

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 65 (1939)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Quelles sont les caractéristiques du chauffage par rayonnement?  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-50014>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.01.2025

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

d'une cellule primitive en acier à  $100 \times 120$  kgs, de même poids total et de profil semblable, est inférieur à 8 %.

\* \* \*

Il est non moins intéressant de se faire une idée des échelles accessibles aux nouveaux produits proposés pour la construction des cellules ou des fuselages, tels les fibres ou bois agglomérés avec des résines synthétiques. Les rapports des propriétés des meilleurs de ces produits vis-à-vis du duralumin semblent approximativement aujourd'hui :<sup>1</sup>

$$\eta = 0,25 \quad \delta = 0,4 \quad \mu = 0,125.$$

On trouve  $U$  extrêmement voisin de  $I$ , par défaut à moins de 1 % près avec une envergure transposée diminuée de 15 %, une profondeur d'aile accrue de 17 % et des épaisseurs homologues locales accrues dans la proportion de 1 à 2,5 :

Force est d'admettre qu'il n'est pas exclu de voir les bois, fibres et résines synthétiques, lorsque les procédés constructifs seront au point, intervenir dans la construction des cellules et fuselages d'avions, moyennant des rapports dimensionnels appropriés, et cela avec des avantages par rapport à l'acier, mais apparemment pas par rapport du duralumin dont ils semblent toutefois pouvoir se rapprocher.

Bien entendu, cela ne pourra advenir que lorsque les questions locales des assemblages ou des procédés de construction auront été résolues.

\* \* \*

Du point de vue de la construction purement métallique, il est intéressant de faire l'estimation de la marge supplémentaire qu'apporte à son tour l'emploi des alliages ultralégers vis-à-vis du duralumin. En ce qui concerne le magnésium, les rapports des propriétés comparées sont :

$$\eta = 0,8 \quad \delta = 0,66 \quad \mu = 0,66.$$

On trouve  $U$  très voisin de 1,20, soit un nouvel accroissement d'échelle de portance de 20 % par rapport au duralumin lui-même, avec une envergure transposée accrue de 15 %, une profondeur transposée accrue de 5 %, et des épaisseurs locales homologues accrues dans la proportion de 25 % par l'emploi du magnésium.

Là aussi interviennent, dans un ensemble, des dispositions correctives sectionnelles ou locales aux assemblages, en fonction des matériaux, selon les relations III et V. Le détail en diluerait trop notre sujet.

#### Conclusions.

Soulignons d'abord que la méthode comparée choisie présente un grand avantage de sécurité, même vis-à-vis des réalisations. En effet, ne faisant appel qu'à des rapports,

<sup>1</sup> Je ne connais pas les caractéristiques du produit dit « Duramold » de l'avion « Clarke » américain.

les erreurs mêmes ne peuvent être proportionnelles qu'à des différences de dimensions, et non aux grandeurs absolues de ces dernières. C'est juste le contraire de ce qui a lieu dans les constructions abordées directement sans bases expérimentales préalables et dont chacun connaît les aléas.

C'est intentionnellement que nous nous sommes cantonnés dans les cas limites extrêmes les moins favorables. Il est évident que dans les cas intermédiaires où ne jouent plus, au titre limitatif, les stabilités des formes étendues allégées à l'extrême, nos conclusions auraient paru bien plus favorables aux métaux légers. Mais alors des transpositions inverses sur la base d'autres modes constructifs auraient pu mettre en cause la véritable portée de l'Exposé.

C'est pourquoi je me suis donné comme discipline de supposer, dans chaque exemple, que la charpente primitive était parfaitement conçue et réalisée dans le détail, et de même que la transposition constructive devait calquer l'exécution primitive de la façon la plus serrée possible à partir des bases déjà supposées parfaites. Cela seul peut donner l'estimation la plus modérée des véritables ordres de grandeur des échelles constructives accessibles par les emplois des métaux légers.

