

Photographie de la chaleur, nouvel instrument de la science

LA thermographie est un instrument scientifique nouveau qui promet d'être la panacée universelle aussi bien pour le cancer que pour les pannes d'électricité.

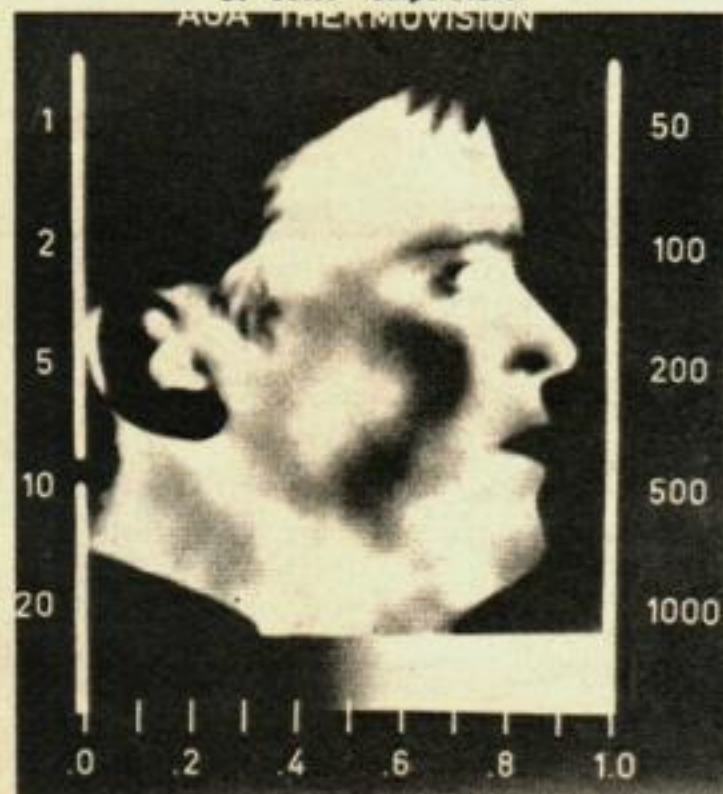
Un incendie échappe au contrôle des pompiers et détruit des kilomètres de forêt. Les soins d'un mari vigilant se terminent par la mort de sa femme qui meurt d'un cancer du sein. Des millions de gens sont plongés dans le noir tandis qu'une panne électrique balaie plusieurs États. Toutes ces catastrophes semblent n'avoir aucun rapport, pourtant elles partagent un espoir nouveau ; un procédé unique peut, peut-être, leur apporter un soulagement à tous.

Ce procédé est la thermographie, un phénomène qui peut espionner un soldat caché dans la jungle, qui peut aussi aider à déceler les engelures, à analyser la surface de la Lune, à prédire le feu, le cancer et même les pannes de courant.

Bien qu'encore jeune dans son expérimentation, la thermographie capte les ondes de chaleur et les imprime sur clichés fixes ou sur film. De tels graphiques de chaleur s'appellent des thermogrammes. Ils représentent le contour des températures du sujet plutôt que son image réelle. Les savants interprètent ces cartes de chaleur, donnant des renseignements fort utiles et bien souvent, plus précis que ceux obtenus par d'autres méthodes.

D'ailleurs la thermographie est une branche de la radiométrie à infrarouge. Elle mesure

LE THERMOGRAMME montre la variation de température des tissus faciaux. Les taches sombres de l'oreille, de la joue, du nez, indiquent des zones de basse température.



et enregistre les ondes d'infrarouge émises naturellement par l'objet observé.

Le principe de base consiste à sentir, à capter les ondes de chaleur. Si vous regardez un hibiscus devant une fougère, vous voyez du rouge vif et du vert cru. C'est parce que vous recevez des ondes d'énergie de lumière visible. Chaque couleur a une longueur d'onde exacte et chaque longueur d'onde différente nous apparaît comme une autre couleur. La couleur rouge a la longueur d'onde visible la plus longue. Avec exactement la même longueur d'onde le même type d'ondes (c'est-à-dire la couleur rouge), à une fréquence inférieure s'appelle infrarouge. Nous ne pouvons capter les ondes infrarouge bien qu'elles nous entourent, nous pouvons pourtant sentir l'énergie qu'elles produisent sous l'effet d'une chaleur.

