

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 102 (1976)
Heft: 5: Chauffage - climatisation - ventilation

Artikel: Isolation thermique: pour une meilleure prise en compte des "ponts thermiques"
Autor: Barde, Olivier / Goetelen, Jacques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-72917>

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>

Isolation thermique: pour une meilleure prise en compte des « ponts thermiques »

par OLIVIER BARDE et JACQUES GOETELLEN, Genève

Nécessité fait loi, pourrait-on se dire en prenant connaissance du projet de loi déposé par M. Olivier Barde et cinq autres députés au Grand Conseil genevois, visant à imposer une isolation minimale lors de la construction et la réfection d'immeubles. Ce qui pendant longtemps n'était qu'un élément trop souvent négligé du confort, ainsi que des frais occasionnés par un immeuble, est devenu une nécessité, aussi bien du point de vue économique privé et public que de celui de la conservation de l'énergie. En outre, le souci de ménager l'environnement a pris une place importante parmi les préoccupations de larges milieux.

Il est heureux que l'action de M. Barde ne se soit pas limitée à l'élaboration d'un texte de loi, car dans ce domaine l'inflation sévit de telle sorte que l'on voit venir le jour où

chacun de nos gestes sera interdit ou stipulé par une loi et qu'une initiative aussi utile que celle des six députés genevois pourrait passer inaperçue dans le flot législatif qui nous submerge.

L'article que nous présentons aujourd'hui présente sur le projet de loi mentionné l'avantage de fournir à l'architecte ou à l'ingénieur des méthodes de choix et de calcul propres à le guider immédiatement dans son travail, sans attendre l'application d'une loi. Nous souhaitons qu'il incite les professionnels du bâtiment à accorder une attention accrue à un problème que le faible coût de l'huile de chauffage a trop longtemps fait négliger.

(Rédaction)

Introduction

La nécessité d'économiser l'énergie n'est plus contestée par aucun.

Réduire notre consommation de pétrole et protéger notre environnement sont maintenant des urgences nationales.

L'un des domaines où les économies sont les plus faciles à obtenir est sans aucun doute celui de la construction. Nous devons donc réduire les déperditions de chaleur des immeubles existants et construire des immeubles neufs conçus dans cette optique.

La consommation d'énergie dans une construction se répartit entre :

- les pertes par transmission de chaleur au travers de l'enveloppe ;
- les pertes par renouvellement d'air ;
- l'eau chaude et les services.

L'isolation thermique proprement dite ne permet de réduire que les déperditions par transmission au travers de l'enveloppe.

Historique

Dans les constructions anciennes, les murs étaient massifs et les déperditions calorifiques se répartissaient sur toute la surface extérieure.

Pour les constructions plus récentes, l'évolution des coûts et des méthodes de construction a conduit à édifier des murs plus minces et à employer des matériaux nouveaux.

Des désordres ont été observés sous forme de « fantômes de poussière », traces d'humidité, ruissellement, moisissure, etc.

Dans la plupart des cas, ces difficultés sont en relation avec des discontinuités dans l'exécution des parois. (Il faut aussi mentionner l'évolution des normes de confort, grandement responsables de ces phénomènes.)

Il s'agit des « ponts thermiques critiques », où une concentration des déperditions calorifiques conduit à des abaissements locaux des températures de surface. Dès que l'air intérieur atteint un certain degré d'humidité relative, des condensations ont lieu, avec les suites que l'on connaît.

Il existe aussi des « ponts thermiques non critiques », dont les seules conséquences sont d'augmenter les déperditions calorifiques. La norme SIA 180 de 1968 concernant l'isolation thermique avait principalement pour but de fixer des règles de calcul afin de lutter contre ces désordres, et l'on peut admettre à l'heure actuelle qu'ils sont pratiquement éliminés.

Il n'en est malheureusement pas de même des « ponts thermiques non critiques », dont il est important de connaître l'influence sur les déperditions. On ne peut plus en effet ni les négliger, ni les remplacer par des majorations arbitraires (fig. 1).