Ajoutons, à titre d'anticipation, que des matériaux à résistance poussée paradoxalement jusqu'à l'infini, mais à modules inchangés, ne bouleverseraient que les conceptions locales mais non les conceptions globales des ensembles constructifs. Par contre, des matériaux à très hauts modules et de faibles densités, comme le glucinium transposé par rapport à l'aluminium et le magnésium, ou bien le tungstène par rapport à l'acier, bouleverseraient certainement les conceptions constructives des ensembles et créeraient une nouvelle esthétique.

## Quelles sont les caractéristiques du chauffage par rayonnement ?

Nous pensons intéresser nos lecteurs et spécialement les architectes en reproduisant ici l'essentiel d'un article paru dans la Revue technique Sulzer, n° 2, 1939, sous la signature Wth. Pour ceux que cette question intéresse particulièrement nous leur rappelons que le Bulletin a déjà publié sur cette matière plusieurs articles et notes<sup>1</sup>. (Réd.)

Dans le chauffage ordinaire par radiateurs, l'air joue le rôle de véhicule de chaleur entre la source, constituée par le radiateur, et le local qui l'absorbe. Des considérations élémentaires de physique montrent que pour réaliser ce but, l'air doit être au moins un peu plus chaud que les corps auxquels il doit céder sa chaleur, c'est-à-dire, les meubles, les parois, etc. Ce mode de chauffage est donc essentiellement indirect.

Pour éprouver un sentiment de bien-être le corps humain doit évacuer une quantité de chaleur bien déterminée qu'il abandonne par rayonnement et par convection. Avec le chauffage par radiateurs, cette chaleur est dissipée pour la plus grande partie par le rayonnement du corps

<sup>1</sup> Entre autres : *Le chauffage par rayonnement*, par M. A.-G. Bertusi, ingénieur, « Bulletin technique » du 7 mai 1938, p. 129.

vers les parois et fenêtres froides, tandis qu'une part plus faible seulement est abandonnée à l'air environnant. Pour éviter que cette cession de chaleur ne dépasse une valeur totale compatible avec le bien-être du corps, on est amené à donner à l'air de la pièce une température d'autant plus élevée que les surfaces vitrées vers lesquelles se dirige le rayonnement de chaleur sont plus étendues. C'est ainsi que s'explique la tendance actuelle, souvent erronée, qui consiste à exiger pour une pièce confortable une température de 20° C et même plus. Cette exigence n'est pas uniquement le signe d'une accoutumance progressive, mais elle est la conséquence de l'augmentation continuelle des dimensions des fenêtres, dont il a fallu compenser l'influence sur l'équilibre thermique du corps en élevant la température ambiante.

La température d'un local, mesurée de la façon habituelle au moyen d'un thermomètre ordinaire, ne suffit plus aujourd'hui à exprimer correctement les conditions de confort d'un local. Il faut tenir compte, en les combinant avec celles de l'air, des températures des surfaces qui délimitent la pièce, c'est-à-dire le plafond et le plancher, les parois et les fenêtres. Le relevé de ces températures au moyen du thermomètre ordinaire est incommode et imprécis ; il est plus facile de l'effectuer au moyen de couples thermo-électriques qui n'ont qu'une faible inertie et peuvent être établis soit pour mesure directe par contact, soit sous la forme de thermomètres à aspiration protégés contre le rayonnement. Les figures 1 et 2 montrent ces deux instruments tels que la maison

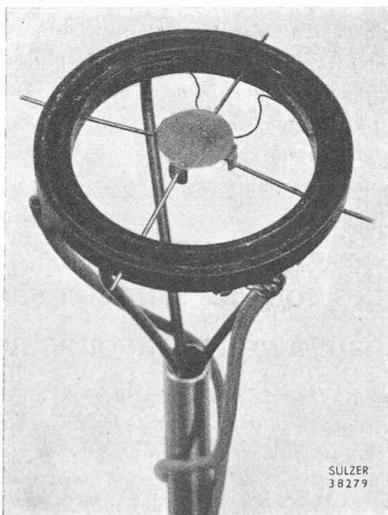


Fig. 1. — Couple thermo-électrique pour la mesure des températures superficielles.

