

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Le chauffage par contact  
**Autor:** Imhof, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057746>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

RÉDACTION:  
Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens  
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:  
Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 5 17 42  
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

XXXIV<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 18

Mercredi, 8 Septembre 1943

## Le chauffage par contact

Par A. Imhof, Zurich

621.364.3 : 662.917

*Un mode particulier de chauffage individuel consiste à compenser la déperdition de chaleur du corps humain à l'aide de corps de chauffe souples. Des mesures effectuées sur le corps humain et des essais de confort servent à l'établissement de recommandations pour les appareils de chauffage de ce genre. Description de deux modèles d'appareils de chauffage par contact: le manteau chauffant à tension réduite et la couverture chauffante. Le chauffage par contact permet d'économiser de très grandes quantités de combustible, sans diminuer le confort. L'auteur, se basant sur l'expérience acquise, combat l'habitude de chauffer les locaux à 18 ou 20° C et préconise une température de l'air ambiant d'environ 12° C seulement, avec chauffage additionnel par contact.*

*Das Wesen einer besondern Art der Individualheizung, bei welcher die Entwärmungsregulierung des Körpers durch direkte Berührung mit flexiblen Wärmeflächen in praktisch geeignet durchgebildeter Form erfolgt, wird behandelt. Messungen am menschlichen Körper und Behaglichkeitsversuche werden zur Aufstellung von Richtlinien für die Ausbildung von Heizgeräten verwendet. Zwei Ausführungsarten, die daraus hervorgegangen sind, werden beschrieben: Der Kleinspannungs-Heizmantel und der «Berührungsofen». Es wird gezeigt, dass durch Einführung der Berührungsheizung ohne Einbusse an Behaglichkeit ganz gewaltige Mengen Brennstoff gespart werden können und dass das körperliche Befinden günstig beeinflusst wird. Auf Grund der gemachten Erfahrungen wird die bisherige Gewohnheit der 18...20grädigen Raumtemperatur angefochten und für eine Raumlufttemperatur von nur etwa 12 Grad mit zusätzlicher Berührungsheizung eingetreten, als eine grundsätzliche Lösung des Problems der elektrischen Raumheizung.*

La littérature consacrée à la technique du chauffage distingue d'une part le chauffage par convection et, d'autre part, le chauffage par rayonnement. Il existe cependant un autre mode de chauffage, dont on s'est assez peu occupé jusqu'à présent et que nous appellerons le chauffage par contact. Il s'agit du chauffage de l'individu par son contact direct avec la source de chaleur, avec simple interposition de couches protectrices. La chaleur est transmise dans ce cas par conduction et par rayonnement rapproché, généralement à travers quelques couches de tissus. Il se produit également un rayonnement à travers de minces couches d'air.

Bien que ce mode de chauffage soit appliqué depuis fort longtemps, à vrai dire sous une forme assez rudimentaire, il n'a jamais été étudié, ni développé systématiquement. Il offre pourtant de si grands avantages, qu'il prendra peut-être une place prépondérante dans la technique du chauffage, lorsqu'il sera mieux connu et parfaitement mis au point.

L'auteur (parfois en collaboration avec M. Hottinger) s'est déjà occupé en détail, dans plusieurs publications <sup>1)</sup>, <sup>2)</sup>, <sup>10)</sup>, d'une forme particulière du chauffage par contact: le chauffage individuel par un manteau léger, chauffé électriquement. Dans le présent article, nous aimerions aborder ce problème sous une forme plus générale et présenter les avantages de ce mode de chauffage, notamment la couverture chauffante.

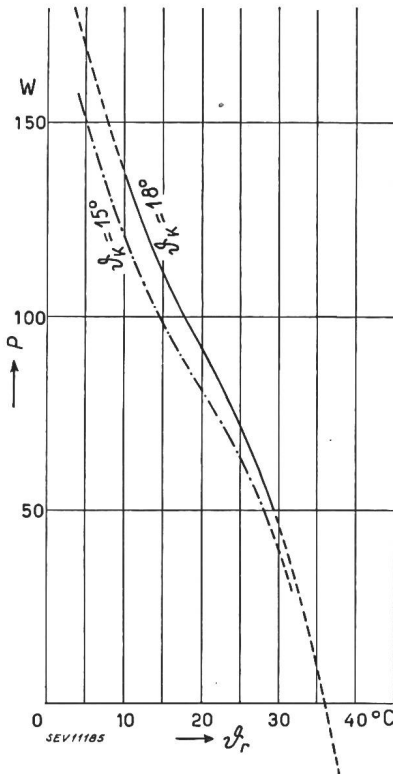
Le chauffage par contact, si négligé jusqu'ici, est des plus économiques et mérite de retenir l'attention. Appliqué avec discernement, il permet de réduire extraordinairement la consommation de combustible et même, dans certains cas, de généraliser le chauffage exclusivement électrique, étant donné qu'un chauffage électrique général peu intense peut être combiné avec un chauffage rationnel par contact.

Parmi les systèmes de chauffage par contact, signalons la banquette du fourneau en catelles des demeures paysannes, le coussin électrique, la chauffeferette, le chauffe-lit, etc. Toutefois, ces systèmes de chauffage ont le désavantage de présenter une très petite surface de chauffe par rapport à la surface du corps humain et une température par conséquent trop élevée à une certaine partie du corps.

Le corps humain constitue lui-même une source de chaleur <sup>13)</sup>. Il cède à l'ambiance, par rayonnement, convection et évaporation, la puissance calorifique indiquée sur la fig. 1, si l'on admet une position assise, une activité relativement faible, un air ambiant calme et un habillement normal. Le flux de chaleur passe normalement du corps à l'ambiance. On cherche à le réduire convenablement en chauffant le local et en adoptant des vêtements appropriés. En principe, il est évidemment possible, par un habillement suffisamment isolant, de laisser le corps se chauffer lui-même, à condition qu'il s'agisse d'une personne en parfaite santé et

<sup>1)</sup> Voir la bibliographie à la fin de l'article.

convenablement nourrie. Pour une personne constamment en mouvement, ce mode de chauffage est le plus courant et généralement le plus facile à réaliser, car la quantité de chaleur fournie est sensiblement plus grande qu'à l'état de repos. En outre, la marche ne constitue pas un travail qui soit entravé par un vêtement épais. Quand le corps est au repos, notamment lorsque la personne travaille debout ou assise, la température encore supportable pour une personne normalement vêtue



est de  $18\ldots 20^\circ\text{C}$ ; avec des vêtements particulièrement chauds, cette température peut atteindre  $14\ldots 16^\circ\text{C}$ . Même des températures plus basses, jusqu'à  $12^\circ\text{C}$  environ, peuvent être supportées — avec une impression d'inconfort et au risque de prendre froid — lorsque la personne conserve son pardessus et lorsque les parois du local ne sont pas trop refroidies.

Il va de soi que le corps humain peut séjourner sans inconvénient, ni inconfort, dans un local où règne un froid quelconque, s'il est entouré d'une enveloppe à  $20^\circ\text{C}$ , car la déperdition de chaleur ne dépasse alors pas la quantité normale. La puissance à fournir à cette enveloppe dépend de son isolation thermique et du climat de l'ambiance.

En pratique, il n'est guère possible de créer une enveloppe qui entoure complètement une personne. Plus la part qui doit être recouverte est petite, plus la réalisation du problème du chauffage devient simple et commode. En admettant, pour l'instant, que la quantité de chaleur fournie en excédent à une partie de la surface du corps puisse être compensée par une fourniture plus faible, même négative, à d'autres parties du corps, les températures de la surface de l'enveloppe chauffante

peuvent être calculées d'après la fig. 1 pour différentes grandeurs d'enveloppe et différentes températures ambiantes. Les résultats sont consignés sur la fig. 2; ils sont extrêmement intéressants pour le développement du chauffage par contact et méritent que nous nous y arrêtions un instant. (Dans ce qui suit, le premier chiffre se rapporte à la fig. 2a et le chiffre entre parenthèses à la fig. 2b.)