Isolation thermique

L'isolation thermique est caractérisée par le coefficient K de transmission thermique, exprimé en $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ($Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$). Une paroi étanche à l'air, mais sans isolation spécifique, présente, grâce aux résistances superficielles, un facteur K d'environ $6 W/m^2 \cdot ^\circ C$ ($5,2/Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$).

Les déperditions annuelles pour $1 m^2$, calculées sur un nombre de degré-jours de 3270 par exemple, sont de :

$$Q = 6 \times 3270 \times 24 = 471 \text{ Kwh (405 000 Kcal)}$$

Toute réduction du facteur K par de l'isolation thermique réduit cette déperdition annuelle.

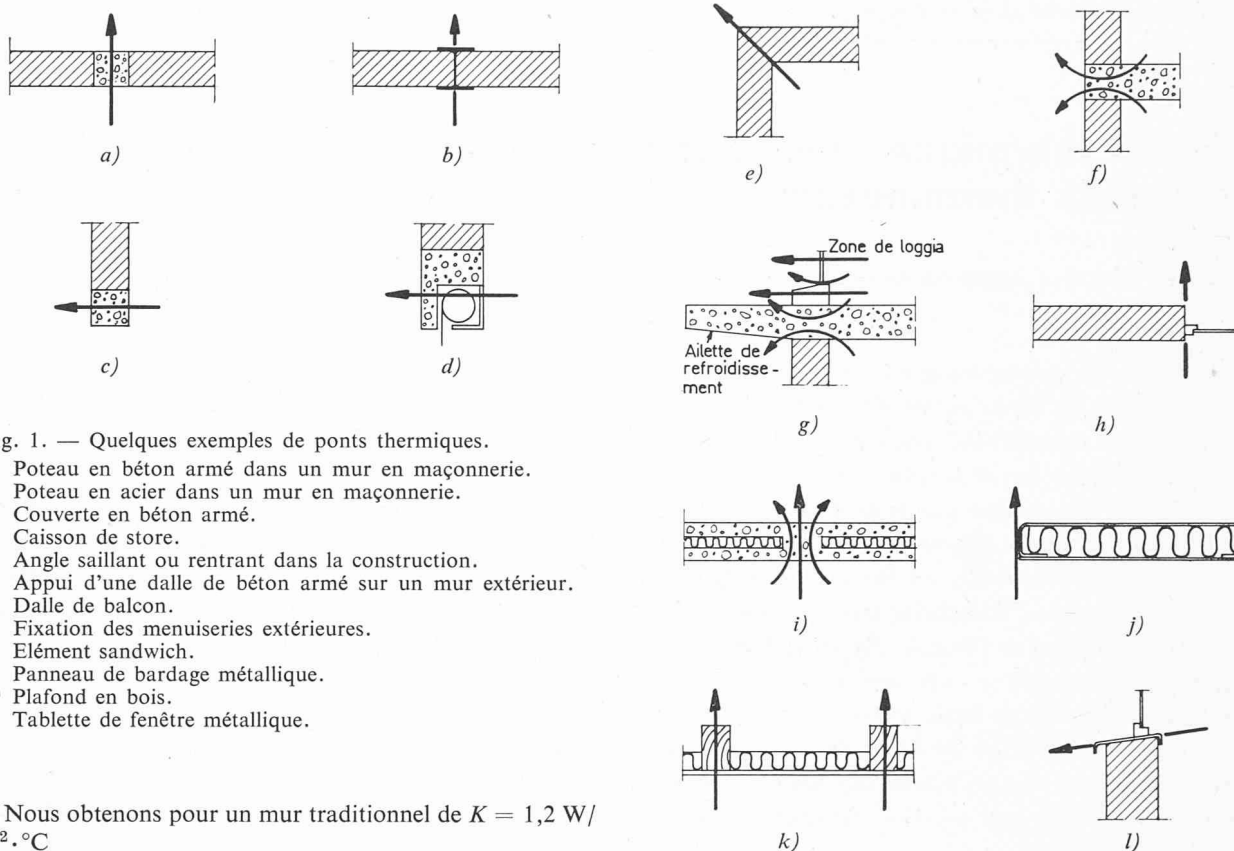


Fig. 1. — Quelques exemples de ponts thermiques.