Sulzer les a utilisés dans les essais décrits plus loin : la figure 1 représente le thermomètre à contact direct pour les mesures superficielles, et la figure 2 le thermomètre à aspiration pour la mesure de la température réelle de l'air. L'équipement est complété par un galvanomètre combiné avec une bouteille isolante, destinée à maintenir la soudure froide à la température de la glace fondante. Une fois installé dans le local à examiner, cet équipement permet, grâce à la mobilité des couples thermo-électriques et à leur rapide réaction, de faire en peu de temps et dans tous les sens, donc en long et en large, le relevé des diverses températures.

On voit sur la figure 3 des diagrammes de température relevés de cette façon dans des locaux chauffés par convection ;

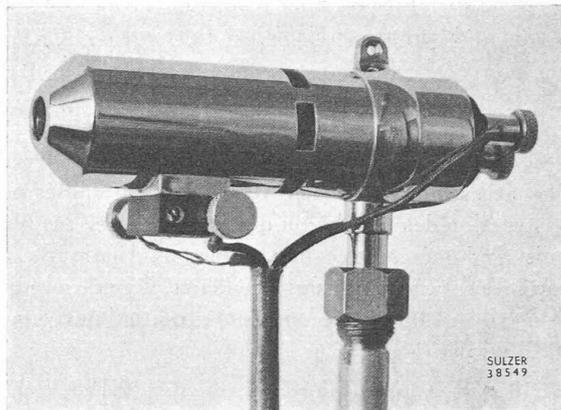


Fig. 2. — Couple thermo-électrique ventilé pour la mesure de la température réelle de l'air.

le diagramme de gauche se rapporte à un local dont les radiateurs présentent une disposition particulièrement défavorable, aggravée encore par l'absence de chauffage dans le local situé sous le plancher. La répartition des températures montre clairement que l'air, au contact des fenêtres froides, descend jusqu'au plancher lui-même refroidi par-dessous puis s'échauffe au voisinage d'un radiateur pour remonter au plafond qu'il longe dans une zone de température élevée avant de recommencer le même circuit. Cette répartition des températures réalise précisément les conditions physiologiques qu'il faudrait éviter : froid aux pieds et chaud à la tête. Les surfaces limites représentées sur le diagramme, soit les plafonds et planchers, sont nettement plus froides que l'air, justement parce que c'est ce dernier qui assure le transport de la chaleur.

La figure de droite se rapporte par contre à une installation de chauffage à eau chaude étudiée avec soin et dans laquelle les radiateurs sont placés dans les embrasures des fenêtres. Les inconvénients constatés plus haut sont fortement atténués, mais subsistent quand même dans une faible mesure, la température de l'air restant partout plus élevée que celle du plafond et du plancher.

D'après les préceptes d'une vieille expérience, c'est dans une atmosphère fraîche entourée de parois chaudes qu'on se sent la plus à l'aise ; la répartition des températures telle qu'on vient de l'examiner, n'apportera donc pas tout le bien-

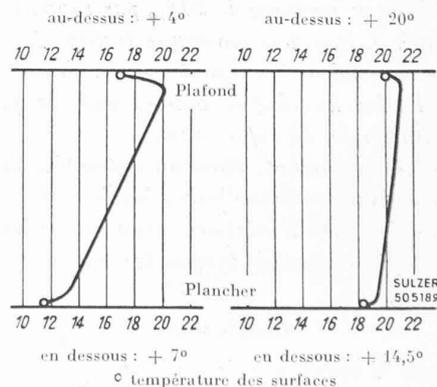


Fig. 3. — Température réelle de l'air relevée en sens vertical dans les locaux chauffés par radiateurs placés, pour le diagramme de gauche, de façon défavorable, et à droite de manière judicieuse.