Remarquons tout d'abord qu'avec une enve-

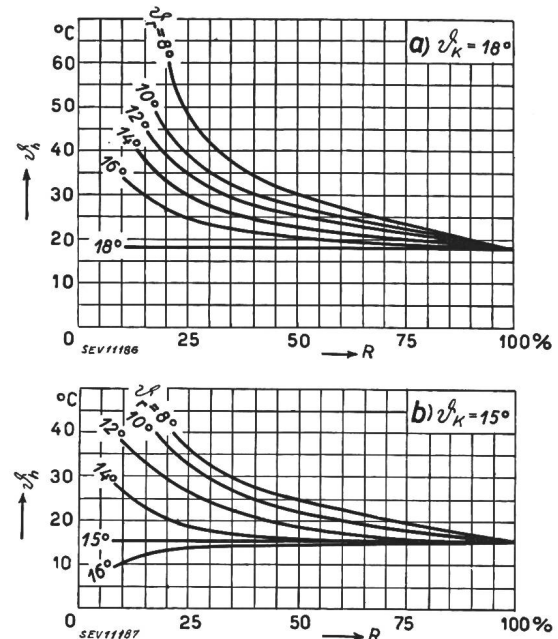


Fig. 2. Température d'une enveloppe  $\vartheta_h$  en fonction de la grandeur relative de la surface enveloppante  $R$ , ( $R$  exprimé en % de la surface totale du corps) pour une température ambiante de  $8\ldots 18^\circ\text{C}$ .

a) avec un vêtement prévu normalement pour  $18^\circ\text{C}$  ( $\vartheta_K = 18^\circ\text{C}$ )  
b) avec un vêtement prévu normalement pour  $15^\circ\text{C}$  ( $\vartheta_K = 15^\circ\text{C}$ )

loppe chauffant les 75 % de la surface du corps à une température ambiante de  $8^\circ\text{C}$ , il suffit d'une augmentation de température extrêmement faible de  $5\text{ (}4,5\text{)}^\circ\text{C}$  de l'enveloppe par rapport à la température normale de  $18\text{ (}15\text{)}^\circ\text{C}$ . Un manteau chauffant<sup>1)</sup>, qui entoure largement le corps, ne doit donc être chauffé que si faiblement, qu'en le touchant on n'ait même pas l'impression qu'il est chaud. L'expérience l'a prouvé, de même le fait qu'à une température ambiante de  $8^\circ\text{C}$  le manteau chauffant assure un chauffage très convenable. A une température ambiante de  $14^\circ\text{C}$ , la surface chauffante devrait recouvrir le 45 (22) % de la surface du corps; à une température ambiante de  $10^\circ\text{C}$ , une enveloppe de 45 % doit présenter une température de  $29\text{ (}24\text{)}^\circ\text{C}$ . Avec une enveloppe de 25 % seulement et une température ambiante de  $10^\circ\text{C}$ , celle-ci devrait avoir une température de  $39\text{ (}32,5\text{)}^\circ\text{C}$ , c'est-à-dire que le flux de chaleur, pour  $\vartheta_K = 18^\circ\text{C}$ , à l'intérieur de la surface enveloppante s'écoulerait en sens inverse, de l'enveloppe vers le corps. La température ambiante de  $11\text{ (}8\text{)}^\circ\text{C}$  est celle à laquelle le flux de chaleur à l'intérieur de l'enveloppe est nul. Les surfaces

chauffantes qui ne recouvrent que le 10 % du corps ne peuvent manifestement «chauffer» convenablement que jusqu'à une température ambiante d'environ 16 (13)°C.

Le chauffage par contact doit, à de basses températures ambiantes, réduire le flux de chaleur du corps de telle sorte, que la personne ait une impression de réel confort. Une importante question, qui n'a pas encore été suffisamment étudiée au point de vue biologique, est celle de savoir jusqu'à quel point il est possible de limiter le flux de chaleur à certaines parties du corps et d'admettre en échange à d'autres parties, un flux plus grand que normalement, afin que le flux total ait une valeur admissible. On peut même aller plus loin et se demander jusqu'à quel point un flux en sens inverse serait supportable à certains endroits.

Les essais que nous avons entrepris fournissent à ce propos les renseignements suivants:

### 1° Mesures thermophysiologiques

Ces mesures avaient pour but de se rendre compte si la température de la peau à un endroit A augmente, lorsque le flux de chaleur est réduit à un autre endroit B. Les essais résumés ci-après ont montré que cela est le cas lorsque la déperdition totale de chaleur du corps reste dans les limites de l'impression de confort. Ces essais avaient également pour but de déterminer la température maximum admissible de la peau.

Pour la réalisation d'une surface de contact chaude, nous avons utilisé un coussin chauffant réglable à trois échelons. Format 30·40 cm, puissance maximum 50 W.

Vêtements: Camisole en coton, chemise en coton, pullover mince à manches, gilet, paletot, pantalons deux caleçons en coton, l'un long et l'autre court, chaussons de laine, pantoufles, c'est-à-dire un habillement usuel d'hiver pour local froid.

Sujets: Pour les essais a). b), c), d), f), g), h), i) l'auteur; pour l'essai e) un enfant de 16 ans.

*Essais a).* Température ambiante 12,5° C. Coussin chauffant appliqué contre la poitrine. Un thermocouple sur la peau, au centre du coussin; un thermocouple dans le dos, à peu près à la même hauteur que celui de la poitrine. Position légèrement penchée, main droite contre la poitrine, main gauche au dos.

La température de la poitrine augmenta tout d'abord de 30,3 à 41,5° C en 20 min, et la température du dos de 30,5 à 33,5° C. La température de la poitrine de 41,5° C donna une impression désagréable de trop forte chaleur. Transpiration à la poitrine, ainsi qu'aux alentours du coussin, notamment au-dessus de celui-ci. Légère transpiration au front.

Le coussin ayant été enlevé, la température de la poitrine descendit en 50 min à 31° C, celle du dos à 30,5° C en 15 min.

*Essais b).* Disposition analogue à a), mais pour une température ambiante de 7° C seulement. Coussin chauffant disposé un peu plus bas que lors de

l'essai a), son rebord supérieur atteignant à peu près la hauteur du coude, le bras étant ballant.

La température de la poitrine, mesurée sur la peau (un peu en-dessous du cœur) sous le coussin augmenta en 20 min de 31,5 à 32,2° C, sans que le coussin ait été enclenché. Après l'enclenchement du coussin, elle augmenta en 27 min à 40° C. La température du dos demeura constante et diminua même très légèrement vers la fin de l'essai.

La température de la peau de 40° C était encore supportable, mais donnait déjà l'impression d'une chaleur désagréable. A 33,5° C, l'impression était par contre encore agréable. La poitrine transpira peu à peu, tandis que le dos demeura sec. La région du ventre et la poitrine à quelques cm en-dessus du rebord du coussin furent également le siège d'une transpiration. Le front resta sec, mais le nez avait tendance à transpirer légèrement. Les autres parties du corps ressentirent un allègement du fait de ce chauffage, mais cette impression n'était nullement agréable.

La faible inversion du flux de chaleur sur le devant du corps était manifestement insuffisante pour élever la température du dos.

*Essai c).* Sujet debout, coussin chauffant appliqué sur les fesses, au bas des reins. Thermocouples posés directement sur le coussin (No. 9), sur la peau au centre de la poitrine (No. 11), contre le dos un peu au-dessus des lombes (No. 12), dans la main gauche (No. 10) entre l'index et le gras du pouce. Température ambiante 8,5° C au début, 10,5° C à la fin de l'essai.

La température du coussin chauffant augmenta en 18 min à 72° C. La température de la poitrine et celle du dos augmentèrent d'environ 3° C, puis diminuèrent peu à peu après le déclenchement du coussin. Bien que la température du local ait augmenté de 2° C, la température de la peau s'abaissa en 50 min au-dessous de sa température au début de l'essai, alors que le corps n'était pas encore soumis à une basse température. Les mains se comportèrent d'une façon particulière. Le thermocouple indiqua pendant les quinze premières minutes 21...24° C seulement, puis en l'espace de 8 min cette température s'éleva tout à coup à 32,5° C, température qui se maintint après le déclenchement du coussin pendant plus de 50 min, jusqu'à la fin de l'essai. Ce phénomène a très souvent été observé lors de l'emploi d'un manteau chauffant Thermoflex à manches chauffantes, à des températures ambiantes de 6...10° C.

Ce mode de chauffage ne donna pas une impression désagréable de transpiration, mais la région où se trouvait le coussin chauffant était très chaude. L'économie thermique de l'ensemble du corps paraissait être correcte, tandis qu'après le déclenchement du coussin le sujet ressentit à nouveau une impression de froid.

*Essai d).* Sujet assis, coussin chauffant posé sur la chaise, température ambiante de 6,5° C. Les six couples thermoélectriques étaient répartis comme suit:



- No. 12 directement sur le coussin;  
 No. 11 directement sur la peau des fesses;  
 No. 10 directement sur la peau de la poitrine;  
 No. 9 directement sur la peau du devant de la cuisse gauche;  
 No. 8 directement sur la peau du ventre;  
 No. 7 directement sur la peau du front.

