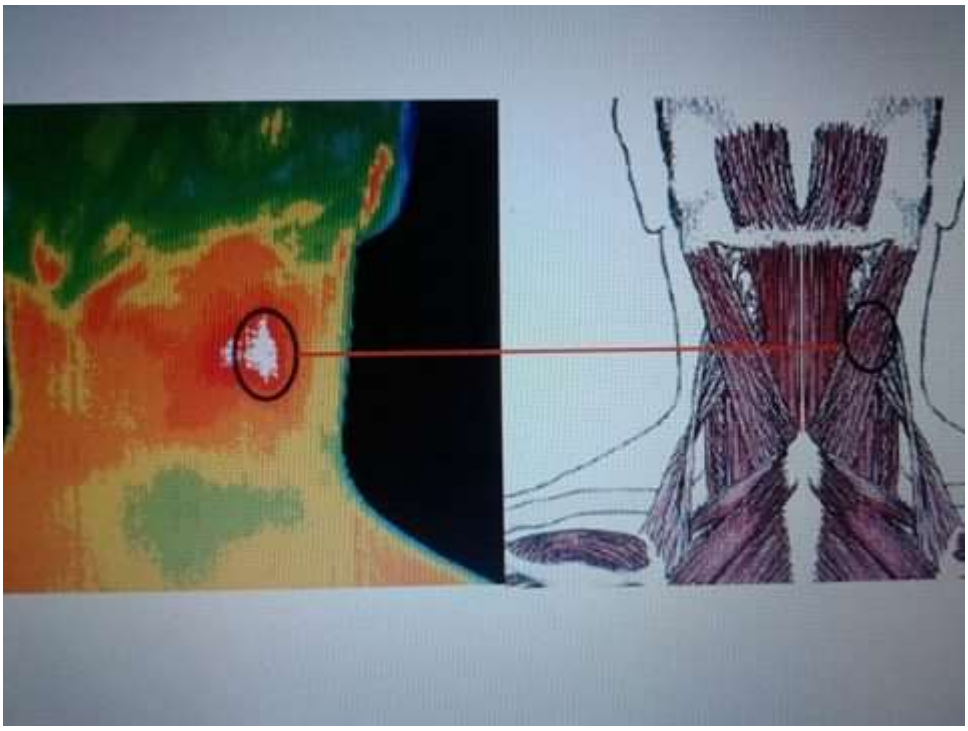
« …certaines pathologies peuvent être mises en évidence via l'utilisation d'une caméra de thermographie Infrarouge. Un protocole a été mis en place dans le but de détecter l'arthrose du genou chez le sportif jeune (footballeur ou rugbyman). Les microtraumatismes répétés peuvent augmenter la synovite qui correspond à l'inflammation de l'enveloppe de l'articulation et par conséquent augmentent la température cutanée. »

Fibromyalgie :



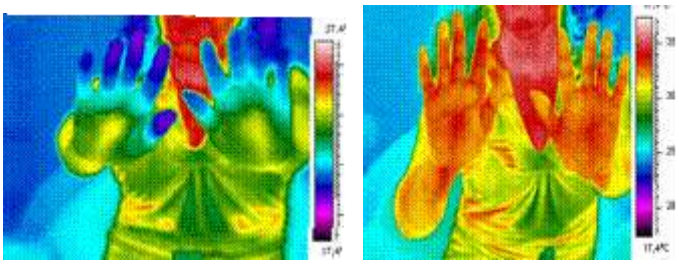
Source: USA FIBROMYALGIA ASSOCIATION, Colombus, USA

Migraines chroniques :



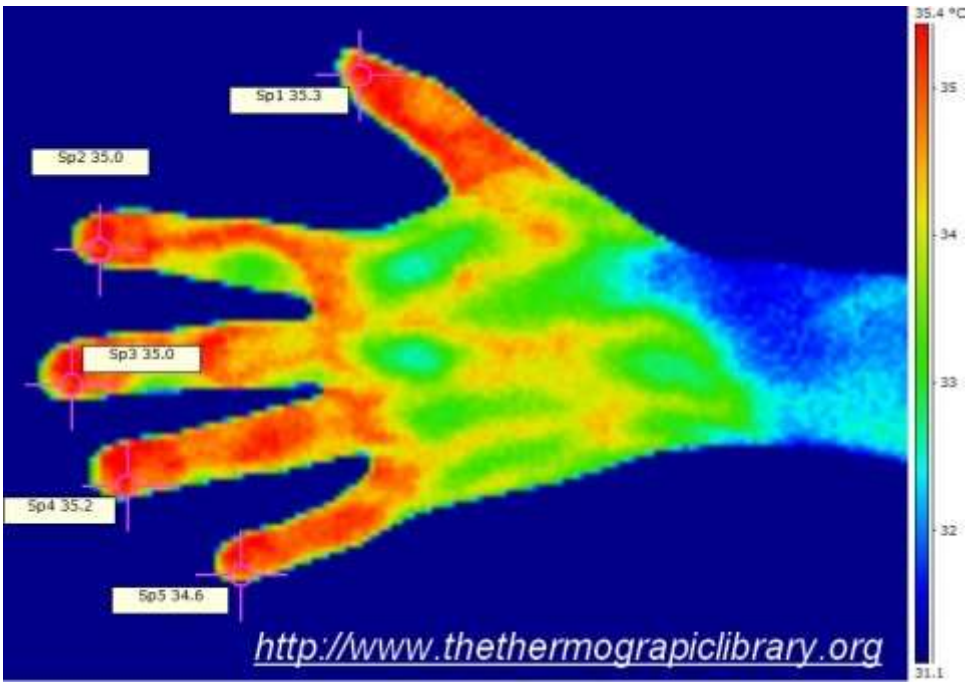
Source : Diti India
Cela a permis de découvrir et traiter une inflammation sur le splenius capitis / splenius cervicis.