être désirable, et de là à conclure qu'il faut, pour atteindre ce but, donner aux parois une température supérieure à celle de l'air, il n'y a qu'un pas. On ne peut y arriver qu'en abandonnant le principe d'un fluide intermédiaire et en chauffant directement au moins une partie des surfaces qui délimitent la pièce. Le chauffage par le plafond réalise parfaitement ces conditions en rayonnant directement la plus grande partie de la chaleur à travers le local et en ne chauffant l'air que de façon indirecte.

La figure 4 montre deux diagrammes de température

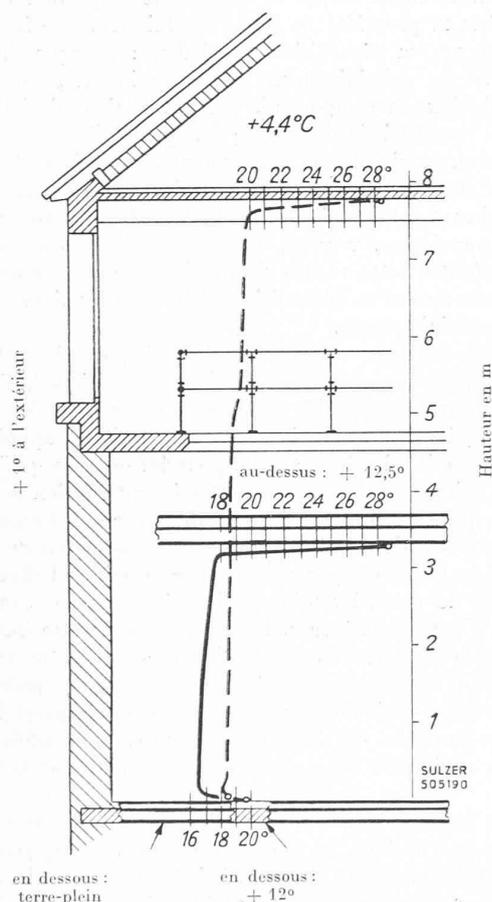


Fig. 4. — Température réelle de l'air relevée en sens vertical dans deux locaux de hauteur différente, chauffés par rayonnement.

relevés dans des locaux de hauteur différente et chauffés par le plafond. Ces relevés font ressortir la caractéristique particulière de ce mode de chauffage : le plafond et le plancher sont portés à des températures supérieures à celles de l'air. La chaleur est rayonnée à travers celui-ci, du plafond au plancher et aux parois qui l'absorbent partiellement et s'échauffent ainsi plus que l'air de la pièce. On remarque, en comparant les résultats de mesures effectuées dans des locaux d'environ 3 à 8 m de hauteur, qu'il est aussi facile de chauffer uniformément un local très élevé qu'un autre de moyenne hauteur ; la répartition de température dans le sens vertical reste très régulière.

On dispose, grâce à ce mode de chauffage, d'un moyen d'agir sur l'émission de chaleur du corps humain pour diminuer la quantité de chaleur dissipée par rayonnement et élever celle qui s'évacue par convection ; cela revient à abaisser la température du local et cette solution satisfait notre recherche du bien-être tout autant qu'elle correspond

aux considérations d'ordre physiologique. Pour une même quantité de chaleur dissipée, le corps humain se sent bien plus à son aise dans un local entouré de parois tempérées et rempli d'air frais que dans un local dont les parois sont froides et l'atmosphère chaude. La différence fondamentale présentée par les deux systèmes de chauffage ressort particulièrement de la figure 5 qui permet de comparer la répartition verticale des températures provoquées par le chauffage par rayonne-

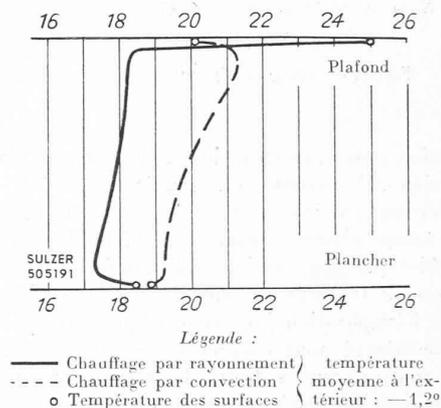


Fig. 5. — Comparaison des températures relevées en sens vertical dans un local chauffé par rayonnement ou par convection.

ment et par le chauffage par convection ; la courbe relative au premier est en quelque sorte l'image renversée de celle du chauffage par convection.