L'énergie infrarouge

Tous les objets cherchent à atteindre une température commune en relation les uns avec les autres. Ainsi le cube de glace placé dans le verre de thé a tendance à fondre tandis que le thé refroidit. Si le verre reste à la même température pendant quelque temps la glace fond tout à fait et le thé devient froid. Ainsi laissé, le thé chauffe jusqu'à ce qu'il ait atteint la température de la pièce. La pièce à son tour est insensiblement plus froide à cause du refroidissement que vient de perdre le thé. Toutes ces phases offrent de l'énergie infrarouge en proportion de leur température. La



En haut : un homme se cache dans les broussailles d'une forêt et sa présence ne peut être mise en évidence par un appareil de photographie ordinaire.

En bas : le thermogramme montre clairement la silhouette de l'homme, qui, grâce à sa chaleur corporelle s'isole du milieu environnant plus froid. Les zones chaudes sont indiquées par des taches claires, les zones froides par des taches sombres.



radiation est continuellement émise, absorbée et reproduite par tous les objets tandis qu'ils échangent de la chaleur.

Certains objets absorbent beaucoup d'énergie infrarouge ainsi les surfaces non réfléchissantes, telle que la peau, tombent dans cette catégorie. Ce qui est intéressant à noter c'est que tout objet émet une quantité égale d'énergie à celle de l'énergie infrarouge absorbée. Cette caractéristique permet de mesurer la quantité d'infrarouge émise et de l'associer à la température de l'objet. Cette information est alors transformée en schéma thermique ou thermogramme. Ceci se fait à l'aide d'un instrument thermographique qui capte les ondes sur une lentille quand elles sont émises de l'objet.

Ce renseignement est alors converti en impulsions électriques proportionnelles qui sont envoyées dans un canon à électron sur la face interne d'un tube à rayons cathodiques, sous un courant continu de signaux blancs et noirs, exactement de la même façon que sur l'écran de télévision. Ce résultat étant la photographie thermique d'un sujet, une photographie des contours de ses différentes températures. Le noir évoquant les régions les plus froides, le blanc les plus chaudes, les nuances de gris indiquant les températures intermédiaires.

Les échelles de température dépendent de chaque thermographe. Par exemple, un thermographe d'un certain type peut mesurer les températures de -15° à 50° C. Avec cette marge de température le thermographe est suffisamment précis pour montrer les variations de $1/6^{\circ}$ centigrade. Un tel mécanisme est précieux pour les diagnostics médicaux. D'autres appareils peuvent montrer avec moins d'exactitude les différences mais ont une marge de température plus vaste. Une de ces

machines mesure les températures de -28° C à $+183^{\circ}$ C. De telles différences de température seraient favorables aux inspections des systèmes de climatisation.

Il y a deux types essentiels de machines thermographiques. L'une produit une image réelle presque similaire à celle de la télévision. Les images apparaissent sur le tube cathodique lorsque le sujet bouge. Par exemple, le mouvement d'un incendie peut être suivi dans toute son évolution. L'image peut être enregistrée tandis que le fait se passe. Des films du déplacement de la chaleur, montés sur tube cathodique, peuvent être enregistrés simultanément s'il le faut.

Un autre type de thermographie est identique aux instantanés des appareils photographiques. Des thermogrammes de ce type de machines peuvent prendre de 15 secondes à 4 minutes de pose, ceci dépendant de la façon dont la machine est employée. Le sujet doit rester immobile pendant la durée de la pose. Ce genre de thermogramme est utilisé pour prendre des clichés de sujets tels que les fusées ou les différentes parties du corps humain. Des photographies de ce thermogramme peuvent aussi être prises pour garder une image permanente, sinon la « photo-thermique » s'efface de l'écran par la seule pression d'un bouton, aussi facilement qu'en effaçant la craie sur un tableau noir.

Dans un autre système, la compagnie A.G.A. de Suède transforme la température en différentes couleurs, à l'aide de filtres. Une telle lecture de températures (représentée de couleurs et d'ombres) apparaît pour chaque partie du sujet. Ce procédé est plus précis que le noir et blanc et considérablement plus facile à interpréter.