La température du coussin fut élevée en 14 min à 55,5° C. La température de la peau des fesses passa de 27,5 à 42° C, température qui était tout juste supportable. 1° C de moins était beaucoup plus supportable et fut maintenu pendant 50 min. Les endroits de mesure 8, 9 et 10 ne présentèrent pas d'augmentation de température appréciable (environ 1° C). L'endroit No. 8 demeura particulièrement constant. Les indications du thermocouple No. 7 n'étaient pas très sûres, car cet instrument avait été entouré d'un linge, de sorte que le front n'était pas entièrement nu. A cet endroit, la température passa de 24 à 31,6° C et ne s'abaissa en 20 min que d'environ 0,5° C après le déclenchement du coussin.

Cet essai confirme, comme l'essai b), qu'à une température ambiante de 6,5° C seulement, la chaleur fournie à une surface relativement petite est insuffisante pour provoquer une augmentation de la température à des endroits éloignés du point de mesure.

*Essai e).* Sujet debout, coussin chauffant sous les pieds. Température ambiante 11,5° C. Endroits de mesure directement sur la peau de la plante d'un pied, du mollet, des fesses, de la poitrine et de la main gauche. La température de la plante du pied, qui était au début de 24,5° C s'abaissa à 22,2° C, 16 min après l'enclenchement du coussin. 37 min après l'enclenchement, elle atteignit 36,5° C. Cette température donna une sensation désagréable de brûlure; elle était en tout cas très près d'être insupportable. La température aux autres endroits de mesure n'avait aucune tendance à augmenter; elle diminua même parfois légèrement, quoique très lentement. La température de la main gauche augmenta au début de 21,5 à 23° C, puis s'abaissa à 20,5° C, c'est-à-dire en-dessous de la température initiale. Le sujet avait d'ailleurs tendance à avoir froid aux mains.

Le chauffage de la plante des pieds protège ceux-ci du froid et par conséquent des douleurs provoquées par le froid, mais il ne suffit pas pour protéger tout le corps contre le froid, contrairement à une opinion très répandue.

*Essai f).* Sujet ayant revêtu un manteau chauffant «Thermoflex» des Etablissements de caoutchoutage Richterswil S. A., enclenché sur l'échelon de 80 W. Température ambiante 4° C. Thermocouple au centre du front, à 4 cm au-dessus des sourcils, maintenu en place par une croix de leucoplast et légèrement appuyé avec un crayon.

Avant l'enclenchement, la température du front s'éleva à 26,5° C. Dès l'enclenchement, elle passa en 13 min à 29,2° C, tout d'abord rapidement, puis plus lentement. Elle demeura ensuite inchangée.

D'après les mesures de Reichenbach et Heymann<sup>3)</sup>, cette température du front avant l'enclen-

chement correspond à une température ambiante de 5° C environ, ce qui confirme les mesures de ces deux auteurs. La température finale atteinte après l'enclenchement correspond à une température ambiante de 10° C, tandis que la température du front mesurée par Reichenbach et Heymann est d'environ 35° C dans un local à 18° C. Le front, dont la température est une fonction bien définie de la température ambiante, se décida donc à un compromis dans un local froid et pour un corps normalement chaud. Une température ambiante sèche de 4° C seulement est d'ailleurs trop basse pour qu'un manteau chauffant donne une impression de complet bien-être, car la tête et les extrémités des membres demeurent trop froides.

*Essai g).* Un gilet chauffant à manches chauffantes placé sous un gilet ordinaire a permis de maintenir une chaleur très régulière et bien équilibrée du haut du corps et des bras, à une température ambiante de 10° C, avec une puissance de chauffe de 10 W seulement. Par contre, le sujet ressentit peu à peu une impression de trop grand froid aux jambes et au bas du corps. En couvrant les cuisses d'un drap chauffant de 33·38 cm et d'une puissance spécifique de 1 W/dm<sup>2</sup>, l'effet de chauffage d'ensemble fut très supportable. A une température ambiante de 7,5° C l'impression de confort subsista en augmentant à 13 W la puissance du gilet chauffant. La puissance totale n'atteignit que 23 W.

*Essai h).* Série d'essais de confort avec des chauffages partiels. Ces essais confirment pleinement les conclusions tirées du diagramme de la fig. 2. Ils montrent également que le chauffage du siège ne doit être que très faible, afin d'éviter à la longue une impression de chaleur inconfortable. En outre, la surface de chauffe est, à cet endroit, pressée fortement par le poids du corps, de sorte que la transmission de la chaleur est très directe. Le chauffage de la poitrine et du dos est bien supporté, mais là aussi la chaleur ne doit pas être exagérée. Il n'est d'ailleurs pas recommandable que les poumons soient habitués à une température trop confortable. Le chauffage le mieux approprié est celui du torse à partir de l'estomac, du devant des cuisses et des jambes, jusqu'à la cheville. Format du drap chauffant utilisé 100·50 cm, puissance réglable en trois échelons de 33, 66 et 99 W. Les parties du corps ainsi chauffées supportent facilement une nette sensation de chaleur et sont donc particulièrement bien appropriées à un chauffage partiel.

*i) Expériences faites dans la vie courante avec des chauffages partiels.* Lorsque tout le corps, à l'exception de la tête, est très bien isolé par une couverture et un édredon, comme cela est le cas de nos lits en hiver, la tête peut être encore confortablement chaude quand la température ambiante n'est que de 4...5° C. Il en est de même des mains nues.

Si, par temps frais (12...14° C), les jambes plongent dans de l'eau chaude à une température encore

tout juste supportable (par exemple dans le petit bassin de Loèche-les-Bains), il se peut que le reste du corps se mette à transpirer. Aux jambes, le flux de chaleur est évidemment dirigé de l'eau à la peau. En outre, il se produit un certain rayonnement à la surface de l'eau chaude, en direction du buste.

Lorsque l'on se tient au soleil, quand l'air est frais, on ressent dans tout le corps une impression de chaleur confortable, à condition que l'autre côté du corps ne soit pas trop fortement refroidi par le vent ou par suite d'un habillement trop léger. On sait combien est désagréable la déperdition de chaleur unilatérale trop prononcée, quand on se tient devant une cheminée chauffée, alors que le reste de la pièce est trop froid. Cependant la cheminée donne une agréable sensation de chaleur si la température ambiante n'est pas trop basse.

Les manteaux chauffants d'une première série étaient particulièrement bien chauffés sur la poitrine et le dos, tandis que le chauffage des cuisses et des genoux était réduit environ de moitié. Une enquête faite, à la fin d'un hiver, auprès des usagers de ces manteaux a montré qu'un chauffage plus intense de la région des genoux était préférable.

### Résumé des principales observations

qui résultent des mesures ci-dessus:

1° La limite supérieure de température de la peau, qui est encore juste supportable lors d'un chauffage en permanence par contact, est de 41...42° C, mais cette température ne devrait pratiquement pas dépasser 36° C environ. Une température de 42° C donne une sensation très désagréable de brûlure, ainsi qu'on l'a nettement constaté.

Ces observations semblent contredire le fait que l'on peut se tenir passagèrement dans de l'air chaud à une température bien supérieure à 42° C et que l'eau chaude à une température nettement plus élevée est encore supportable. La raison en est probablement due à une mince couche protectrice de vapeur à la surface de la peau, dans le premier cas sous forme de transpiration et, dans le second cas, sous forme de vapeur d'eau.

Selon E. F. Maximilian van der Held<sup>4)</sup>, la température à la surface de la peau ne doit pas beaucoup dépasser 45° C lorsque l'on empoigne un objet chaud. Cette indication ne s'oppose pas à la nôtre, car il va de soi que la température maximum constatée en permanence sur une surface de contact plus grande doit être nécessairement un peu plus basse.

Il est très intéressant, quoique fort naturel, que les nerfs sensitifs réagissent si énergiquement à la température de la peau, à laquelle la vie des cellules cesse (début de la coagulation). De cette constatation découle le principe suivant:

2° Le flux de chaleur du corps peut être abaissé partiellement en permanence jusqu'à zéro au maximum, mais son sens d'écoulement ne peut pas être inversé.

3° Par une augmentation partielle de la température de la surface de la peau, la température

d'autres parties du corps augmente lorsque l'ensemble de l'économie de chaleur du corps demeure à peu près la même, comme cela est le cas dans une ambiance confortable. Il ne se produit toutefois pas une température égale pour toutes les parties du corps habillées.

4° La plante des pieds n'est pas appropriée à réduire fortement la déperdition de chaleur de l'ensemble du corps.

5° Les températures ambiantes de 6...7° C sont les températures les plus basses auxquelles le chauffage par contact permet encore de donner une impression de confort. Ce mode de chauffage permet néanmoins de faciliter considérablement le séjour dans une ambiance à des températures beaucoup plus basses.

