

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 49 (1923)
Heft: 24

Artikel: Etude expérimentale de la transmission de la chaleur par quelques matériaux de construction
Autor: Dumas, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-38264>

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: 05.05.2025

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE AGRÉÉ PAR LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *Etude expérimentale de la transmission de la chaleur par quelques matériaux de construction*, par A. DUMAS, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne, Chef du Laboratoire d'Essais de Matériaux (suite et fin). — *Concours pour l'étude d'un Musée des Beaux-Arts à ériger à La Chaux-de-Fonds* (suite). — *La traction des trains par automotrices Diesel-électriques*. — *La traction des chemins de fer suisses en 1921*. — *Instructions relatives à la préparation des projets et à l'exécution des travaux de barrage de grande hauteur*. — BIBLIOGRAPHIE.

Etude expérimentale de la transmission de la chaleur par quelques matériaux de construction

par A. DUMAS, ingénieur, professeur à l'Université de Lausanne,
Chef du Laboratoire d'Essais de Matériaux.

(Suite et fin.)¹

Les figures 4, 5 et 6 montrent la répartition des températures relevées dans toute l'étendue de trois types divers de murs. Dans ces graphiques, on entend toujours par température le terme $t_1 - t_2$, donc la différence de température entre les deux côtés du mur, et non pas une température absolue.

Les courbes allant de haut en bas représentent les différences entre les températures relevées dans les tubes II à VI et celles de la paroi froide du mur. Les courbes allant de gauche à droite donnent par contre les différences de températures le long des horizontales 1 à 9. De ce double réseau de courbes on a déduit les isothermes.

Les figures 4 à 6 sont dessinées à l'échelle : 1,7 cm. du dessin représentent 10 cm. Les horizontales 1 à 9 sont donc à des intervalles réguliers de 10 cm., tandis que les verticales II à VI sont à des distances variables les unes des autres. L'intersection de la verticale IV et de l'horizontale 5 détermine le milieu du corps de chauffe.

Ces courbes de répartition de température sont d'un grand intérêt. Elles mettent bien en évidence la valeur relative des différents types de parois auxquelles elles se rapportent et elles nous donnent tous les renseignements nécessaires pour les déterminations à faire.

Si l'on avait opéré sur des parois de plus grandes dimensions, par exemple de 2 m. $\times$ 2 m., on aurait probablement obtenu des répartitions de températures encore plus uniformes, mais des conditions locales nous demandaient de ne pas dépasser sans nécessité absolue les dimensions que nous avons adoptées.

Comme contrôle, on a toujours opéré simultanément avec deux corps de chauffe identiques sur deux parois différentes dont l'une avait un coefficient de transmission de chaleur connu. Les coefficients de transmission de chaleur, dans ces conditions, ont été calculés, en fin de compte, par comparaison avec celui de la paroi connue. Ce procédé

s'est montré très efficace et il a permis de mettre en évidence bien des imprécisions dues à des variations de la température extérieure.

La figure 7 montre l'ensemble de l'installation. A droite se trouve la paroi à l'essai et à gauche, la paroi de comparaison. Tous les appareils de mesure utilisés sont visibles sur la figure : wattmètre, couple thermoélectrique avec galvanomètre et lunette d'observation.

Parois observées.

Les parois mises en observation présentaient les caractéristiques indiquées ci-après. Elles ont été montées au laboratoire par les soins de M. Jung, entrepreneur à Lausanne.

Les joints de toutes les parois ont été faits avec du mortier de chaux lourde. Les parois n'étaient crépies sur aucune de leurs faces.

1. *Mur en briques de ciment*. Construit du 2 au 4 août 1922.

Epaisseur du mur : 0,275 m. (environ).

Dimensions des briques : longueur, 27,4 cm. ; largeur, 13 cm. ; hauteur, 9 cm. ; poids : 6,73 kg. ; densité : 2,20 kg./dm³.

2. *Mur en briques de terre cuite rouge, pleines*, construit le 4 août 1922.

Epaisseur du mur : 0,245 m. (environ).

Dimensions des briques : longueur, 24,5 cm. ; largeur, 12 cm. ; hauteur, 6 cm. ; poids : 3,405 kg. ; densité : 2,05 kg./dm³.

3. *Murs en briques de terre cuite, avec un matelas d'air*, construit du 4 au 6 août 1922. Type de construction, voir fig. 8. Caractéristique des briques A : Briques pleines en terre cuite : longueur, 28,5 cm. ; largeur, 10 cm. ; hauteur, 4,8 cm. ; poids : 2,04 kg. ; densité : 2,31 kg./dm³.

Caractéristiques des briques B : Briques creuses en terre cuite : longueur, 28,2 cm. ; largeur, 14 cm. ; hauteur, 11,5 cm. ; poids : 4,21 kg. ; densité : 1,97 kg./dm³ ; deux rangées de trois trous.