Test d'efficacité d'un traitement d'ostéopathie :

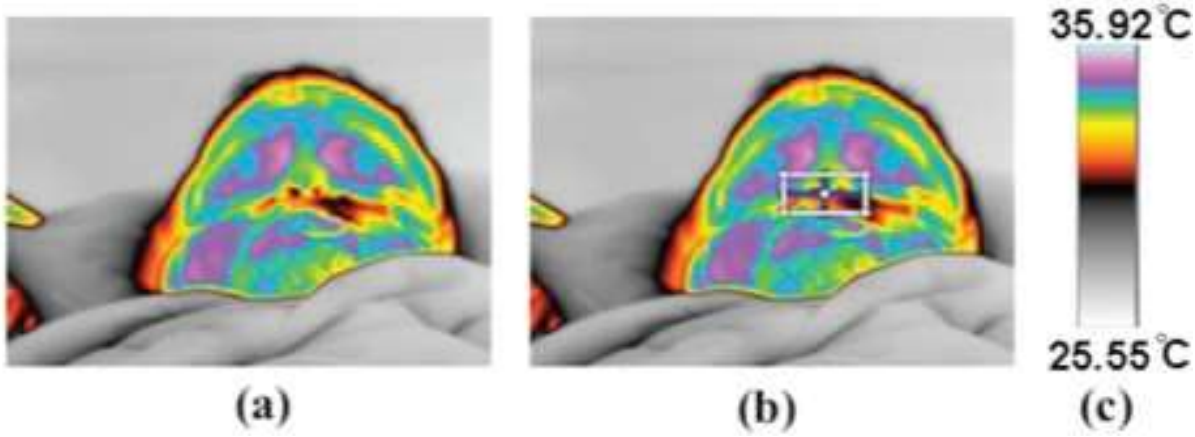


Source : Philippe ANDREANI, France (http://www.conquetedufroidinterieur.com/)

Visualisation de problèmes nerveux agissant sur la circulation :



Monitoring de respiration :



Source : http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2768959/?tool=pubmed

Conclusions :

Les applications pratiques de la thermographie dans le domaine médical tant en recherche qu'en détection, diagnostic, … sont nombreuses.

Cependant son utilisation est délicate et les protocoles doivent être rigoureux même si pour des urgentistes cela peut fournir des informations essentielles et immédiates utiles à aider une prise en charge, la thermographie n'est normalement pas utilisée seule devra être confirmée par une mesure secondaire de vérification.

Elle est par contre totalement efficace dans le cadre de suivi de situation, pour tirer des états comparatifs, objectiver des états de douleurs ou de lésion, …

Elle permet de vérifier des efficacités de traitement mais aussi de respect du protocole par les patients. En kinésithérapie, ergothérapie, ostéopathie, … elle permet une aide à l'apprentissage des étudiants, le suivi de cas compliqués, l'analyse des plaintes à la douleur, des inflammations, des éventuelles lésions accidentelles durant traitement, … En chirurgie également, cela permet de vérifier des réactions corporelles ou de s'assurer des effets secondaires d'une opération ou non.

L'avantage de la thermographie, c'est de permettre aussi un premier bilan avec un appareillage rapide, peu coûteux, non intrusif, portable et plus rapide d'accès que les appareils classiques. Cela permettrait aussi de dégorger les files d'attente dans certains cas en éliminant des examens inutiles(en dehors de l'urgence, il faut souvent un mois d'attente voire deux pour une IRM par exemple).

Enfin, son aspect cartographie thermique est utile à visualiser objectivement et à froid l'ampleur d'une situation.

Dans le cadre des visites médicales et du dossier médical, ce serait aussi une méthode d'objectivation de l'évolution de l'état d'un individu ainsi que la compréhension de l'évolution des affections permettant une amélioration de la prévention mais aussi un allègement des traitements et une amélioration de leur dosage.

Enfin, dans cette budgétairement difficile et devant les scandales sanitaires, un outils pour objectiver ce que le corps peut guérir par lui-même à travers des techniques douces et là où cela ne marche pas ainsi que des études plus précises sur l'effet placebo, toutes ces choses qui ont un avantage : celle de ne pas coûter mais en plus de ne pas avoir d'effets secondaires.

Table des matières:

Introduction : 1
Que peut apporter la thermographie en santé publique ? 2
Que peut apporter la thermographie sur le plan national ? 2
Oui mais le coût ? 2
Notion de signature thermique du corps humain 3
Notion d'émissivité : 4
Un des protocoles d'observation 5
Précision et exactitude de la thermographie ? 7
Que voit-on et avec quel matériel ? 8
Quelques affections étudiées avec la thermographie : 9
Cancer du sein : 9
Analyse du diabète : 10
Neurone de Morton: 10
Syndrôme du corps dissocié: 10
Test d'occlusion vasculaire : 11
Visualisation d'une sclérose : 12
Lésion genou : 12
Maladie de Raynaud : 13
Analyse d'efficacité de produits d'injection sur des rats: 14
Étude de douleurs dorsales : 14
Analyse d'épicondilites: 15
Arthrose du genou : 15
Fibromyalgie : 16
Migraines chroniques : 16
Test d'efficacité d'un traitement d'ostéopathie : 17
Visualisation de problèmes nerveux agissant sur la circulation : 17
Monitoring de respiration : 17
Conclusions : 18