6° Le rapport admissible entre la surface chauffée et la surface totale (coefficient relatif de chauffage  $R$ ) est d'autant plus petit que le climat du local diffère moins du climat confortable.

7° L'effet thermique du chauffage par contact est d'autant plus confortable que  $R$  se rapproche plus de l'unité.

8° A une température ambiante de 10° C,  $R$  doit atteindre 0,6 pour donner une impression de confort avec un habillement prévu pour une température ambiante de 18° C. Avec un habillement prévu pour 16° C,  $R$  doit atteindre 0,4.

9° Le chauffage doit être autant que possible réparti sur le haut du corps et sur les jambes. Le chauffage partiel le plus confortable est celui du torse et du devant des cuisses et des jambes.

Les observations ci-dessus ne sont que le résultat très modeste des débuts d'une science qui devra être approfondie par les hygiénistes, les médecins et les ingénieurs.

### 2° Systèmes de chauffage par contact

L'application pratique des connaissances acquises se heurte à de nombreuses difficultés techniques. L'une d'entre elles est la nécessité de confectionner des surfaces chauffantes électriques de forme quelconque, bien souples et pourtant robustes et sans danger. Une autre difficulté réside dans le fait que les surfaces chauffantes doivent pouvoir être disposées de façon à recouvrir d'aussi grandes parties du corps humain que possible, sans entraver l'activité de la personne, ni trop modifier ses habitudes vestimentaires. Nous nous attacherons plus particulièrement à ce second problème.

On distingue, en principe, deux types de chauffage par contact:

1° Les vêtements chauffants, c'est-à-dire des surfaces chauffantes en forme de vêtements qui sont portées par les personnes.

2° Les surfaces chauffantes souples qui s'adaptent au corps. Des combinaisons de ces deux types peuvent également être utiles.

Il va de soi que les vêtements chauffants posent des problèmes qui sont plus difficiles à résoudre que ceux posés par les surfaces chauffantes souples.

Les vêtements chauffants présentent les avantages suivants: Ils permettent d'obtenir un effet de

jusqu'à 7...8° C, car leur  $R$  peut atteindre près de 100 %. Ils permettent de quitter l'emplacement de



Fig. 3.  
Organiste vêtu d'un manteau chauffant Thermoflex  
Le transformateur est visible sur la banquette.

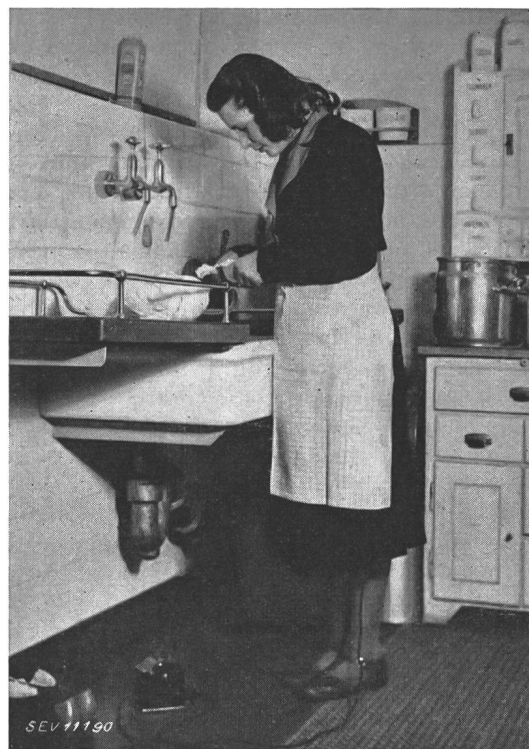


Fig. 5.  
Vêtement d'intérieur avec chauffage Thermoflex



Fig. 4.  
Robe de chambre avec garniture chauffante Thermoflex

chauffage bien régulier, aussi bien en position assise que debout, à des températures ambiantes

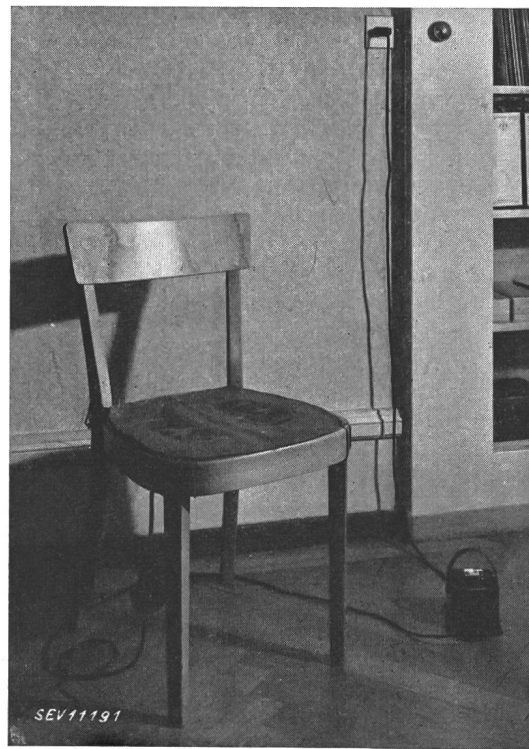


Fig. 6.  
Chaise munie d'un coussin à contacts, avec commutateur à gradins

travail dans un certain rayon (limité par la longueur du câble d'amenée du courant) tout en



conservant le chauffage, ce qui est important lorsque la température ambiante est inférieure à 10° C environ. Leur effet d'accumulation est également un avantage.

Les surfaces chauffantes souples indépendantes présentent d'autres avantages: Leur prix d'achat est moins élevé, leur câble d'amenée du courant n'est généralement pas une entrave et elles peuvent particulièrement bien servir à maintenir les jambes au chaud. Elles n'ont pas besoin d'être ajustées comme les vêtements chauffants et peuvent par conséquent servir pour différentes personnes. Etant plus conformes que les vêtements chauffants aux habitudes des individus, elles provoquent moins de résistance psychologique. Elles ne sont toutefois pas appropriées aux locaux très froids, car leur  $R$  est passablement petit.

Nous décrirons quelques types pratiques de ce mode de chauffage.

#### A. Vêtements chauffants.

Les manteaux chauffants «Thermoflex» à faible tension ont été décrits à maintes reprises dans les revues techniques. Ils représentent, au point de vue physiologique, la forme idéale du chauffage par contact. Du fait qu'il s'agit d'un léger manteau poreux allant jusqu'à couvrir les genoux et entièrement chauffé à l'électricité, à l'exception bien entendu de la tête, du cou, des mains et des pieds, ainsi que d'une partie des jambes, le  $R$  est d'environ 0,8. Ces manteaux sont alimentés sous une faible tension de 20 V au maximum, fournie par un petit transformateur à gradins, qui permet un réglage étendu de la puissance. Un modèle particulièrement intéressant est celui qui comporte des contacts de siège, par lesquels l'énergie est transmise au manteau par un coussin à contacts, de sorte que la personne n'est même pas gênée dans ses mouvements par un câble d'amenée du courant. Les fig. 3...6 donnent une notion de ces applications. La puissance atteint 30...90 W. A une température ambiante de 10° C, la puissance en régime permanent est d'environ 50 W. A 8 ou 9° C, ce manteau donne encore une impression de bien-être et, à 5 ou 6° C, il rend encore de grands services.

Sa mise au point a présenté d'assez grandes difficultés techniques, surtout en cette période de pénurie de matières premières. La répartition de la chaleur et la résistance mécanique ont été constamment améliorées, de sorte que les modèles les plus récents sont très robustes et bien équilibrés au point de vue thermique.

#### B. Couvertures chauffantes.

La couverture chauffante est un nouvel appareil de chauffage pratique pour les personnes qui sont la plupart du temps assises dans une pièce et sont de ce fait fort sujettes à avoir froid. La température de la pièce doit être suffisamment élevée pour que la personne en question ne gèle pas quand elle doit se déplacer dans la pièce et ne ressente pas une impression de froid quand elle est assise et qu'elle est chauffée d'un seul côté du corps. Cette température est de 10...13° C.

Le modèle le plus simple est représenté sur la fig. 7. Il se compose d'un support en [ auquel est suspendue une double couverture chauffante dont chaque pan a une dimension de 50·50 cm environ.