Une appréciation reposant sur de simples sensations personnelles ne suffit cependant pas si l'on veut favoriser l'extension d'un nouveau système de chauffage ; il faut pour cela pouvoir s'appuyer sur des bases numériques bien déterminées. Pour se faire une idée précise de la part qui, dans la quantité de chaleur évacuée par le corps humain, revient au rayonnement et à la convection dans les deux modes de chauffage, on a dû créer en quelque sorte un être humain artificiel permettant de mettre en évidence les modalités de l'évacuation de chaleur indépendamment de toute appréciation personnelle.

Le frigorigmètre de Davos qui fut employé à cet effet comprend une sphère, dont la température superficielle est maintenue de façon constante à une valeur choisie à volonté, par le moyen d'un dispositif de chauffe à réglage automatique. Pour se rapprocher le plus possible des conditions du corps humain, on fixa cette température, dans les essais effectués par la maison Sulzer, à 24,5° C, ce qui d'après la littérature technique, correspond en moyenne à la température superficielle extérieure du corps humain normalement habillé. Pour relever séparément les parts du rayonnement et de la convection, on utilise deux sphères de même grandeur, mais limitées par des surfaces de propriétés différentes : l'une chromée et parfaitement polie, donne à quelques % près la quantité de chaleur évacuée uniquement par convection ; l'autre est oxydée par procédé anodique et noircie, ce qui lui confère, dans le domaine des ondes thermiques, un indice de rayonnement semblable, dans une proportion dépassant 90 %, à celui des parois, habits, etc. La différence des résultats donnés par ces deux appareils de mesure permet de déterminer la part du rayonnement seul et d'établir exactement le bilan thermique.

La perte de chaleur subie par le corps humain à différentes températures ambiantes est représentée, d'après les indications de la littérature technique, par la figure 6 qui établit

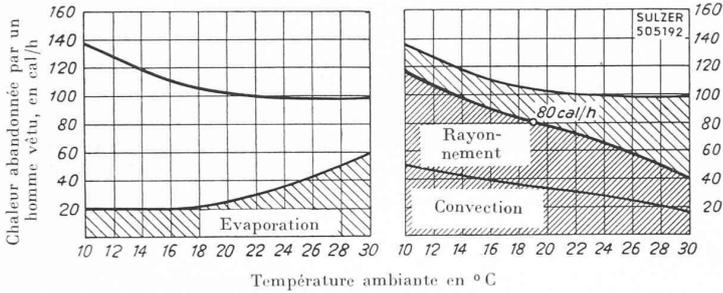


Fig. 6. — Chaleur abandonnée par un homme vêtu.

la distinction entre l'évaporation d'une part et d'autre part la convection et le rayonnement réunis.

On remarque particulièrement à gauche de la figure que, pour des températures courantes en hiver, la proportion de chaleur cédée par évaporation reste sensiblement constante ; elle ne croît, de façon rapide, que pour des températures plus élevées où l'évaporation joue en quelque sorte le rôle d'une soupape de sûreté pour empêcher une dangereuse accumulation de chaleur. Sur la droite de la figure, la surface inférieure, finement hachurée, représente la chaleur abandonnée par la convection et le rayonnement réunis, car dans les considérations qui suivent on fera abstraction de l'évaporation dont la part, dans les limites de température nécessaires au chauffage des locaux, ne varie que peu.

Dans un local chauffé à 20° C, un homme normalement habillé et non astreint à un travail corporel pénible perd environ 80 cal/h par rayonnement et convection. Le but assigné aux mesures effectuées avec le frigorigmètre était d'étudier de façon plus détaillée la zone finement hachurée relative au rayonnement et à la convection.