4. *Mur en briques cuites, avec un matelas d'air*, construit le 6 août 1922. Type de construction, voir fig. 9. Caractéristiques des briques C : Briques cuites avec onze trous de 2,6 cm. de diamètre dans le sens de la hauteur : longueur, 24,5 cm. ; largeur 11,5 cm. ; hauteur, 9 cm. ; poids : 3,78 kg. ; densité : 2,16 kg./dm³.

¹ Voir *Bulletin technique* du 10 novembre 1923, page 277.

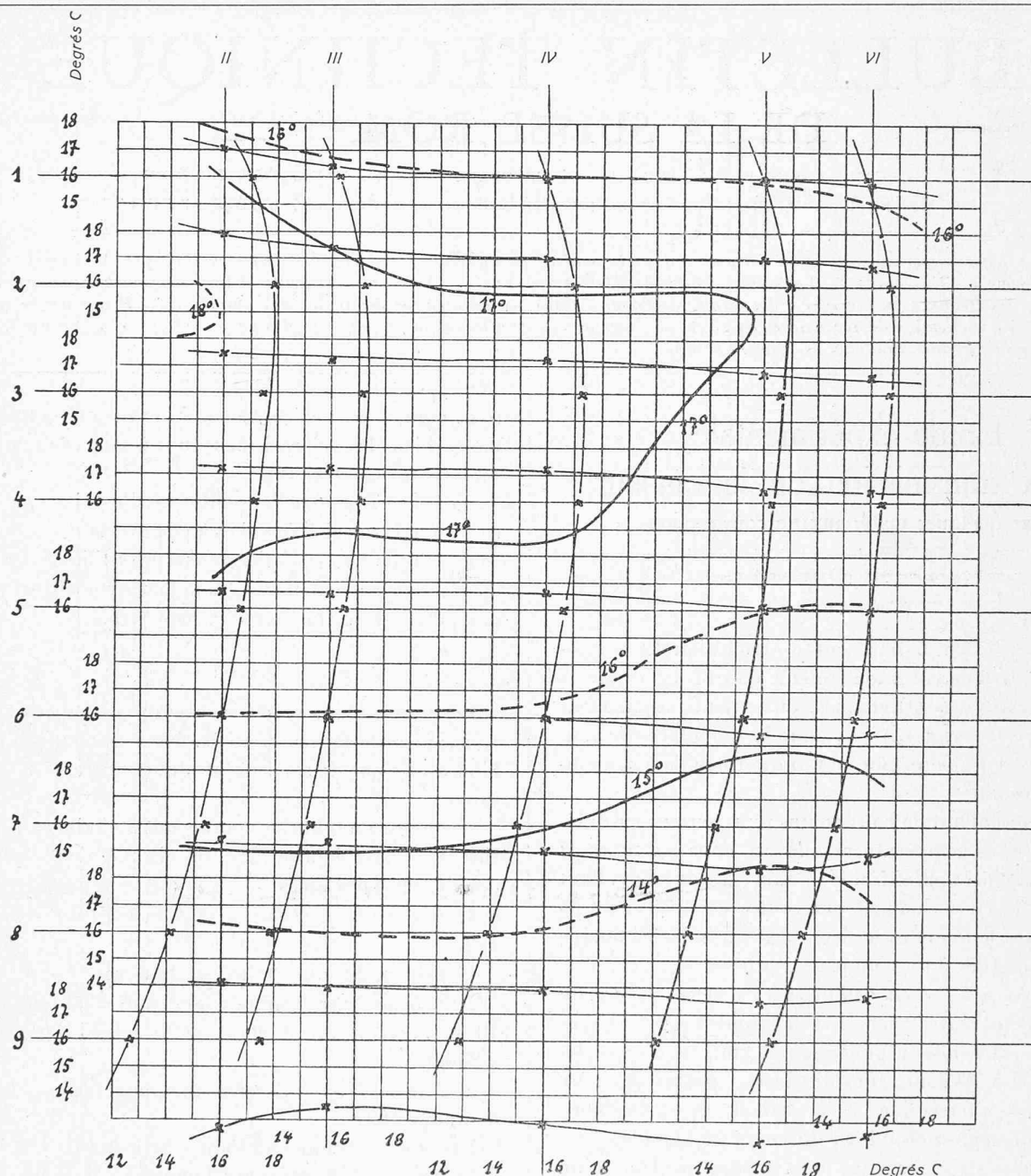


Fig. 4. — Mur en briques Léan. — Courbes de répartition des températures.
(Les courbes représentent les différences de température entre les faces du mur.)

Caractéristiques des briques *D* : Briques creuses en terre cuite avec deux rangées de trois trous : longueur, 28,4 cm. ; largeur 13 cm. ; hauteur, 10 cm. ; poids : 3,83 kg. ; densité : 2,12 kg./dm³.

5. Mur en maçonnerie ordinaire, pierres de Meillerie, avec crépissage égalisateur sur les faces, construit du 7 au 9 août 1922. Epaisseur : 50 cm.

Résultats des observations.

Les coefficients de transmission de chaleur déterminés pour les murs indiqués sont reportés sur la figure 10. En abscisse, on a porté la date des observations en comptant les mois à trente jours et en ordonnées le coefficient de transmission de chaleur observé.