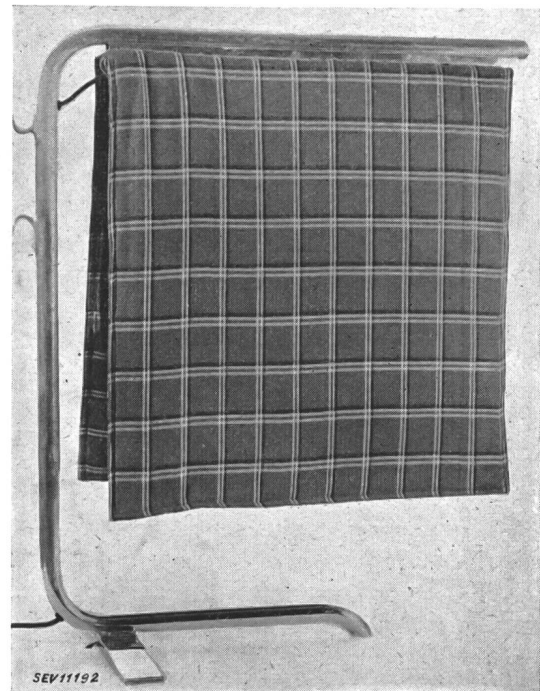


Fig. 7.  
Couverture chauffante Belmag

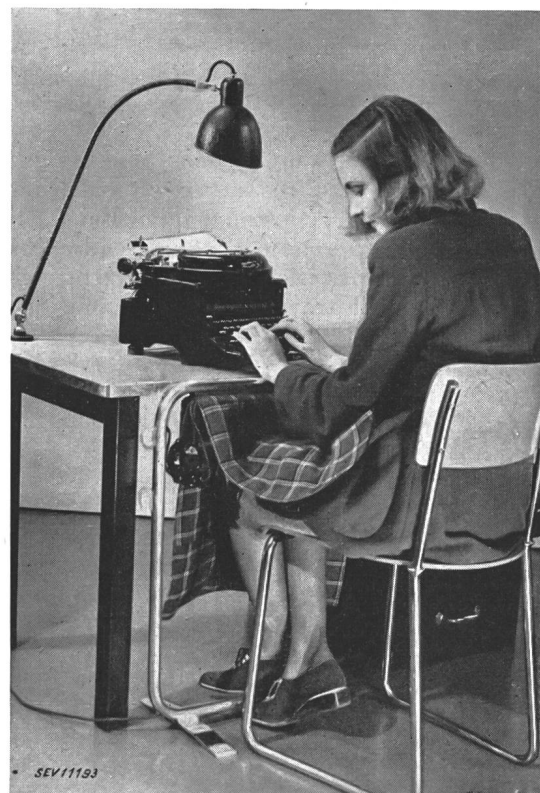


Fig. 8.  
Couverture chauffante Belmag, installée devant une table de machine à écrire

La température de cette couverture est réglable. La puissance maximum absorbée est de 100 W,

la puissance généralement utilisée est de 65 W. A l'emploi, l'un des pans de la couverture est placé sur les genoux et les jambes, l'autre sur les cuisses et contre le torse. La personne doit être

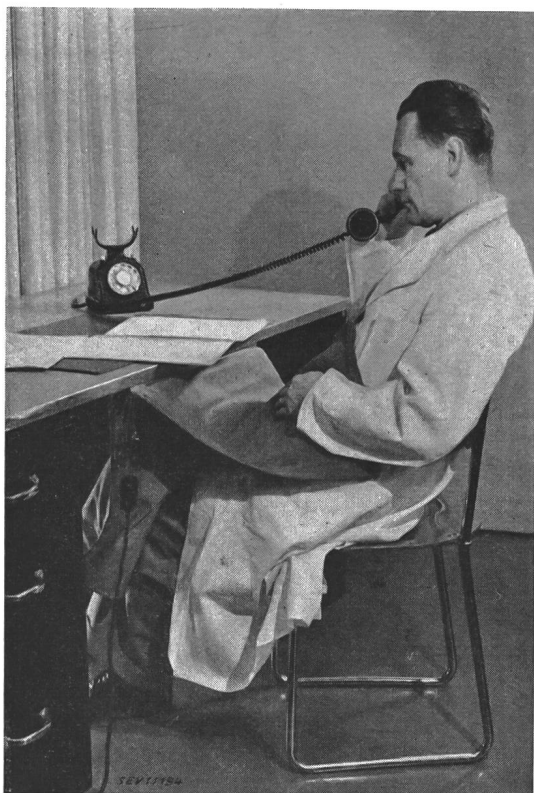


Fig. 9.

Couverture chauffante Belmag fixée à un bureau

chaudemment habillée d'un vêtement d'intérieur pour l'hiver. L'effet de cette couverture est remarquablement bon, agréable et presque immédiat.

Les fig. 8...10 permettent de se rendre compte des différentes applications de la couverture chauffante, à la table de travail ou sur un sofa. Si cette

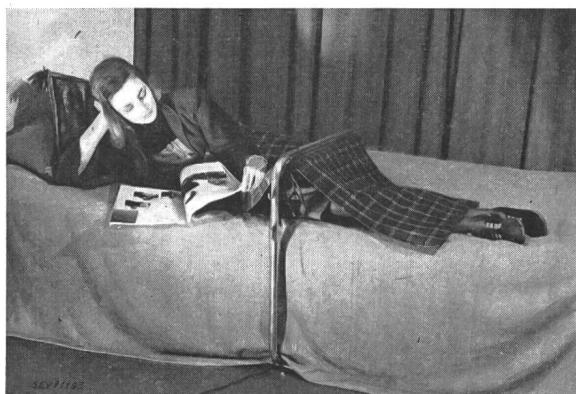


Fig. 10.

Couverture chauffante Belmag utilisée sur un divan

couverture est utilisée constamment au même endroit, par exemple à une table à écrire, une table de bibliothèque, une table de conférence, une table de salle à manger, etc., la table peut servir elle-

même de support. Dans ce cas, la double couverture est fixée à une petite barre métallique (fig. 7). Ces couvertures n'ayant pas besoin d'être ajustées à la personne qui les utilise, on peut en fixer plusieurs à la même table. En été, ces garnitures chauffantes sont enlevées et rangées dans une armoire à linge. Les couvertures chauffantes sont par conséquent très indiquées pour le chauffage familial, les tables de bureau, les tables de machine à écrire, les emplacements de travail dans les fabriques, etc. Lorsque ces garnitures sont montées en grand nombre, il vaut la peine de prévoir une faible tension, car le prix d'un transformateur commun est compensé par un prix moins élevé des garnitures. En outre, ce système permet un excellent réglage de la température, notamment pour le chauffage dans les églises.

Un autre appareil d'un nouveau genre est la combinaison d'une couverture chauffante avec une lampe à pied, dispositif extrêmement pratique pour la lecture et les travaux de délassement. L'emplacement de travail est ainsi à la fois éclairé et chauffé.

La couverture chauffante est munie d'une prise de courant qui permet d'y raccorder d'autres dispositifs de chauffage, tels qu'un chauffage de dossier, un chauffage de dessus de table ou un chauffage de machine à écrire. L'emploi d'un coussin chauffant sur la table supprime l'impression de froid que donnent les papiers; les mains restent chaudes et une douce chaleur entoure les touches de la machine à écrire. Ces accessoires de chauffage ne sont toutefois utiles que dans des locaux particulièrement froids.

Le coefficient relatif de chauffage  $R$  est d'environ 0,4 pour la couverture chauffante, de sorte que la température ambiante la plus basse qui soit encore confortable est de 12...14° C lorsque les vêtements sont adaptés à une température ambiante de 18...19° C. Si l'habillement correspond à une température ambiante de 16° C, l'expérience prouve que la couverture chauffante suffit pour une ambiance de 10...12° C.

Lorsque la température ambiante est inférieure à 10° C, surtout dans un local dont les parois sont froides, on obtient un excellent effet de chauffage en portant en outre un gilet chauffant qui tient le buste et les bras au chaud. Dans ce cas, une puissance de 10...20 W est suffisante.