- a) Poteau en béton armé dans un mur en maçonnerie.
- b) Poteau en acier dans un mur en maçonnerie.
- c) Couverte en béton armé.
- d) Caisson de store.
- e) Angle saillant ou rentrant dans la construction.
- f) Appui d'une dalle de béton armé sur un mur extérieur.
- g) Dalle de balcon.
- h) Fixation des menuiseries extérieures.
- i) Élément sandwich.
- j) Panneau de bardage métallique.
- k) Plafond en bois.
- l) Tablette de fenêtre métallique.

Nous obtenons pour un mur traditionnel de $K = 1,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$$Q = 1,2 \times 3270 \times 24 = 94 \text{ Kwh (81 000 Kcal)}$$

et pour un mur d'isolation « renforcée » $K = 0,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

$$Q = 0,4 \times 3270 \times 24 = 31 \text{ Kwh (27 000 Kcal) seulement.}$$

Cette résistance « nominale » d'un mur n'est malheureusement que rarement réalisée, car des pertes supplémentaires ont lieu au travers des ponts thermiques.

Si celles-ci n'avaient qu'une importance relativement faible dans les murs traditionnels (environ 20 %), elles peuvent devenir prépondérantes (plus de 50 %) avec des isolations poussées, surtout si celles-ci sont placées à l'intérieur de la construction.

Le but de cet article est d'en signaler l'importance.

Problème des condensations internes

Le problème de la lutte contre les condensations est directement lié au précédent, mais beaucoup plus complexe.

En hiver, la pression de la vapeur d'eau à l'intérieur d'une construction chauffée est :

$$p_i^{\text{effective}} = 8,77 \text{ Tor pour } +20^\circ\text{C et } 50 \% \text{ d'humidité relative ;}$$

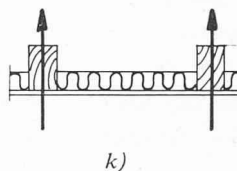
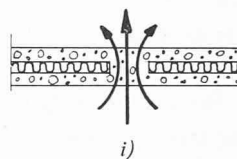
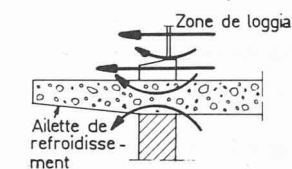
à l'extérieur elle est :

$$p_e^{\text{effective}} = 1,56 \text{ Tor pour } -10^\circ\text{C et } 80 \% \text{ d'humidité relative.}$$

Cette différence de pression conduit à un écoulement d'eau sous forme de vapeur que l'on peut chiffrer comme suit, en admettant une résistance de

$$Rd = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Tor/g (valeur très faible) ;}$$

$$gw = (p_i - p_e) / Rd = 7,21 / 1 = 7,21 \text{ g/h} \cdot \text{m}^2.$$



Pour une période hivernale de 60 jours, soit 1440 heures, on obtient :

$$Gw = 7,21 \cdot 1440 = 10382 \text{ g, soit plus de 10 litres d'eau !}$$

En réalité et suivant la construction adoptée, les choses se passent différemment, car les matériaux du mur ont une résistance à la pénétration de vapeur plus forte, et que des condensations — pouvant être importantes — ont lieu dans l'épaisseur du mur, surtout si l'isolant est placé à l'intérieur, et que la barrière de vapeur est insuffisante. Il est évident que des points froids (créés par les ponts thermiques) ont une grande influence sur ces condensations locales.

Il apparaît donc que la position de l'isolant joue un grand rôle tant pour les déperditions thermiques que pour les condensations internes.

Normes françaises

L'importance de ce fait a été remarquée dans divers pays, et notamment en France, où un travail systématique de recherche a été fait.

La réglementation en vigueur (règles TH) rend obligatoire le calcul complet des pertes par les points singuliers.