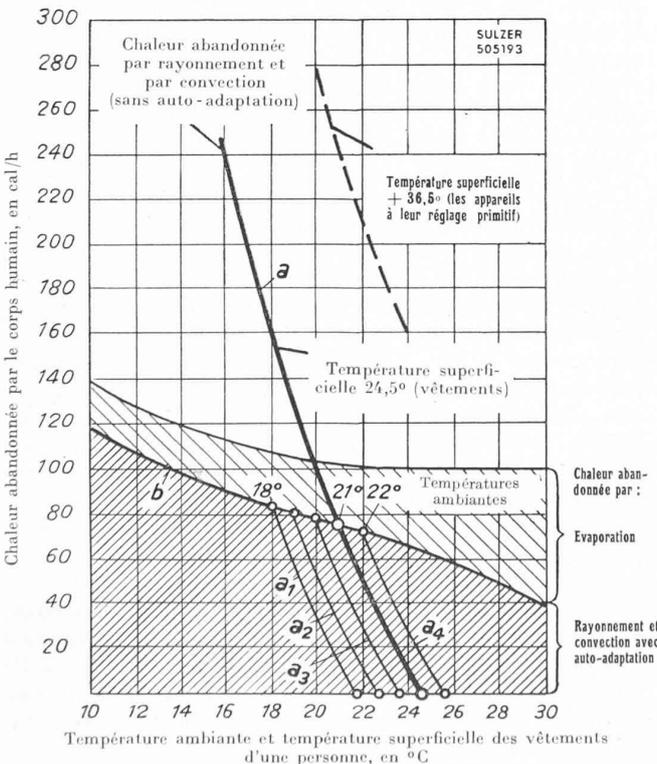


Fig. 7. — Comparaison entre la déperdition de chaleur d'une personne habillée et les résultats des mesures effectuées au moyen du calorimètre.

Les premières mesures causèrent déjà une certaine surprise, car on remarqua que la courbe d'émission de chaleur du frigorigmètre est sensiblement plus inclinée que celle du corps humain, ainsi que le montre la figure 7, dont la courbe « a » se rapporte au frigorigmètre et la courbe « b » au corps humain. La pente plus grande de la courbe de refroidissement de l'homme artificiel conduirait beaucoup trop rapidement, pour une variation de la température ambiante, à un refroidissement ou un échauffement exagérés. Cette différence s'explique par le fait que le corps humain possède la propriété de régler par lui-même, de façon très efficace, sa déperdition de chaleur : Lorsque l'impression de refroidissement est trop intense, un réflexe réduit l'afflux du sang dans la peau et abaisse ainsi la température superficielle du corps ; lorsque l'échauffement est trop grand, la circulation est au contraire activée et provoque une élévation de température qui renforce l'évaporation. En exprimant cette variation de la température superficielle par la translation, vers  $a_1, a_2, a_3, a_4$ , de la courbe « a », on fait apparaître cette « auto-adaptation » du corps humain en mettant en accord sa déperdition réelle avec les diverses courbes de refroidissement.

Une fois de plus, on constate à quel point la nature a pourvu l'être humain d'un organisme perfectionné. Celui-ci est cependant comparable à un régulateur dont les continues oscillations occasionnent une fatigue appréciable pour l'appareil lui-même comme pour les organes qu'il commande ; il importe donc de le mettre à contribution le moins possible, principe tout aussi applicable au corps humain.

Les considérations qui suivent ont donc pour but de déterminer si le chauffage par rayonnement diminue l'effort d'adaptation du corps humain et s'il présente encore, en plus de cela, d'autres avantages. Pour répondre à cette question, il est nécessaire de comparer soigneusement entre eux les résultats de mesures effectuées avec les deux sphères du frigorigmètre, — soit l'une sensible au rayonnement et l'autre protégée contre lui —, dans des locaux divers chauffés d'une part par radiateurs ordinaires ou d'autre part par rayonnement.