Ce mode de chauffage partiel du corps n'est pas seulement avantageux au point de vue de la construction, mais aussi parce qu'il maintient les pieds au chaud de la meilleure façon possible. L'air ambiant est en effet généralement plus froid près du plancher qu'à une certaine hauteur, aussi les pieds et les jambes risquent-ils d'être dangereusement refroidis. Mentionnons à ce propos un très intéressant travail de E. F. Maximilian van der Held<sup>4)</sup>, où celui-ci montre qu'un trop fort refroidissement des pieds protégés par des bas et des souliers contre un contact direct ne provient pas du sol ou du plancher froid, mais bien de la couche d'air froid qui se trouve au-dessus et qui refroidit

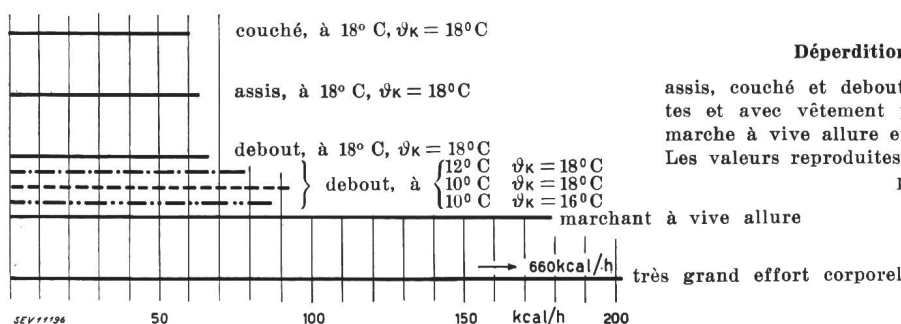


également le dessus des pieds, les chevilles et une partie des jambes. L'isolement thermique du talon des chaussures est en effet suffisant pour protéger le talon du pied contre un refroidissement. La cambrure du pied ne repose pas directement sur le sol. Quant à la plante du pied, sa surface est trop restreinte pour être la cause d'un refroidissement.

Le haut du corps est d'ailleurs généralement plus facile à protéger d'une déperdition de chaleur que le bas du corps et les jambes.

### 3° Température ambiante convenable

En règle générale, une température ambiante est considérée comme agréable, lorsqu'elle atteint



18...20° C. L'office allemand de la salubrité publique (Reichsgesundheitsblatt 1935, page 942) recommande une température de 17,5...18,5° C dans les locaux d'habitation à chauffage séparé ou central.

Grâce au chauffage individuel il sera possible d'abaisser considérablement la température ambiante. Pour déterminer la température qui convient le mieux, nous avons tenu compte des points suivants :

1° Durant les occupations qui interdisent passagèrement un chauffage par contact, on ne doit pas avoir une impression d'inconfort.

2° Les parties non protégées du corps, telle que la tête et les mains, ne doivent pas devenir désagréablement froides.

3° Les écarts entre les flux de chaleur des différentes parties du corps doivent demeurer aussi faibles que possible, afin que l'on n'ait pas une sensation de trop forte chaleur à certains endroits, ni que des phénomènes d'accoutumance ne se produisent.

4° Le chauffage doit être nettement plus économique.

Avant la guerre, nous avions la déplorable habitude de ne pas nous habiller chaudement en hiver, lorsque l'on séjournait dans une pièce. La nécessité d'économiser du combustible nous a enfin obligés d'abandonner cette habitude. On a généralement constaté qu'il est parfaitement possible de se protéger suffisamment contre une déperdition de chaleur et d'être à l'aise à une température ambiante de 16° C, sans s'habiller exagérément, ni porter des vêtements inconfortables ou peu élégants. Pour tous les chauffages individuels, nous pouvons donc nous baser sur un habillement prévu pour supporter une température ambiante de 16° C.

Lorsque le corps est immobile, il est plus difficile de le protéger suffisamment contre le froid. La fig. 11 montre que la température du corps

est triplée pendant une marche à vive allure. Une augmentation de la chaleur corporelle de 33 % seulement donne, à une température ambiante de 10° C, la même impression de bien-être qu'à une température de 16° C pendant un travail en position assise. Dans les appartements et les locaux de travail, on ne marche naturellement pas sans cesse, mais il suffit de quelques déplacements ou mouvements pour augmenter d'environ 33 % la production de chaleur du corps. Si la température ambiante atteint 12° C, il suffit de produire 12 % de chaleur corporelle de plus. Une température de 10...12° C est d'ailleurs également nécessaire pour que la tête et les mains demeurent suffisamment chaudes quand la déperdition de chaleur du reste

Fig. 11.

### Déperdition de chaleur d'un homme

assis, couché et debout, à différentes températures ambiantes et avec vêtement pour 16° C et pour 18° C, ainsi qu'en marche à vive allure et lors d'un très grand effort corporel. Les valeurs reproduites en traits pleins sont celles indiquées par Bénédiet<sup>12)</sup>.

du corps est normale. L'expérience a en outre montré que cette température est très agréable pour les organes respiratoires, tandis qu'en dessous de 10...8° C ces organes sont souvent irrités chez beaucoup de personnes.

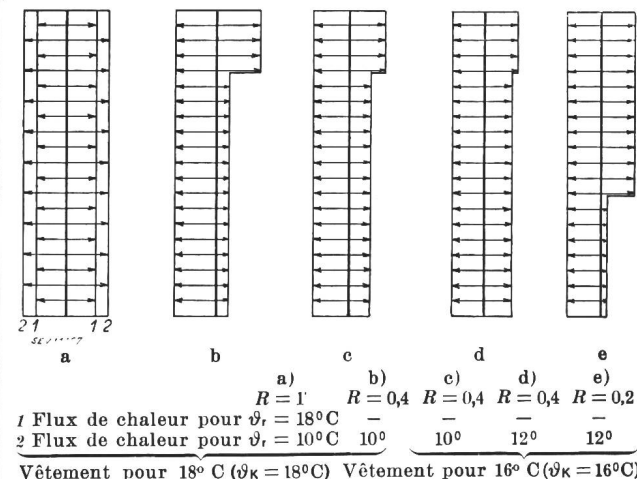


Fig. 12.

Représentation schématique du flux de chaleur corporelle pour différents coefficients relatifs de chauffage  $R$  et différentes températures ambiantes  $\vartheta$ .

a...b avec un vêtement prévu normalement pour 18° C.  
c...e avec un vêtement prévu normalement pour 16° C.

La condition 3° est encore satisfaite bien au-dessous de 10° C avec un manteau chauffant, mais non pas avec une couverture chauffante. Sachant que le coefficient relatif du chauffage atteint pour celle-ci 0,4 environ, le flux de chaleur a été représenté schématiquement par la fig. 12, pour une température ambiante de 10 et 12° C, avec un vêtement prévu pour 18° C dans le premier cas et

pour 16° C dans le second. Il faut s'efforcer d'obtenir un flux de chaleur aussi équilibré que possible. Cela est largement atteint à 12° C, mais moins bien à 10° C, surtout si les parois du local sont assez froides. La fig. 12e montre qu'avec  $R = 0,2$  les conditions sont réellement intenables.

A 10° C, l'économie réalisée est déjà très considérable (voir au chapitre 5), tandis qu'à 14 ou 15° C cette économie serait négligeable.

Ces considérations permettent d'en conclure qu'une température ambiante de 10...12° C est correcte, à condition que la température des parois ne diffère pas beaucoup de la température de l'air ambiant. A notre avis, une température de 18° C est manifestement exagérée, même en temps normal.

#### 4° Jusqu'à quel point le chauffage par contact est-il «naturel»?

Dans la préface du livre d'André Missenard, «L'Homme et le climat»<sup>7)</sup>, Alexis Carrel a écrit:

«Nous avons, dans notre ignorante vanité, bouleversé notre milieu naturel sans prévoir les conséquences immédiates et lointaines de ce bouleversement. Nous avons créé des climats artificiels en chauffant nos habitations, en les humidifiant, en les éclairant artificiellement par une caricature de la lumière solaire. Nous nous isolons par des murs qui nous protègent du vent, du soleil et de la pluie, déforment le champ électrique et absorbent plus ou moins les radiations pénétrantes externes. Il est donc important de se demander, avec M. Missenard, quelle répercussion exercent sur nous ces climats nouveaux, établis aveuglément par les ingénieurs et les architectes.»

Appartenant à cette détestable caste des ingénieurs, nous nous sommes demandés, avec quelque angoisse, si le chauffage par contact contribue ou non à rendre plus «naturel» le chauffage et s'il a une influence sur les phénomènes d'accoutumance.

Avec le chauffage normal des locaux, il est vrai que l'individu est tout entier plongé dans un climat artificiel, aussi bien avec sa peau qu'avec ses organes respiratoires. Lorsqu'il quitte le local, la déperdition de chaleur se modifie brusquement, de même que l'humidité de l'air. La déperdition de chaleur accrue peut être réduite par un habillement plus épais et par une plus forte production de chaleur due au mouvement. Par contre, les organes respiratoires sont soumis brusquement à un climat beaucoup plus rude, sans être protégés. Dans les locaux normalement chauffés, l'humidité est généralement inférieure à celle que les hygiénistes considèrent comme saine.

Qu'en est-il pour le chauffage par contact?

Les locaux ne sont chauffés qu'à 8 ou 12° C, de sorte que la différence entre la température à l'air libre et celle du local est de 6...12° C plus faible que dans le cas d'un chauffage normal. En outre, le degré d'humidité de l'air est généralement favorable, ainsi que le confirment les mesures très précises que M. Hottinger<sup>5)</sup> a faites pendant l'hiver 1942/43.