Une carte de chaleurs n'est pas très

Le fait de fumer abaisse temporairement la température des extrémités à cause d'un rétrécissement des vaisseaux sanguins. Le thermographe indique la chute de température en montrant les mains claires, puis progressivement sombres après la cigarette. Le retour à la température normale prend environ 105 minutes.



atrayante en elle-même, mais que peut-elle nous apprendre ?

Imaginez que vous êtes de garde, près d'un puits à munitions dans la jungle. La nuit est fraîche et le brouillard coiffe les arbres ; vos yeux se fatiguent à essayer de localiser l'ennemi, sans succès d'ailleurs. Vous savez aussi que même sans brouillard, des hommes en tenue de camouflage peuvent vous sauter dessus sans que vous ayez le temps de réagir. Si au contraire vous ajoutez un appareil thermographique au brouillard de la jungle et à 37° (température normale du corps humain), l'individu apparaîtra aisément contrastant avec la température ambiante de l'entourage, relativement plus fraîche. Tout camouflage dont l'ennemi peut s'affubler ne déguisera jamais sa température corporelle, ni même sa position. Voici l'un des exploits de la photo thermographique.

Bien que l'armée soit le plus grand usager de telles méthodes, on en connaît assez peu les usagers puisqu'ils sont tenus secrets. Il n'est pourtant pas difficile d'imaginer les magnifiques applications de ces théories. Un thermographe pourrait clairement être dirigé vers les régions froides de l'espace car dès qu'une fusée ennemie, missile ou avion à réaction, sillonnent les airs suivis de leurs queues de chaleur (gaz d'échappement) il les localise.

Les gens qui dirigent les compagnies aériennes, les usines de climatisation, ceux qui s'intéressent aux recherches spatiales et aux industries de la houille blanche ont acclamé la thermographie. Ce système leur permet de vérifier le bon fonctionnement de leurs machines sans avoir besoin de les démonter pour s'en assurer de visu.

Par exemple la compagnie scandinave aérienne estime que 50 % du temps d'inspection accordé aux avions est employé simplement à la vérification visuelle. Temps passé simplement à regarder. La thermographie peut scruter les structures en nid d'abeilles et y déceler les endroits où il y a accumulation ou déperdition de chaleur ; ceci plus rapidement que dans d'autres parties du matériel. Une perte ou accumulation de chaleur dans un élément à nid d'abeilles peut indiquer une fêlure ou un défaut de l'appareil.

Dans un climat froid les pare-brise couverts de glace entraînent parfois à la catastrophe. Ce danger peut être prévenu en enserrant dans la vitre des résistances électriques. Le pare-brise est ainsi tenu chaud, au moins jusqu'à ce que le fil se détériore. Dans les avions, ces fils sont testés en général, en mesurant les résistances électriques, pourtant le thermographe indique les faiblesses de l'équipement, plus tôt et avec plus de précision. La compagnie « Pittsburg Plate Glass Company » a fait l'expérience des pare-brise chauffés électriquement et quelque 1969 véhicules spécialement les modèles de sport, peuvent avoir des vitres chauffantes testées au préalable par le thermographe.

Beaucoup de pannes d'électricité telle que celle qui plongea dans la nuit environ

2 000 km² dans le New Jersey, la Pennsylvanie, le Maryland et le Delaware il y a quelques années, furent attribuées à des demandes de courant mal évaluées. Maintenant les lignes électriques de plus de 50 % des Etats sont surveillées par des thermographes. Les appareils sont installés sur des camions qui parcourent rues et routes tandis qu'un spécialiste vérifie les lignes et enregistre les points chauds indiqués sur l'écran du thermographe. De tels points peuvent se situer à des croisements de fils ou sur des fils surchargés, comme les transformateurs.

Les isolateurs d'un groupe de condensateurs placés à l'extérieur peuvent brûler, les fils isolants peuvent se corroder ou surchauffer, la pince isolatrice qui protège deux fils conducteurs peut fondre à l'intérieur. Tous ces points de chaleur sont décelés par le thermographe avant même que les vrais ennuis éclatent. On peut alors effectuer les réparations avant que les catastrophes se déclenchent.