L'étude des courbes de la figure 10 est des plus instructive. On en déduit notamment que le coefficient de transmission de chaleur a une tendance nette à diminuer avec le temps. Cette diminution est probablement due en grande partie au fait que les murs sont montés humides et qu'ils se sèchent peu à peu. A mesure qu'ils sèchent, leur conductibilité diminue ainsi qu'on le sait.

Remarquons que chaque mur a été en observation pendant environ cinq à six semaines. Cette durée, quoique relativement longue lorsqu'il s'agit d'observations, est pourtant plutôt courte lorsqu'il s'agit du séchage d'un mur. On pourrait, cela va sans dire, prolonger les essais jusqu'à ce que l'on obtienne des valeurs stationnaires. On arriverait de cette manière à trouver le temps que prend

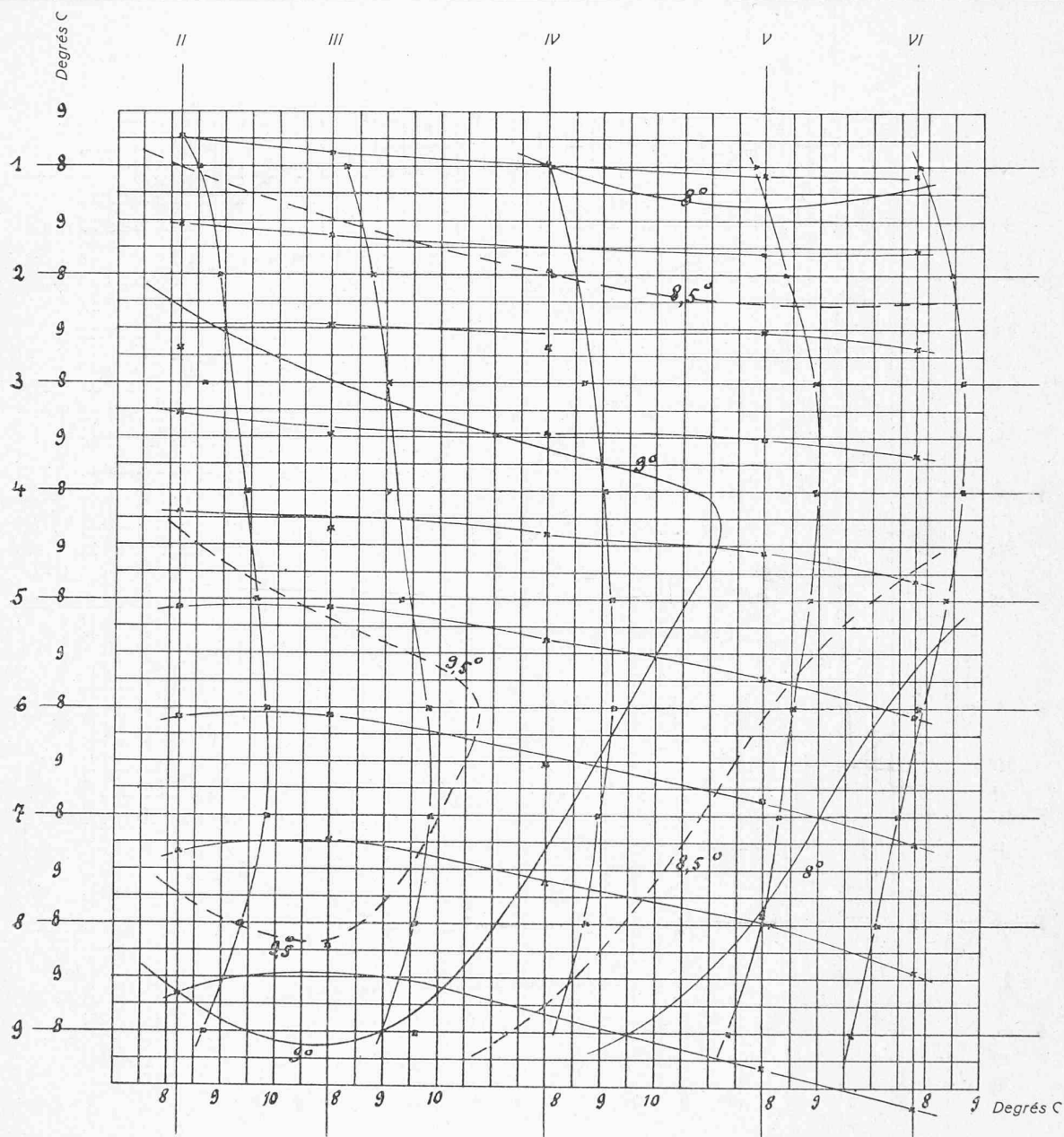


Fig. 5. — Mur 1, en briques de ciment. — Courbes de répartition des températures.
(Les courbes représentent les différences de température entre les faces du mur.)

une paroi pour se sécher, ce qui serait une caractéristique bien intéressante à connaître.