Sur la figure 8, qui montre le résultat des mesures effectuées jusqu'à ce jour, on constate nettement que, pour une quantité déterminée de chaleur dissipée par convection, celle qui s'évacue par rayonnement est très variable. Dans les locaux

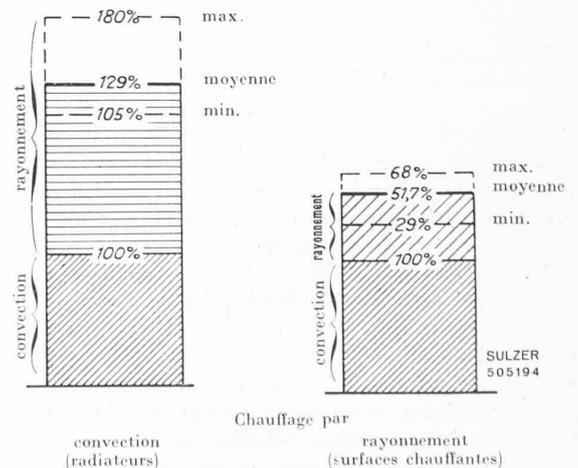


Fig. 8. — Rapport du rayonnement et de la convection (en %) dans un chauffage par radiateurs et par rayonnement.

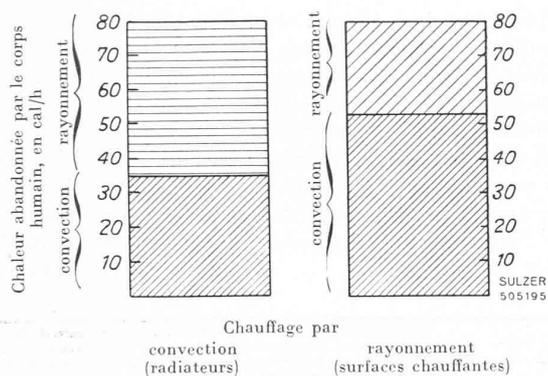


Fig. 9. — Chaleur abandonnée par une personne vêtue au repos (en cal/h).

chauffés par radiateurs, la quantité de chaleur dissipée par rayonnement est toujours au moins aussi grande que celle qu'emporte la convection et peut même en atteindre presque le double. Les mesures effectuées jusqu'ici donnent une valeur moyenne de 129 %. Avec le chauffage par rayonnement au contraire, la quantité de chaleur rayonnée par le corps est toujours inférieure à celle qui s'évacue par convection ; elle oscille, au cours des mesures, entre 29 et 68 %, avec une valeur moyenne d'environ 52 %. Le diagramme 9 interprète la même idée mais d'une autre façon : les courbes y indiquent directement combien de calories le corps humain abandonne par convection et par rayonnement dans un local chauffé, soit par radiateurs, soit par rayonnement du plafond. Ces graphiques montrent bien que, dans le chauffage par rayonnement, il ne s'agit nullement d'apporter par ce moyen de la chaleur au corps humain, mais plutôt de diminuer la quantité de chaleur qu'il dissipe de cette façon.

Cette constatation est importante et permet de rassurer immédiatement les personnes qui, au seul énoncé du mot « chauffage par rayonnement » croient déjà éprouver à la tête un sentiment désagréable. Il n'y a nullement lieu de craindre une radiation de chaleur perceptible ou importune ; le chauffage par rayonnement combat au contraire la congestion du seul fait que la température ambiante est plus basse, et par conséquent la quantité de chaleur évacuée par convection plus élevée. Cet effet provoque tout particulièrement sur les parties du corps non vêtues, comme par exemple la tête, une agréable sensation de fraîcheur.

(A suivre)

## BIBLIOGRAPHIE

**Annuaire hydrographique de la Suisse**, publié par le Service fédéral des Eaux, Berne 1938, prix : fr. 27.—.

Cette importante publication de 177 pages précise le caractère hydrographique de l'année écoulée, donne la liste des stations ayant fait partie du réseau limnimétrique suisse durant 1938 et les résultats des mesures de niveaux d'eau et de débits (moyennes journalières, mensuelles, maximum et minimum, durées, etc.).