Nous allons brièvement commenter ces règles de calcul, sans pouvoir évidemment en remplacer la lecture.

Deux grandes innovations doivent être signalées :

- 1) considération de la position de l'isolant ;
- 2) introduction de la notion de « déperditions linéiques ».

Position de l'isolant

La position de l'isolant par rapport au mur est d'une importance capitale pour le calcul des déperditions. (Sans

mentionner l'effet sur le volant thermique ni les répercussions sur les structures (choc thermique) et les condensations.)

On peut considérer quatre cas (fig. 2) et nous verrons plus loin (fig. 4) dans quelle mesure cette position de l'isolant influence les déperditions par les « ponts thermiques ».

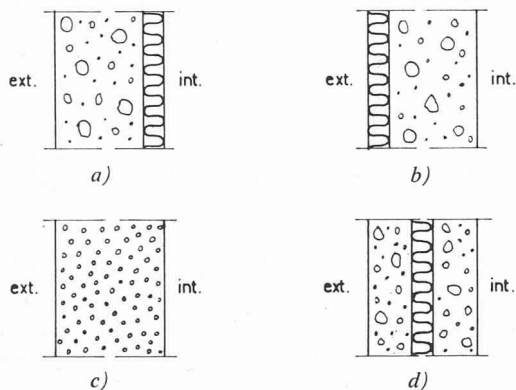


Fig. 2. — Position de l'isolant par rapport à la cloison.
 a) Isolation intérieure.
 b) Isolation extérieure.
 c) Isolation répartie (béton cellulaire).
 d) Isolation centrale (double mur ou panneau sandwich).

Déperditions linéiques

Cette innovation consiste à calculer les pertes par les ponts thermiques en les intégrant le long de leurs axes.

Le calcul des pertes par les ponts thermiques permet de calculer un coefficient global pour les surfaces opaques.

$$K_g = \frac{\Sigma K \cdot F + \Sigma k \cdot l}{F}$$

K_g = coefficient « global » de transmission thermique ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ou ($Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$);

K = coefficient « nominal » de transmission thermique ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) ou ($Kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C$);

F = surface opaque (m^2);

k = coefficient linéique de déperditions par les ponts thermiques ($W/m \cdot ^\circ C$) ou ($Kcal/h \cdot m \cdot ^\circ C$);

l = linéaire de pont thermique (ml).

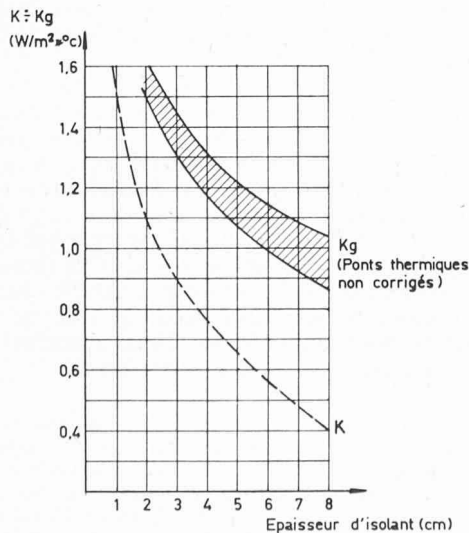


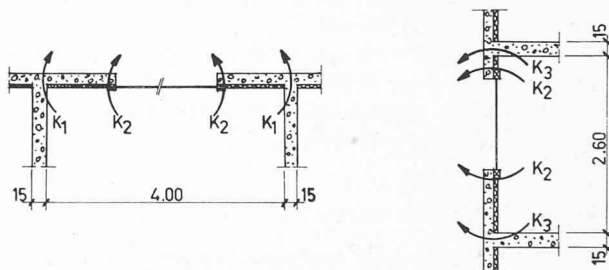
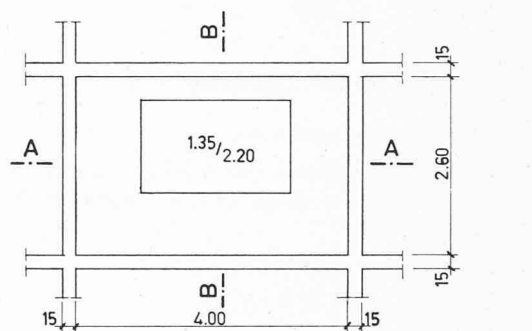
Fig. 3. — Règle des ponts thermiques (CATED).