C'est aussi intéressant de voir que pour le mur en maçonnerie, pendant une durée d'observation de un mois, on n'a pas remarqué de diminution de transmission de chaleur. C'est peut-être dû au fait que l'on avait affaire à une masse beaucoup plus importante que celle des autres murs. Comme le coefficient de transmission de chaleur trouvé pour le mur en maçonnerie est peut-être un peu élevé (2,1) on peut penser que si les observations avaient été poursuivies pendant beaucoup plus longtemps, pendant plusieurs mois, on se serait en fin de compte rapproché d'une valeur limite correspondant à un mur sec.

Les valeurs reportées sur la figure 10 sont les résultats bruts des observations, sans aucune espèce de retour-

che. Les seules valeurs qui aient été corrigées sont celles relatives au mur en maçonnerie, et cela de la manière suivante :

Les dimensions des corps de chauffe (1,10 m. $\times$ 1,10 m.) ont été arrêtées en comptant que les murs dont on aurait essentiellement à s'occuper n'auraient guère des épaisseurs dépassant 25 à 30 cm. Dans ces conditions, les pertes de chaleur par les bords du mur ne jouent pas un rôle trop important par rapport à la transmission de chaleur normalement au sens de la paroi. Par contre, le mur de maçonnerie ayant une épaisseur de 50 cm., la surface du mur était trop faible et n'était pas en rapport avec une telle épaisseur. C'est ce dont on se rend compte en étudiant la répartition des températures le long de la surface du corps de chauffe : on constate une chute de température

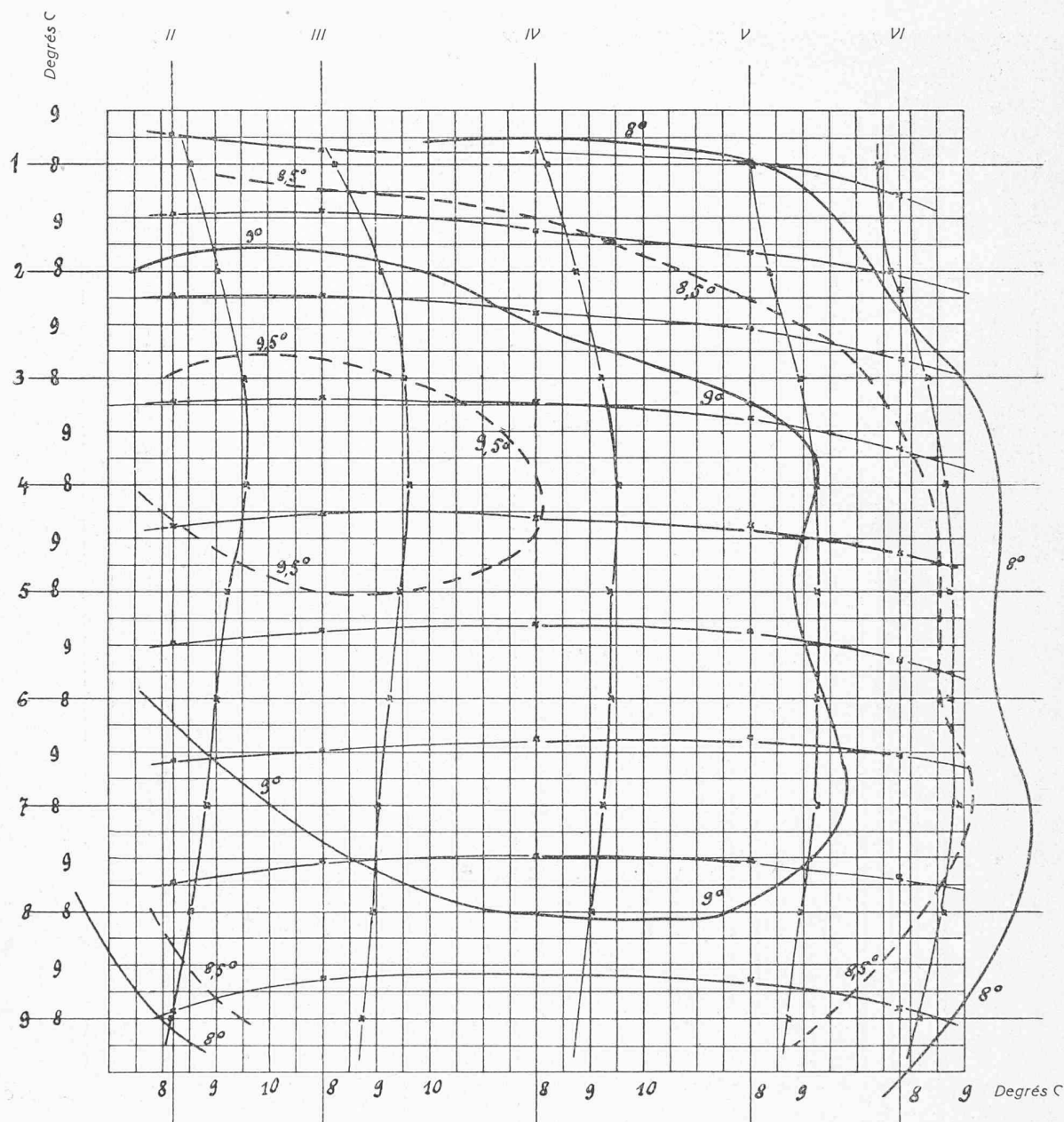


Fig. 6. — Mur 5, en pierres de Meillerie. — Courbes de répartition des températures.
(Les courbes représentent les différences de température entre les faces du mur.)

sensible vers les bords du mur. On a donc rectifié les coefficients de transmission de chaleur observés pour tenir compte de ces pertes.