Un thermographe utilitaire est placé dans un hélicoptère qui survole les centrales électriques des montagnes et les régions désertiques, vérifiant environ 300 km de lignes par jour. Avec de telles expéditions les compagnies électriques ont pour but non seulement de prévoir les grandes pannes mais encore les petits ennuis qui affectent de 30 à 40 maisons.

Pronostics de l'assurance

En juillet dernier en Rhode Island, mille casiers à whisky contenant chacun 50 litres d'alcool explosèrent remplissant un hangar de fumée. Les lances à incendie furent toutes sorties et les pompiers déversèrent tout ce qu'ils purent dans cette bouche béante de l'enfer. Avant que le feu ne fut éteint, tout fut perdu.

Le thermographe est employé par la Compagnie Nationale Suédoise d'Electricité pour inspecter les lignes de tension. Les points prêts à flancher sont détectés avant que la panne ne se produise. La température élevée des transformateurs (en bas, à droite) apparaît en très clair sur la pellicule.



Cet autre incendie avait été prévu (par l'assurance) les pompiers étaient sur place avant que la première allumette ne fut craquée. Les pyromanes étaient payés pour leur vice ; le travail étant d'analyser les équipements qui servent à lutter contre le feu et les feux eux-mêmes, pour le compte de la Factory Mutual Research Center, branche de recherche d'une compagnie d'assurance industrielle.

Le centre entretient deux laboratoires dans le but spécial de mettre à feu les hangars des clients afin de déterminer les risques d'assurance. Evidemment dès que les lances et les tuyaux commencent à inonder le feu, la fumée se soulève. « L'image entière est obstruée », explique le docteur Russell Pierce, chef du centre de recherches. Mais le thermographe peut voir à travers la fumée et la vapeur, détaillant ainsi l'évolution du feu et sa température. Bien que le docteur Pierce ait pris l'habitude d'allumer des feux depuis longtemps déjà, il n'a à sa disposition le thermographe que depuis peu. Auparavant il devait utiliser des couples thermiques qui souvent s'oxydaient à la chaleur. Ils donnaient des résultats incertains et fragmentés. Avec le thermographe le docteur Pierce peut diriger les pompiers avec une précision infailible (« Hé ! les gars, ça brûle encore par ici »). Le thermographe révélera à coup sûr les points chauds prêts à ranimer le feu.

Tout élément (depuis le contre-plaqué jusqu'aux cellules solaires) collé, soudé, ajusté en plaques peut être testé pour défections. La méthode pour déceler les défauts de structure commence en chauffant l'objet de quelques degrés au-dessus de la température ambiante. La chaleur envahit l'objet uniformément et si le matériel d'assemblage n'a pas fonctionné d'une façon homogène la chaleur est arrêtée et ne peut continuer à parcourir l'objet, elle commence à s'infiltrer dans toutes les directions. Ainsi la partie mal ajustée offre un point froid dans un entourage de chaleur et dessine sur le thermographe une tache sombre. Si la colle s'est accumulée à un certain endroit, la chaleur ne s'infiltrer que lentement et cela cause une tache plus claire sur le schéma que présente le thermographe. Ainsi le matériel entreposé peut être inspecté afin de prévoir les malfaçons. Tout produit stratifié comme le contre-plaqué, la laine de verre et les circuits électroniques peuvent être vérifiés

par le thermographe selon ce procédé très simple.

La pollution thermique est un problème nouveau et on l'élucide selon les techniques de la thermographie, suivant Nathan Buitenkant de la compagnie Bahnes Engineering. Une telle pollution est souvent provoquée par les centrales nucléaires. La centrale Indian Head dans l'Etat de New York, par exemple, a tué des milliers de poissons avec l'eau chaude qu'elle a déversée dans les rivières lorsqu'elle a commencé à fonctionner. Evidemment les rivières subissent l'influence des marées et de multiples autres facteurs.