Règle du pont thermique

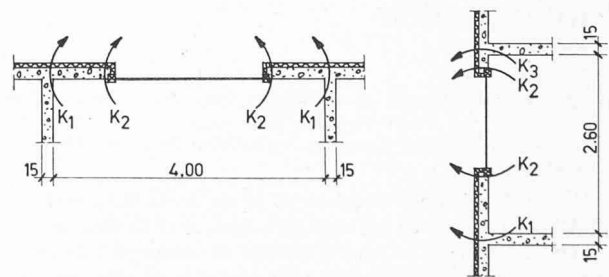
Un ingénieur français du CATED, M. Hrabovsky, a récemment établi (voir bibliographie) un abaque indiquant dans quelles mesures une isolation intérieure augmentait la proportion des pertes par les ponts thermiques. Ces pertes elles-mêmes ne varient que peu, mais leur importance devient de plus en plus grande, au fur et à mesure que les pertes par le mur lui-même deviennent plus faibles (fig. 3).

Exemple chiffré

Dans le but de faire ressortir concrètement l'incidence de l'introduction des déperditions des points singuliers dans le coefficient global de la paroi, les deux exemples d'exécution de mur de la figure 4 ont été chiffrés.



A. Mur à isolation intérieure
 K nominal = $0,55 W/m^2 \cdot ^\circ C$ $K_g = 1,07 W/m^2 \cdot ^\circ C$



B. Mur à isolation extérieure
 K nominal = $0,55 W/m^2 \cdot ^\circ C$ $K_g = 0,70 W/m^2 \cdot ^\circ C$

Fig. 4. — Exemple de calcul selon règles TH.

Type A : Isolation intérieure

6 cm d'isolant spécifique, collé contre un mur de béton armé de 15 cm d'épaisseur, enduit intérieur et extérieur, dalle et murs de refend en béton armé de 15 cm, hauteur

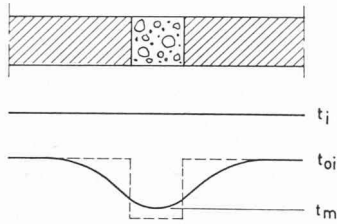


Fig. 5. — Variation des températures superficielles.

t_i = température intérieure (20°).

t_{oi} = température de paroi (section courante).

t_m = température de paroi (sur pont thermique).

d'étage 2,60 m, distance entre refends 4 m, surface vitrée 30 %, ponts thermiques non corrigés.

$$K \text{ nominal} = 0,55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$K \text{ global} = 1,07 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Kg - K}{K} = 94 \%$$

On constate que les déperditions sont presque doublées !

Type B : Isolation extérieure

6 cm d'isolant spécifique collé à l'extérieur d'un mur de béton armé de 15 cm d'épaisseur, les autres détails comme dans l'exemple A :

$$K \text{ nominal} = 0,55 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$K \text{ global} = 0,70 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\frac{Kg - K}{K} = 27 \%$$

On constate dans ce cas que les déperditions sont majorées seulement d'un quart environ.

Note : Il convient de ne pas perdre de vue que, dans le cas des immeubles neufs, l'incidence d'une évaluation plus précise des déperditions peut conduire à économiser sur l'installation de chauffage.

Hétérogénéité des parois

La présence d'un pont thermique crée une discontinuité dans l'isolation d'une paroi. Sans vouloir aborder le problème de la correction de ces zones (qui déborde le cadre

de cet article), on peut cependant introduire la notion de coefficient d'hétérogénéité. Nous avons vu ci-dessus qu'un pont thermique avait pour résultat d'abaisser la température de paroi à l'intérieur.