Tous calculs faits, nous arrivons finalement aux coefficients suivants :

- Mur 1, en briques de ciment de 0,275 cm. d'épaisseur : $c = 2,4$.
- Mur 2, en briques de terre cuite, non perforées, de 0,245 cm. d'épaisseur : $c = 2,1$.
- Mur 3, en briques de terre cuite, creuses, avec un matelas d'air et chaînages en briques non perforées : $c = 1,2$.
- Mur 4, en briques de terre cuite, creuses, avec un matelas d'air et chaînages en briques perforées : $c = 1,5$.
- Mur 5, en maçonnerie, en pierres de Meillerie, de 50 cm. d'épaisseur : $c = 2,1$.

Critique des résultats.

Les coefficients de transmission de chaleur qui viennent d'être donnés sont très instructifs. Ils correspondent assez bien aux différentes valeurs que l'on trouve dans les ouvrages qui traitent de la question et ils confirment assez exactement les coefficients déterminés par le calcul pour ces murs. Néanmoins, ces chiffres surprennent un peu à première vue ; on a l'impression que certains sont un peu élevés, d'autres par contre un peu faibles. Ces divergences, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre semblent être une garantie que la méthode employée ne présente pas d'imperfection systématique et nous pensons qu'il faut chercher autre part, probablement dans les murs eux-mêmes et dans la matière dont ils sont composés, la cause des résultats obtenus.

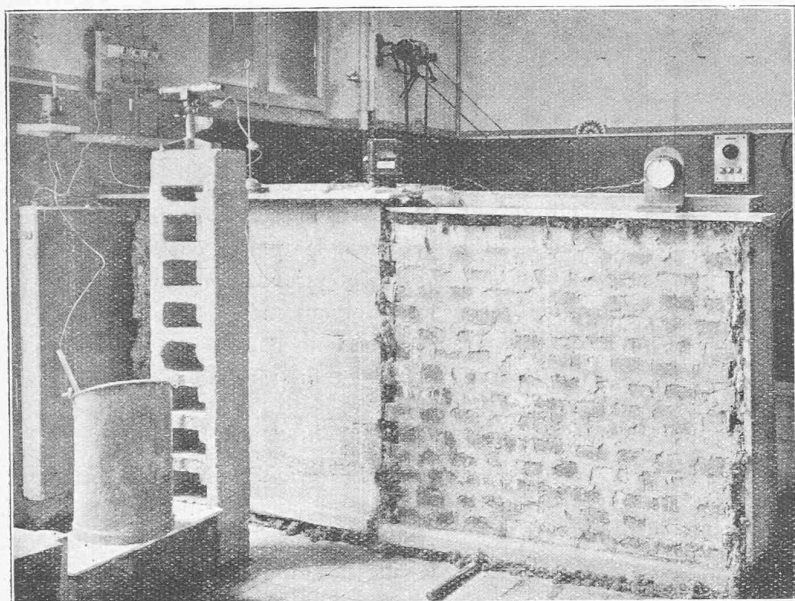


Fig. 7. — Vue des installations.

Nombreuses sont les questions soulevées par ces observations, nombreux les points qui demandent à être repris et à être éclaircis ; nombreuses sont notamment les observations et les mesures qu'il faudrait encore faire pour pouvoir expliquer analytiquement le phénomène de la transmission de la chaleur dans des murs composés. Si nous ne sommes pas entrés dans ces détails, c'est que nous considérons que cette première série d'essais avait un carac-

les essais avec encore plus de minutie pour pouvoir en tirer des conclusions théoriques intéressantes.

En poursuivant ces travaux, notre intention était de nous placer dans les conditions réelles, au point de vue pratique et de rechercher le coefficient de transmission de chaleur avec lequel il faudrait compter pour déterminer les dimensions à donner aux appareils de chauffage des habitations. Mais on peut se demander si c'est bien juste de donner comme coefficient de transmission de chaleur celui qui a été relevé sur un mur absolument sec. Les murs des édifices sont-ils réellement secs ? Sinon, comment pourrait-on en définir le degré d'humidité ? Suivant leur exposition et suivant la manière dont ils sont protégés, ils s'imprègnent plus ou moins d'eau, et alors ils transmettent plus ou moins bien la chaleur.