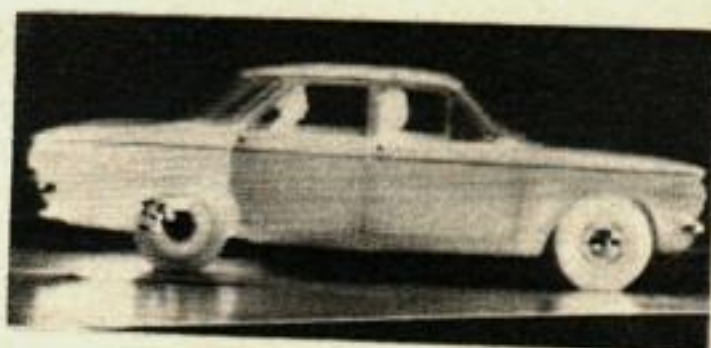
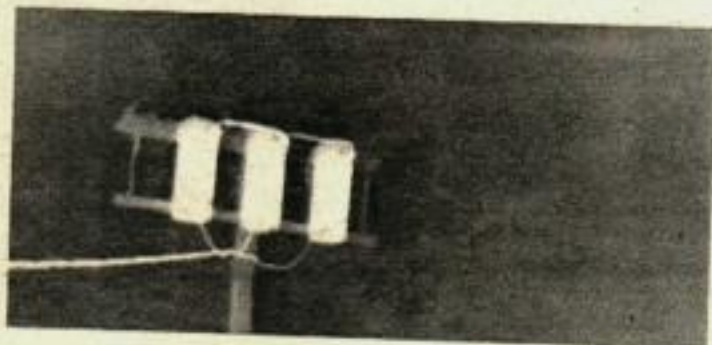
Personne ne connaît vraiment tous les effets de la chaleur, c'est pourquoi M. Buitenkant espère que les cartes de chaleurs révéleront de nouveaux facteurs, sur les régions et les effets de la pollution thermique des cours d'eau.

La thermographie a, avec beaucoup de succès, résolu les problèmes des lancements de véhicules spatiaux et surtout dans l'inspection des cellules solaires. Le centre N.A.S.A. de Cleveland, Ohio, construit une cellule solaire à deux niveaux. Dans une pièce remplie de lumière solaire artificielle, les cellules évoluent telles qu'elles le feraient dans l'espace. La fausse lumière solaire produit un courant électrique navigant entre les deux couches. Tout court-circuit est visible sur l'écran du thermographe, comme point chaud, c'est-à-dire sous l'aspect d'une tache brune.

Qu'est-ce qui cause les hauts points de chaleur rencontrés dans le cratère Tycho sur la surface de la Lune ? Ce problème préoccupe le docteur John W. Salisbury et ses associés, au centre de recherches de l'armée de l'air à Cambridge, au Massachusetts. Les chercheurs savaient que le cratère était chaud mais ignoraient si la chaleur venait de l'intérieur même de la Lune. Si la chaleur est interne, elle provient d'une action volcanique à l'intérieur de l'écorce lunaire. D'autre part si la chaleur se réfléchissait du soleil, le cratère serait sûrement le résultat d'une collision avec un météorite. Les chercheurs dirigèrent leur thermographe Barnes, spécialement conçu pour les conquêtes célestes et l'ajustèrent à travers les 360 000 km de l'espace, vers le cratère.

Le renseignement obtenu leur indiqua que la chaleur de Tycho était une chaleur réfléchie confirmant ainsi l'hypothèse de la collision.

Les zones chaudes du moteur de cette voiture apparaissent en clair. Remarquez aussi que les occupants se dessinent en clair à cause de leur température corporelle. Les fabricants de voitures emploient le thermographe pour déceler les défauts de structure et les faiblesses électriques de leurs véhicules.



Un autre problème, peu commun, ennuyait les protecteurs d'oiseaux ; ceux-ci espéraient repeupler les vols de canards sauvages. Ils comptaient y parvenir en introduisant des canards élevés en captivité parmi les canards sauvages. Les canards sauvages n'acceptant les nouveaux venus que s'ils se comportaient comme eux. D'où le dilemme : que font les canards sauvages la nuit ?