A ces renseignements statistiques qui viennent compléter ceux des éditions antérieures vient s'ajouter dans le volume de 1938 une partie documentaire contenant des photographies de stations limnimétriques et limnigraphiques, d'installations de jaugeage caractéristiques, d'appareils hydrométriques, etc. ;

En hors texte, une carte synoptique du réseau limnimétrique suisse et une carte des stations supprimées.

**Annuaire téléphonique suisse**, éditeurs Hallwag S. A., Berne, 28<sup>me</sup> édition, 1939. Prix : fr. 15.—.

C'est en un volume, à la fois un registre suisse des abonnés au téléphone, un répertoire d'adresses et un registre des localités, avec une carte de Suisse et le plan des principales agglomérations ; le tout muni d'un index alphabétique disposé de manière à en rendre l'usage facile et rapide.

**Etudes directes sur la formation du lit et sur le charriage des alluvions roulés et en suspension**. Communication n° 33 du Service fédéral des Eaux, directeur Dr. C. Mützner. Berne 1939. Prix : fr. 25.—.

Depuis plusieurs années déjà, le Service fédéral des Eaux poursuit, avec la collaboration du Laboratoire de recherches hydrauliques de l'Ecole polytechnique fédérale de remarquables études dont le but est : la détermination du charriage des alluvions. La tâche du Service des Eaux fut avant tout de contrôler dans la nature le bien-fondé des lois découvertes en laboratoire. A cet effet il établit en automne 1935 près de Brienzwiler, dans la vallée du Hasli, une station pour la recherche des conditions de charriage des alluvions de l'Aar.

Ce sont les résultats de ces observations et la description des moyens utilisés (appareils, stations de mesure, etc.) qui constituent le fond de la communication. Elle contient en outre une foule de renseignements intéressants sur les données géologiques et pétrographiques du problème, les questions hydrographiques et hydrauliques qui lui sont liées (corrections, répartition des débits et vitesses dans divers profils, rugosité, pente de la ligne de charge, etc.). C'est un volume de plus de cent pages très largement illustré et complété par une riche notice bibliographique.

**La route**, supplément à la revue *Travaux*, édition *Science et industrie*, Paris, 29, rue de Berri ; 1939.

Le numéro spécial consacré à la route par la revue *Science et industrie* traite à fond cette année les questions suivantes sur lesquelles il apporte une documentation complète : *Le matériel routier*, rouleaux compresseurs et compresseurs d'air, matériel de répandage et de gravillonnage, appareils de malaxage, de séchage et d'enrobage, les installations de stockage et de réchauffage, les appareils de balayage et d'arrosage, etc. *Le problème du déneigement*, les concours internationaux d'appareils chasse-neige, le déblaiement des neiges sur les routes, l'utilisation de pare-neige, conditions rationnelles d'emploi des appareils de déneigement, etc. *Les accessoires de la route*, les plantations, les bordures, les canivaux, la signalisation lumineuse, etc.

C'est un volume de 150 pages très richement illustré où ingénieurs et entrepreneurs spécialisés trouveront d'utiles renseignements statistiques et techniques.

**Bulletins n° 20, 21 et 22 de l'Institut de recherches technologiques de St. Paul (Brésil)**, 1939.

Le premier de ces fascicules donne la description des installations de l'Institut et l'histoire de son développement. Le second est consacré à diverses études ayant trait au problème des *essais mécaniques et de l'analyse chimique des ciments*. Le troisième est entièrement consacré à la description de deux *ponts-routes en béton armé*, arc encastré et arc à trois articulations et à l'exposé des résultats des essais de charge et des essais réalisés sur modèles en celluloid.

**Risques de fissuration des pièces tendues en béton armé**.

*Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics*, Paris, Mai-juin 1939.

Sur proposition de M. H. Lossier, ingénieur-conseil, M. Faury, ingénieur, a effectué aux Laboratoires du bâtiment et des travaux publics, à Paris, des séries d'essais qui visaient