Les chiffres qui viennent d'être donnés caractérisent-ils d'autre part exactement la valeur thermique d'un mur et peut-on vraiment dire que toutes choses égales d'ailleurs le mur présentant le plus faible coefficient de transmission de chaleur sera le plus favorable au point de vue thermique ? Là nous devons répondre non, car la question d'humidité des murs joue un rôle considérable : Un mur en matière poreuse, offrant une bonne isolation thermique à sec, s'il n'est pas bien protégé contre l'humidité

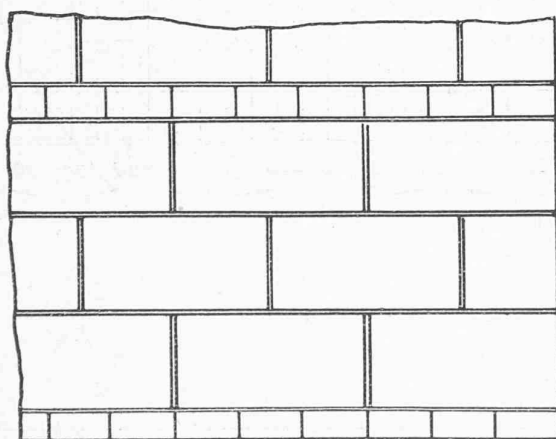
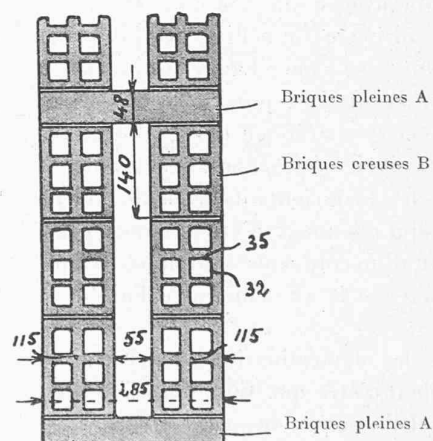


Fig. 8. — Mur 3.



tère préliminaire, et que son but était, en premier lieu, de mettre au point une méthode d'essai et de déterminer les coefficients de transmission de chaleur d'une série de murs donnés. C'est pour ces raisons que nous nous abstenons de joindre à cette note les tableaux de chiffres de toutes les observations faites, ce qui du reste l'alourdirait considérablement.

De ces séries d'essais, nous tirons la conclusion que la méthode d'essais est satisfaisante, qu'elle conduit aux résultats voulus et que par conséquent, on peut reprendre

s'imprégnera d'eau et conduira la chaleur mieux qu'un mur moins poreux et qui par conséquent, à sec, présenterait une moins bonne protection thermique que le précédent. La question des revêtements et des protections contre l'humidité est donc fondamentale, et à notre avis des recherches suivies devraient être faites dans ce sens.

Nous mettons donc en garde le lecteur qui serait tenté d'attacher une trop grande importance aux chiffres qui viennent d'être donnés. En pratique, suivant la manière dont les murs seront montés et protégés contre l'humidité,

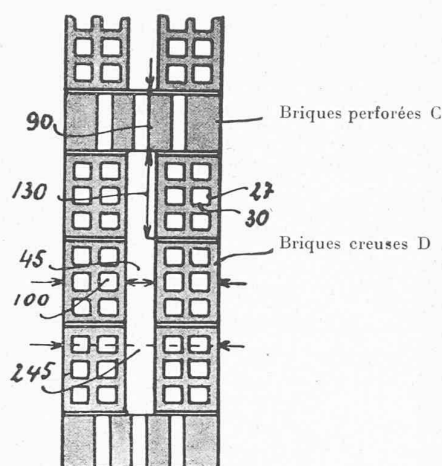


Fig. 9. — Mur 4.

lesdits coefficients pourront subir des variations sensibles.

Il y a encore le phénomène dit de convection auquel nous devons rendre le lecteur attentif. On sait en effet qu'une certaine résistance s'oppose au passage de la chaleur de la paroi à l'air ambiant. Cette résistance est caractérisée par les coefficients dits de convection, lesquels dépendent dans une large mesure de l'état de l'air dans le voisinage de la paroi : De l'air agité transporte plus facilement la chaleur que de l'air tranquille. Dans nos observations, l'air était toujours très tranquille et les mesures des températures ont toujours été faites dans le voisinage immédiat des faces des parois. Le corps de chauffe étant même, dans la mesure du possible, en contact direct avec les parois en observation, sans que cela soit rigoureusement exact, on peut dire que les coefficients de transmission de chaleur qui viennent d'être donnés comprennent, d'un côté seulement, la résistance au passage de la chaleur entre l'air et la paroi.

Outre les déterminations sur les murs dont il vient d'être question, nous avons eu également l'occasion de procéder à des recherches semblables sur d'autres murs encore combinés de manières diverses. Nous avons notamment procédé à des mesures sur des murs en briques Léan, en béton, à trois et même quatre matelas d'air.

Pour le mur en briques Léan, à trois matelas d'air, d'une épaisseur de 24 cm., nous avons trouvé : $c = 1,5$ et pour le mur de 20 cm. d'épaisseur, on a trouvé le même coefficient.

Ces valeurs cadrent très bien avec ce que nous avons déterminé analytiquement.