Mangent-ils ? Dorment-ils ? Montent-ils la garde chacun leur tour ? Recherchent-ils la compagnie d'autres canards ? Il n'était pas question de braquer une lampe sur les canards, d'ailleurs là n'était pas la réponse puisque le moindre éclairage troublerait les occupations nocturnes des canards sauvages. Donc les savants employèrent le thermographe pour suivre les canards à travers la nuit, captant sur leurs films la chaleur de leurs corps ainsi que leurs mouvements. Cette étude est encore en cours, pratiquée la nuit d'un petit bateau. Avec les renseignements obtenus, les amis des canards espèrent que les canards captifs pourront procréer puis s'intégrer au vol des canards sauvages.

Les applications médicales de la thermographie sont basées sur l'importance de la température du corps humain, en divers endroits. Le thermomètre, de tout temps reconnu, ne donne qu'une indication locale. Certaines lectures tout à fait spéciales furent rendues possibles par les électrodes mais chaque fil d'électrode doit être souvent réajusté minutieusement selon une étude détaillée. Le thermographe, lui, donnera des températures de toutes les parties du corps, à chaque photo prise.

Peut-être pensez-vous que la température donnée ne transmet que la température de la peau, ce n'est pas le cas, car la chaleur et le froid des tissus sous-jacents traversent jusqu'à la peau.

Toute mère sait que si elle tâte une partie quelconque du corps de son enfant — front, bras, ventre — lorsque l'enfant a de la fièvre tout excès de chaleur est perceptible immédiatement. Ce critère est employé thermographiquement pour isoler et localiser les inflammations et en déterminer la gravité.

Une inflammation de la peau, une enflure, un bleu ou une infection située directement sur les veines apparaîtra comme une zone chaude. Par contre la peau tendue sur des surfaces peu sanguines (par exemple les jointures, les genoux) seront des zones froides. Un thermogramme du corps montrera la circulation du sang et les zones anormalement chaudes. Ainsi les médecins pourront étudier un thermogramme et reconnaître les endroits qui ne coïncident pas au schéma normal de froid et chaud.

Chacun sait combien une entorse ou une foulure donnent une impression de chaleur. Les tissus blessés se montrent plus chauds que les tissus environnants. Avant la découverte de la thermographie ces différences de températures étaient trop subtiles pour favoriser la guérison du client. En 1951, deux

Anglais, les docteurs R.W. Lawson de l'hôpital Royal Victoria de Montréal et K. Lloyd Williams, de l'hôpital Middlesex de Londres, découvrirent que la température de la peau sur un cancer du sein était de 1° ou 2° plus élevée que celle des tissus non cancéreux. Malheureusement aucun procédé pratique ne fut mis en œuvre pour approfondir cette découverte.

Une des applications médicales de l'utilisation de la thermographie qui nous paraît la plus attrayante emploie les connaissances suivantes : l'essai de division d'un procédé de localisation du cancer du sein, ceci sur écran. Le docteur Jacob Gershon-Cohen, professeur de recherches radiologiques au centre médical Albert Einstein à Philadelphie, a employé la thermographie en l'associant à d'autres méthodes afin de déceler le cancer avant qu'il ne soit trop avancé. Aujourd'hui plus de 5 000 femmes ont été thermographiées. Si un cancer du sein peut être découvert lorsqu'il est encore bénin, il n'a pas le temps de se propager en d'autres parties du corps. Le docteur Gershon-Cohen et d'autres qui travaillent dans cette branche espèrent que la thermographie puisse devenir un moyen simple de tester efficacement un grand nombre de femmes. S'ils réussissent, le cancer du sein ne pourra plus emporter les 500 victimes qu'il tue par semaine actuellement.

Punch à la médecine

La thermographie a beaucoup d'autres emplois médicaux. Elle peut diagnostiquer les
(Suite page 127)

Le cancer peut être dépisté très tôt grâce à la thermographie. La température des tissus cancéreux étant légèrement plus élevée que celle des tissus normaux. Cette différence de température apparaît en clair sur le thermogramme. Cette femme souffre d'un cancer du sein droit.