Il est intéressant de déterminer dans quelle mesure la température de paroi du droit du pont est différente de celle du mur, en partie courante (fig. 5).

Le « coefficient d'hétérogénéité des températures superficielles intérieures » est défini par

$$\rho = \frac{t_i - t_{oi}}{t_i - t_m}$$

La difficulté — dans bien des cas — de déterminer la température superficielle au droit du pont rend l'utilisation de ce critère relativement peu aisée.

Conclusion

Le calcul des déperditions par les ponts thermiques devient nécessaire avec les fortes isolations, surtout si celles-ci sont placées à l'intérieur.

Le coefficient global de déperdition thermique Kg d'une paroi opaque permet de prendre en compte ces pertes supplémentaires.

Les « règles TH » françaises constituent un outil de travail très efficace.

Les répercussions des ponts thermiques sur les condensations doivent être considérées.

BIBLIOGRAPHIE

DTU : Règles TH 1974, CSTB, Paris.

A. BONHOMME : *L'isolation thermique*, Ed. du Moniteur (1975), Paris.

M. CROISSET : *L'hygrothermique dans le bâtiment* (1972), Eyrolles, Paris.

J. HRABOVSKY : *Règle du pont thermique*, revue « Le Bâtiment-Bâtir » (nov. 1975), Paris.

Normes SIA 180 et 380.

Adresse des auteurs :

Olivier Barde, ingénieur EPFZ-SIA
Jacques Goetelen, technicien-constr.
Bureau d'ingénieur Olivier Barde, EPFZ-SIA
Service conseil en isolation thermique
B.P. 190, 1227 Carouge-Genève

Bibliographie

Le plâtre traditionnel et moderne, par Jean Costes, ingénieur E.N. — Un volume de 240 pages 16×25 cm, avec 238 figures. Edition Eyrolles, Paris 1974. Prix : 35 FF, port en sus.

Aucun des aspects traditionnel et moderne du plâtre n'a échappé à l'auteur de cet ouvrage, dont le titre précise bien l'intention. Il s'est attaché à établir un document de base, simple, complet, mais avant tout pratique, à jour des dernières nouveautés, qui puisse servir aussi bien de manuel pour la formation des apprentis plâtriers que d'aide-mémoire pour les compagnons confirmés.

Depuis la plus haute antiquité, le plâtre est connu pour ses qualités de souplesse d'emploi, d'isolation acoustique et thermique, de régulation hygrométrique et de protection contre le feu qui le rendent irremplaçable étant donné son prix de revient bon marché.

L'ancienneté même de l'emploi a entraîné, suivant les usages, une diversité des techniques traditionnelles d'utilisation, auxquelles sont venues s'ajouter des techniques

modernes permettant d'atteindre une plus grande rapidité et une meilleure qualité d'exécution, tout en obtenant une réduction des prix de revient.

Grâce à des études prolongées en laboratoire, les fabricants ont mis sur le marché des variétés de plâtres mieux adaptées aux divers travaux. Avec la généralisation des matériaux préfabriqués, rationalisés, et avec la mise au point de la projection mécanique des enduits, la profession a trouvé un nouvel essor.

Toutes ces nouveautés sont répertoriées par l'auteur de cet ouvrage qui étudie successivement : la fabrication du plâtre et des matériaux utilisés en plâtrerie ; l'application traditionnelle, toujours d'actualité, ne serait-ce que pour l'exécution des enduits ; les techniques modernes d'emploi des préfabriqués et la projection mécanique.

Extrait de la table des matières :

Le plâtre, caractéristiques générales. Matériaux utilisés en plâtrerie traditionnelle. Outillage du plâtrier. Les échafaudages, moyens de levage. Le gâchage. Travaux préparatoires. Les cloisons. Les enduits intérieurs et extérieurs. Les plafonds. Travaux de restauration. Applications modernes du plâtre : plâtres spéciaux à mise en œuvre manuelle, projection mécanique, préfabriqués à base de plâtre. Protection contre le feu.