Remarquons que les observations ont

été faites pour des températures de 15° environ pour la face froide de la paroi et de 20 à 30° environ pour la face chaude. Ces conditions sont défavorables pour les murs creux, avec matelas d'air, lesquels offrent une protection thermique encore meilleure pour les températures plus basses auxquelles on a affaire en réalité.

Et notons en outre que les crépissages divers avec lesquels on égalise finalement les parois contribuent également à augmenter la protection thermique, ce qui fait que les chiffres précités doivent encore être diminués dans une certaine mesure pour tenir compte des enduits extérieurs et intérieur dont les murs seront pourvus.

Résistance mécanique des murs.

De nombreux essais à l'écrasement ont accompagné les observations thermiques. Des pans de murs de 1 m. $\times$ 1 m. de surface, montés avec les mêmes matériaux que ceux qui ont servi aux essais thermiques ont été utilisés pour déterminer leur résistance à l'écrasement. Ces essais, met-

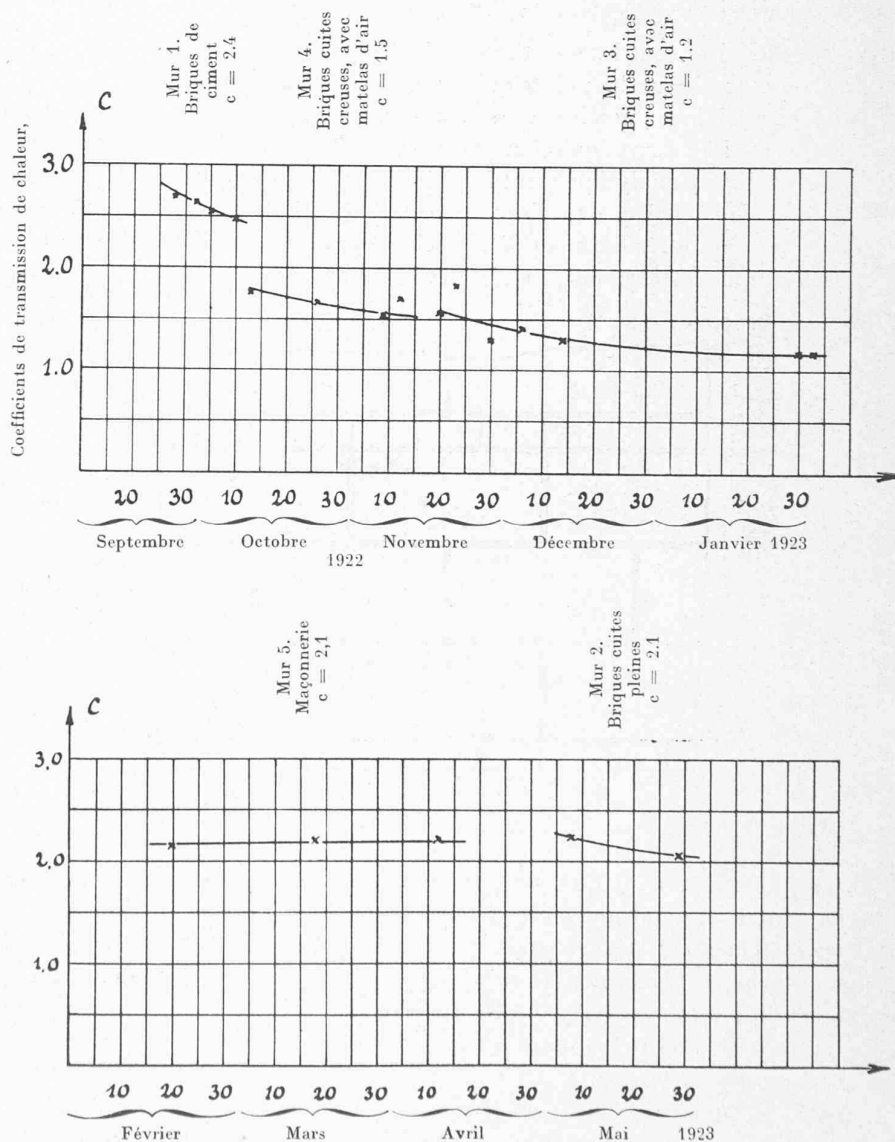


Fig. 10. — Résultats des observations.

tant en évidence la valeur des matériaux de construction au point de vue de leur solidité sont très instructifs et ils ont montré bien des points faibles de murs légers. La figure 11 représente notamment un mur en briques creuses qui s'est complètement disloqué bien avant que la résistance à l'écrasement des briques proprement dites ait été atteinte, ce qui montre l'erreur que l'on risquerait de commettre en assimilant de tels murs à des monolithes. Etant donné que les murs présentant la meilleure protection thermique sont ceux qui sont faits avec les matières les plus légères et les plus poreuses, on conçoit que l'entrepreneur puisse être tenté de faire des murs par trop légers.