TABLE DES MATIÈRES

AVION ET MARINE	
Un vol historique : Concorde	10
La galerie des avions célèbres.	
Le Boeing P. 126	38
Histoire d'une croisière	58
Les motoglisseurs	90

AUTOMOBILE ET TRANSPORT	
Voyage à travers les U.S.A. dans une voiture électrique	14
A pied pendant 90 jours	19
Les terrains d'essai, leur utilité ?	24
Le cavalier du ciel	54

DIVERS	
AUTEC: centre d'essai des armes sous-marines	30
Sont-ils nos ancêtres ?	34
Le mystère du grand ours gris	40
Le miracle quotidien de la télévision	86

RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET BREVETS	
La science dans le monde	13
Les nouveaux brevets	46
La photographie de la chaleur	108

POUR LE BRICOLEUR

AUTOMOBILES ET TRANSPORTS	
Comment vérifier et remplacer les joints de soupape	76

Comment préparer un moteur marin pour l'hiver	82
Fabriquez des attaches pour raquettes	91
Construisez ce traîneau	92
Une voiture de brousse	96

SPORTS	
Comment recharger vous-même vos douilles de fusil de chasse	70

PHOTOGRAPHIE - TELEVISION	
Qui vous dit que vous ne pouvez pas toucher une télévision en couleur	48
Comment acheter une bande magnétique	64
Pour agrandir vos photos	80

POUR VOTRE MAISON ET VOTRE INTERIEUR	
Idées des lecteurs	85
Un meuble mural : stéréo et bibliothèque ..	100
La clinique des propriétaires	105
Un nouveau tapis de sol en vinyl	104
Solutions pour la maison	106

POUR VOTRE ATELIER	
Nouveaux outils	95

Photographie de la chaleur, nouvel instrument de la science

(Suite de la page 112)

fractures, les foulures et les hématomes. Dans une fracture, par exemple, les tissus atteints peuvent rester chauds pendant tout le temps que le malade souffre.

Le manque de circulation et les engelures apparaissent clairement au thermographe. L'engelure tue les tissus. La ligne entre les tissus morts et les tissus vivants est noire et blanche sur le thermogramme. De telles connaissances permettent aux chirurgiens d'enlever très précisément toute la surface gelée.

Les brûlures aussi apparaissent très clairement sur le thermogramme. Plus la brûlure est grave plus les vaisseaux dessinés varient du schéma habituel. De plus le centre de la brûlure sera plus enflammé. Quand la brûlure diffusera des radiations vers les tissus normaux l'inflammation tendra à disparaître. Les régions chaudes et froides apparaissent sur le thermogramme et indiquent la gravité de la brûlure. Divers thermogrammes peuvent être pris tandis que la brûlure guérit et montre la marche de la guérison. La beauté de la thermographie est qu'il n'est nullement nécessaire d'infliger à une brûlure douloureuse une technique pénible. Le thermographe mesure simplement les températures sans toucher les surfaces irritées.

Une étude récente de Gershon-Cohen sur l'effet des cigarettes sur l'organisme du fu-

meur, souligne ce que les docteurs avaient longuement suspecté. Fumer, entraîne le refroidissement des doigts et des orteils en réduisant la taille des vaisseaux sanguins en handicapant la circulation.

L'étude déclare que le fumeur d'un paquet de cigarettes par jour, un homme de 68 ans, en bonne santé, avait les doigts à une température normale de 32° (les doigts et les orteils sont plus froids que le torse), cette température tombe à 30° après avoir fumé une cigarette. Une seule cigarette entraîne le dérèglement de la circulation pendant une demi-heure à quarante-cinq minutes. De telles études ouvriront de nouveaux horizons sur les effets fort contestés des cigarettes.

La thermographie a assurément un futur exceptionnel. Comme le rayon laser, des précisions et des expériences plus approfondies la rendront de plus en plus utilisable. Pourtant il y a des limites et certaines sont les bienvenues.

Récemment un douanier lut un article sur la thermographie et rêva d'une utilisation spéciale de cette technique nouvelle dans sa branche. Il voulait arrêter les contrebandiers. Il savait que le fait de passer au contrôle vigilant des douaniers donnerait aux voleurs un sentiment de culpabilité. Il espérait que ce sentiment de culpabilité ferait augmenter la température des voyageurs. Il se proposait d'utiliser un thermographe qui enregistrerait toutes les températures des passagers. Les voleurs seraient nerveux, fiévreux, et leurs bagages seraient minutieusement fouillés. A son grand regret le procédé ne marcha pas.