De même, la tête et les mains sont soumises à des changements de température beaucoup moins brusques.

Pour ce qui est de la surface du corps, il y a lieu de distinguer entre le chauffage par contact total et celui qui n'est que partiel. Dans le premier

cas, la déperdition de chaleur est la même que dans un local normalement chauffé. On ne peut donc pas parler davantage d'accoutumance que dans le cas d'un chauffage normal.

Le chauffage par contact partiel exige par contre une augmentation de température à certains points du corps. Son effet se rapproche beaucoup de celui des cheminées, des parois chauffantes électriques et surtout du rayonnement solaire dans une atmosphère fraîche, mais non très froide. Nous ne nous écartons donc que très peu des conditions naturelles, si nous réalisons et appliquons convenablement ce mode de chauffage: surface chauffante aussi grande que possible (et non pas seulement un coussin chauffant), vêtement protégeant bien du froid et local pas trop froid (au moins 10...13° C ou, très passagèrement, un peu moins). Il n'est d'ailleurs pas difficile de tenir compte de la sensibilité individuelle de certaines parties du corps, en prenant des mesures vestimentaires appropriées.

Durant une expérience pratique de trois hivers, on n'a pas observé de phénomènes d'accoutumance. Ce chauffage a eu, au contraire, une action favorable sur les organes respiratoires et sur la santé en général, comme nous avons pu le constater nous-mêmes. A ce propos, M. Hottinger<sup>5)</sup> a écrit:

«Malgré un emploi intensif du manteau chauffant, à des températures ambiantes relativement basses, et une faible consommation de combustible pour le chauffage du local servant aux expériences, la santé a toujours été bonne. Quand la température ambiante n'est pas trop basse et que l'on porte constamment un manteau chauffant, on finit par oublier complètement que l'on se trouve dans un local non chauffé ou du moins chauffé à 10 ou 12° C seulement. D'après nos propres constatations, ce genre de vie a notamment une heureuse influence sur les cordes vocales, ce qui facilite beaucoup l'élocution lors des cours et des conférences. Cela est certainement dû au degré d'humidité relativement élevé de l'air froid et au fait que l'utilisation plus rare du fourneau et des radiateurs diminue fortement la circulation des poussières.»

Chaque mode de chauffage diffère, par l'un ou l'autre de ses effets, de la nature, qui est elle-même fort variable dans ses manifestations. Le chauffage par contact est toutefois capable de résoudre correctement l'un des plus importants problèmes d'hygiène, celui d'éviter un air trop sec et une accoutumance des organes respiratoires. Cela seul suffirait pour que l'on attache une grande attention au perfectionnement du chauffage par contact.

L'expérience a prouvé que les changements de température auxquels est soumis le corps, lorsque la personne doit passagèrement quitter l'emplacement de travail chauffé, ou déconnecter le manteau chauffant, ne sont guère préjudiciables. Rappelons à ce propos les recherches de Huntington<sup>6)</sup>, qui confirment les anciennes constatations de Lehmann et Peddersen (Danemark), à savoir qu'une température constante entrave l'activité. Huntington prétend même — ce qui nous paraît quelque peu invraisemblable — que le travail cérébral est le plus fécond à une température ambiante de 5° C seulement, bien que l'on ne constate pas de grande différence entre 5 et 20° C. Cette affirmation prouve néanmoins que les températures ambiantes rela-

tivement basses que permet le chauffage par contact ne doivent donner lieu à aucune crainte à ce point de vue. L'exigence d'être chaudement vêtu, surtout dans le cas d'un chauffage par contact partiel, est corroborée par une remarque de Missenard, qui écrit: «Un individu très sensible au froid ferait mieux de se protéger par un vêtement épais et d'essayer d'autre part de s'endurcir peu à peu».

Le chauffage par contact répond en outre à une autre exigence d'hygiène d'une nature très différente, en diminuant fortement la virulence des microbes, par le fait que l'air ambiant peut être maintenu à une température assez basse. Nous citerons à nouveau Missenard<sup>7)</sup>:

«... la température des gouttelettes microbiennes en suspension dans l'air est sensiblement la même que celle de l'air, du fait qu'elles sont peu sensibles au rayonnement des parois. Pour fixer les idées, dans un local où l'air est à 10° C, et les murs à 24° C en moyenne, la température résultante pour des personnes faiblement actives est de 16 à 18° C, tandis que les gouttelettes microbiennes demeurent à la température de 10° C, ce qui atténue leur virulence et ralentit la multiplication des colonies. De plus, la température superficielle des vêtements étant sensiblement plus élevée que celle de l'air, puisqu'elle ne dépend que de la température résultante, les gouttelettes microbiennes ont beaucoup moins tendance à s'y déposer.»

Le chauffage par contact remplit largement cette condition.

### 5° Rendement économique du chauffage par contact

Quoique son rendement économique remarquable soit l'une des propriétés essentielles du chauffage par contact, nous n'en parlerons ici que très briève-

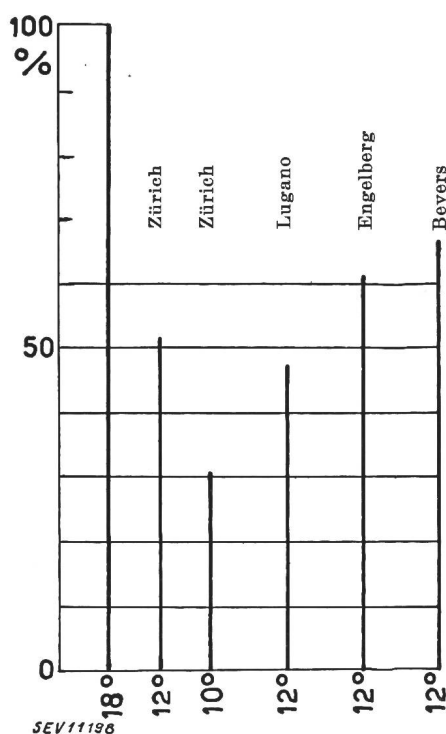


Fig. 13.

Quantité de chaleur nécessaire pour le chauffage du local à 12° C (pour Zurich, à 10° C également), en % de la quantité de chaleur exigée pour un chauffage normal (à 18° C), pour quatre localités de Suisse situées à des altitudes différentes, d'après la moyenne des températures de 1869 à 1929.

ment, car il a déjà fait l'objet de plusieurs publications<sup>1), 2), 5)</sup>. Les considérations relatives au rendement économique de ce mode de chauffage sont fort simples: Elles se basent d'une part sur

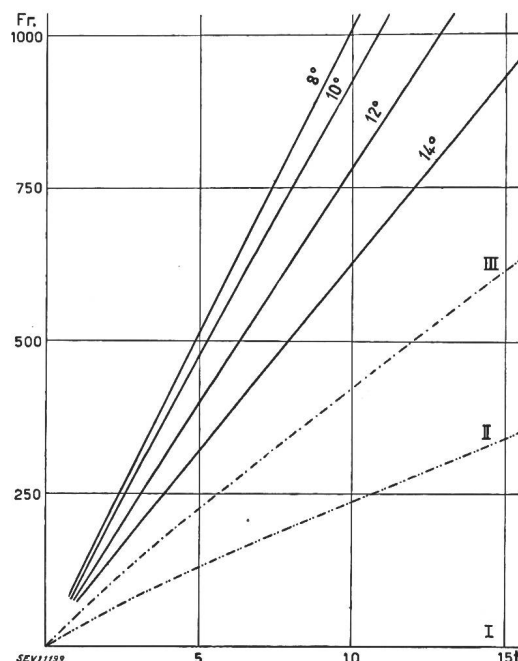


Fig. 14.

Diagramme de l'économie réalisée avec un chauffage individuel par contact, en fonction de la quantité de coke pour 3 prix de coke et des températures ambiantes de 8, 10, 12 et 14° C.

Prix du coke 160 fr./t, ordonnées mesurées de l'axe I.

Prix du coke 100 fr./t, ordonnées mesurées de l'axe II.

Prix du coke 75 fr./t, ordonnées mesurées de l'axe III.

Tarif de l'énergie électrique 8 cts/kWh. Nombre de personnes: 3 pour 1,5 t, 4 jusqu'à 5 t, 6 jusqu'à 10 t, et 7 jusqu'à 15 t de coke.

le fait bien prouvé qu'un chauffage confortable est obtenu à des températures ambiantes de 10...12° C et que la consommation d'énergie du chauffage par contact est presque négligeable. Les fig. 13 et 14 illustrent ces conditions. Les légendes en sont suffisamment explicites. En outre, les deux tableaux ci-dessous, tirés d'un travail de M. Hottinger, fournissent d'intéressants renseignements. Ils s'entendent pour Zurich.