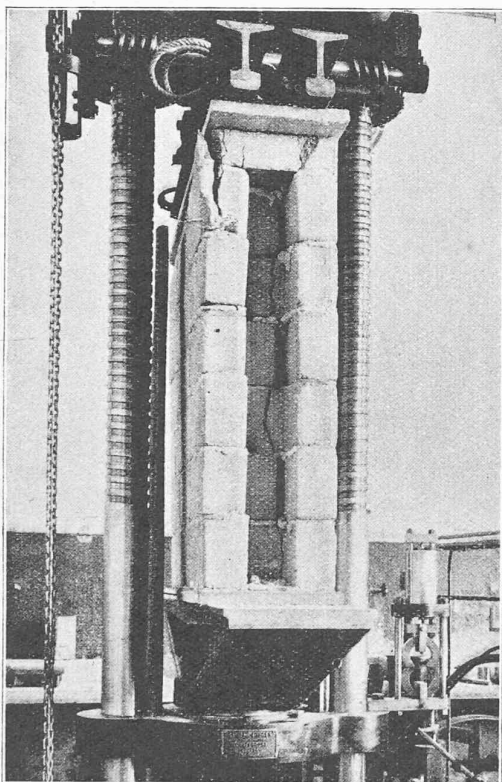


Fig. 11. — Essai de compression d'un mur.

L'essai à l'écrasement rappelle à l'entrepreneur la question de solidité et lui montre qu'il y a là un facteur important qui ne doit pas être négligé.

Conclusions.

Pour conclure, nous dirons que les séries d'observations dont il vient d'être fait mention, quoiqu'en étant très satisfaisantes dans leur ensemble, sont loin, en réalité, d'épuiser la question.

Nombreuses sont les lacunes que nous sommes les premiers à remarquer dans cette étude. Nous aurions préféré en retarder la publication jusqu'à ce que nous ayons pu revérifier et reconstruire plusieurs fois les résultats des observations, en modifiant de plusieurs manières nos dispositions, tellement nous sommes soucieux de ne donner que des résultats ne pouvant causer du tort ni aux entrepreneurs, ni aux architectes, ni aux entreprises de chauf-

fage, et enfin, ni aux habitants des logements. Nous nous sommes toutefois décidé à livrer cette étude à la publicité pensant rendre service aux différentes personnes s'occupant de la question.

Nous nous permettons de dire encore, pour terminer, que toutes ces recherches ainsi que l'étude de la construction de l'installation ont été faites pour la plus grande partie par les propres moyens du laboratoire, les taxes de contrôle de murs que nous avons demandées ne pouvant pas, et de bien loin même, couvrir nos frais. Nous sommes naturellement les premiers désireux de pouvoir poursuivre ces recherches, mais nous ne serons en mesure de le faire d'une manière effective que si les milieux intéressés en fournissent les moyens.

Notice bibliographique.

M^{me} BIÉLER-BUTTICAZ et M. le professeur C. DUTOIT. — Etude sur la conductibilité thermique de quelques matériaux de construction. — *Bulletin technique de la Suisse romande*, 1917, Nos 15 et 17.

JAKOB, MAX. — Ueber einige neuere praktische Verfahren zur Messung des Wärmeleitvermögens von Bau- und Isolierstoffen. *Z. v. d. I.* 1919. No. 4 & 6.

HENCKY, KARL. — Die Wärmeverluste durch ebene Wände.

VAN RINSUM, WILLEM. — Die Wärmeleitfähigkeit von feuerfesten Steinen bei hohen Temperaturen, sowie von Dampfrohrschutzmassen und Mauerwerk unter Verwendung eines neuen Verfahrens der Oberflächentemperaturmessung. *Forschungsheft* No. 228.

KREUGER, H. & ERICKSSON, A. — Untersuchungen über das Wärmeisolvierungsvermögen von Baukonstruktionen.

Concours pour l'étude d'un Musée des Beaux-Arts à ériger à la Chaux-de-Fonds.

(Suite¹.)

N° 13, « Léopold-Robert ». Projet intéressant présentant une bonne disposition des locaux dans des plans simples et clairs ; l'escalier d'accès du parc n'est pas assez dégagé et gagnerait à être situé plus à l'est.

Bonne disposition du vestibule d'entrée et de l'escalier principal, mais celui-ci n'est pas assez étudié. Le bâtiment épouse bien la pente du terrain et serait d'une exécution peu coûteuse. L'architecture des façades est sobre et intéressante, cependant, la répétition du motif d'entrée principale sur le pavillon ouest (entrée de service) paraît être une erreur étant donné qu'il est adossé à un mitoyen.

La traction des trains par automotrices Diesel-électriques.

Comme complément à la notice sur les automotrices *Diesel-Sulzer* que nous avons publiée dans notre numéro du 20 janvier dernier, nous extrayons quelques passages d'un article de la « Revue générale des chemins de fer » (N° de septembre 1923) dans lequel M. R. Jourdin rend compte du voyage qu'il fit en Suède en vue d'étudier les résultats de la traction au moyen d'automotrices Diesel-électriques système Polar-Deva.

¹ Voir *Bulletin technique* du 10 novembre 1923, page 280.