#### A. Hiver normal

Tableau I

Temp. ambiante °C	Nombre de jours qui exigent un chauffage	Economie de combustible %
18	198	—
12	140	47
11	110	58
10	78	69
8	32	86

#### B. Hiver de 1879/80, très froid et très long, et hiver de 1911/12, très doux et très court

Tableau II.

Temp. ambiante °C	Nombre de jours qui exigèrent un chauffage		Economie de combustible %	
	1879/80	1911/12	1879/80	1911/12
18	211	184	—	—
12	155	114	41	56
11	118	72	51	71
10	96	34	59	85
8	68	10	70	95

On conçoit qu'une application généralisée du chauffage par contact aurait d'extraordinaires con-

séquences quant à la consommation de chaleur. A lui seul, notre petit pays pourrait économiser chaque année quelque 200...300 millions de francs sur ses importations. Notre balance commerciale avec l'étranger en serait sensiblement influencée, sans affecter aucunement notre santé, ni notre confort. Il faudrait donc la peine de mettre tout en œuvre pour procéder au changement nécessaire de nos habitudes en matière de chauffage.

### Bibliographie

<sup>1)</sup> A. Imhof et M. Hottinger: Die Kleinspannungs-Individualheizung «Thermoflex», Rev. Techn. Suisse 1942, No. 11, p. 141—148.

<sup>2)</sup> A. Imhof: Die Individualheizung als Ergänzung zur Raumheizung, Elektrizitätsverwertg. 1942, No. 8/9, p. 141-150.

<sup>3)</sup> Reichenbach et Heymann, Z. Hyg., vol. 57 (1907).

<sup>4)</sup> E. F. Maximilian van der Held: Etwas über verbrannte Finger und kalte Füße, Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1942, No. 1, p. 18.

<sup>5)</sup> M. Hottinger: Versuchsergebnisse mit dem Heizmantel «Thermoflex», Schweiz. Bl. Heizg. u. Lüftg. 1943, No. 2, p. 52—72.

<sup>6)</sup> Civilisation and Climate 1935.

<sup>7)</sup> André Missenard: L'Homme et le climat, Plon 1937.

<sup>8)</sup> Cf. «Gesundheit und Wohlfahrt» 1942, No. 4, p. 186.

<sup>9)</sup> M. Hottinger, Gesundheits-Ing., vol. 64 (1941), No. 9.

<sup>10)</sup> M. Hottinger et A. Imhof: Die Individualheizung «Thermoflex», Gesundheits-Ing., vol. 64 (1941), No. 9, p. 118.

<sup>11)</sup> A. Imhof: Eine elektrische Mantelheizung ohne Schnuranschluss, Rev. Techn. Suisse 1942, No. 50, p. 704.

<sup>12)</sup> Benedict: Heat and Vent., vol. 31 (1934), No. 19.

<sup>13)</sup> P. E. Wirth: Qu'est-ce que le chauffage et comment peut-on chauffer rationnellement à l'électricité? Bull. ASE 1942, No. 24, p. 691.

## Ueber die Messung der Kupferverluste an Mutatortransformatoren

Von J. Kübler, Baden

621.314.21 : 621.314.65

Im Anschluss an frühere Veröffentlichungen im Bulletin SEV und einen Briefwechsel<sup>1...3)</sup>, ferner im Hinblick auf zu schaffende internationale Regeln für Mutatortransformatoren wird nochmals grundsätzlich auf die Messung der Einzelverluste bei Mutatortransformatoren eingetreten und es wird eine Methode angegeben, die, im Gegensatz zur De-Blieux-Methode, gut fundiert ist und, im Gegensatz zur Methode 4 (Bulletin SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278), einen guten Ueberblick auch über die Zusatzverluste liefert. Diese neue Methode wird zur Einführung in die Regeln der CEI empfohlen.

Faisant suite à des publications parues dans le Bulletin ASE, ainsi qu'à un échange de correspondance<sup>1...3)</sup>, et en considération des futures règles internationales, l'auteur s'occupe à nouveau de la mesure des pertes dans les transformateurs de mutateurs et propose une méthode mieux fondée que celle de De Blieux et qui permet, contrairement à la méthode 4 (Bulletin ASE 1938, No. 11, p. 277/278), d'englober également les pertes additionnelles. L'auteur recommande d'utiliser cette nouvelle méthode dans les règles de la CEI.

Die Redaktion des Bulletins des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins hat mir mit Brief vom 2. Februar 1940 Kopie eines Schreibens des Herrn Professor Dr. H. G. Nolen, Delft, zugestellt mit der Bitte, dazu Stellung zu nehmen<sup>1)</sup>.

Es war beabsichtigt, einige weitere Versuche im Versuchslabor der AG. Brown, Boveri & Cie., Baden, an Grossmutatortransformatoren vorzunehmen und dann erst auf den Brief von Nolen einzutreten und unsern Standpunkt darzulegen. Leider ist die Ausführung unseres Planes durch die militärischen Einberufungen stark verzögert worden, so dass die erwähnten Versuche erst vor kurzem abgeschlossen werden konnten. P. Waldvogel veröffentlichte

das Resultat in den Brown-Boveri-Mitteilungen<sup>2)</sup>.

Das Schreiben<sup>1)</sup> zeigt, dass es wichtig ist, nochmals ausführlich und vielleicht noch unter stärker-

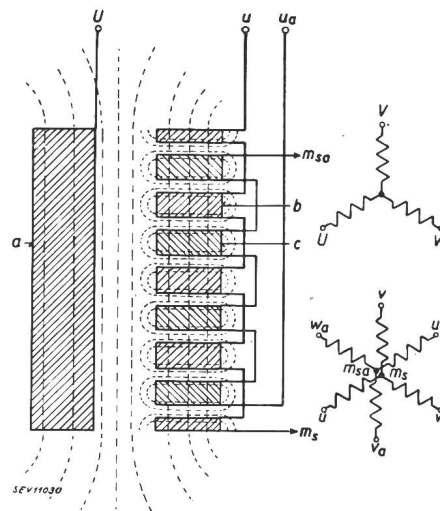


Fig. 1.

Schematische Darstellung der Wicklung

- U V W Primärwicklung.
- u Phase 1 } Sekundärwicklung
- u\_a Phase 4 }
- Streulinien der ungeraden Harmonischen.
- ..... Streulinien der geraden Harmonischen.

<sup>1)</sup> Das Schreiben lautet folgendermassen: «Im Bulletin SEV 1939, Nr. 24, kommt ein Brief des Herrn De Blieux vor, mit einer Antwort des Herrn Kübler. Herr Kübler erwähnt darin, dass immer die Zusatzverluste der Grundharmonischen gemeint sind. Ich habe in meinem Artikel Bulletin SEV 1939, Nr. 15, gezeigt, dass die Zusatzverluste der geraden Harmonischen nicht ausser Betracht gelassen werden dürfen. Nicht nur die Mischung der Spulen, sondern auch die Breite des Wicklungsdrahtes in Richtung der normalen Streufelder, das heisst senkrecht zur Richtung dieser geraden Harmonischen (wenigstens bei einer Mischung der Spulen der beiden Wicklungshälften in der Richtung der Säulenhöhe), bestimmen diese zusätzlichen Verluste. Bei der Messung der Verluste nach De Blieux werden derartige Verluste wenigstens teilweise mitgemessen, sei es, dass dieselben dann von der ersten Harmonischen aufgebracht werden, anstatt von der geraden Harmonischen, wie bei Mutatorbetrieb. Sie werden also jedenfalls entdeckt! Bei der Messung nach Kübler mit der ganzen Wicklung werden jedoch derartige Verluste gar nicht gemessen. Wenn also der Transformator nicht richtig konstruiert ist in dieser Beziehung, wird das nicht entdeckt werden. Das ist meines Erachtens ein grosser Nachteil, den man nicht in Kauf zu nehmen braucht, da eine bessere Methode, diejenige nach De Blieux, vorliegt.

rer Betonung als früher die Gründe darzulegen, warum vom Standpunkte des Transformatorenkonstruktors aus die De Blieux-Methode abzulehnen und dafür die Methode Nr. 4<sup>3)</sup>, ausgebaut nach

<sup>2)</sup> Zusatzverluste in den Transformatoren und Maschinen, die Mutatoren speisen. Brown Boveri Mitt., 1942, Nr. 11/12, S. 357.

<sup>3)</sup> Vergl. Bull. SEV 1938, Nr. 11, S. 277/278.