

# Résistance thermique des murs et toitures en acier isolés à doubles parois

ICTAB B12-90  
Février, 1990



INSTITUT CANADIEN DE  
LA TÔLE D'ACIER  
POUR LE BÂTIMENT

DESUJET  
REFERENCE HISTORIQUE

## PRÉFACE

L'un des objectifs des membres de l'ICTAB est de mettre au point et de maintenir des normes de sécurité et d'exécution dans les règles de l'art.

Le présent bulletin a pour but d'aider les concepteurs et installateurs de murs et de toitures isolés en acier à doubles parois en leur fournissant les renseignements nécessaires sur la façon de calculer la résistance thermique d'assemblages-types.

Le présent bulletin a aussi pour but de fournir des informations générales au lecteur. Bien que ces informations soient techniquement correctes et conformes aux pratiques reconnues au moment de la publication, il n'en est pas moins nécessaire de vérifier leur applicabilité pour chaque cas particulier. L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment et ses membres n'assument aucune responsabilité quant à la pertinence des informations pour chaque application, qu'elle soit générale ou particulière.

## RÉFÉRENCES

1. "Fiberglas\* Wall Design Guide", Toronto: Fiberglas Canada Inc., 1986.
2. "ASHRAE Handbook of Fundamentals", SI Edition, Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1985.
3. Division of Building Research, "Canadian Building Digests", Ottawa: Conseil national de recherche du Canada.
4. Division of Building Research, "Building Research Notes", Ottawa: Conseil national de recherche du Canada.
5. Division of Building Research, "Building Practice Notes", Ottawa: Conseil national de recherche du Canada.
6. "Walls, Windows and Roofs for the Canadian Climate", Ottawa: Division of Building Research, Conseil national de recherche du Canada, 1973.

## TABLE DES MATIÈRES

	<b>Page</b>
<b>1. INTRODUCTION</b>	1
<b>2. PERTES DE CHALEUR PAR LES ASSEMBLAGES DE MURS ET DE TOITURES</b>	1
<b>3. DESCRIPTION DES SYSTÈMES DE MURS ET DE TOITS AUXQUELS S'APPLIQUENT LES MÉTHODES DE CALCUL DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE</b>	2
3.1 Généralités	2
3.2 Panneau intérieur	2
3.3 Barrière anti-convection	2
3.4 Revêtement extérieur	2
3.5 Isolant	2
3.6 Sous-lisses et sous-pannes	2
3.7 Attaches	2
3.8 Ecart de température	2
3.9 Température de surface	2
<b>4. MÉTHODES DE CALCUL</b>	3
4.1 Murs	3
4.2 Toitures	3
<b>FIGURE 1</b>	4

DESUET  
REFERENCE HISTORIQUE

# RÉSISTANCE THERMIQUE DES MURS ET TOITURES EN ACIER ISOLÉS À DOUBLES PAROIS

## 1. INTRODUCTION

L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment a récemment subventionné un programme de recherche sur les façons d'améliorer la résistance thermique des assemblages de murs et de toits isolés en acier. Les tests ont été dirigés par l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherche du Canada. Le programme était divisé en deux volets:

- 1) déterminer la résistance thermique réelle d'une variété d'assemblages de murs et de toits en tôle d'acier; et
- 2) de formuler des méthodes analytiques de prédiction de la résistance thermique de divers types d'assemblages de murs et de toits en tôle d'acier.

Dans le présent bulletin on trouvera les méthodes analytiques utilisées dans le calcul de la résistance thermique des assemblages de murs et de toits en acier isolés à l'aide de fibre de verre. L'application des méthodes de calcul se limite aux assemblages similaires à ceux qui ont été testés. Cependant, certains détails de construction peuvent varier sans compromettre la validité des méthodes de calcul.

## 2. PERTES DE CHALEUR PAR LES ASSEMBLAGES DE MURS ET DE TOITURES

Le transfert de chaleur s'effectue par une combinaison de conduction, de rayonnement et de convection. En ce qui concerne les matériaux solides d'un assemblage, les processus de conduction et de rayonnement sont bien connus. Cependant, on n'a pu établir jusqu'à maintenant la quantité de perte de chaleur causée par la convection.

La convection est le mouvement de l'air selon un courant circulaire se produisant lorsque deux surfaces adjacentes ont des températures différentes. L'air se trouvant au contact de la surface chaude s'élève tandis que l'air se trouvant au contact de la surface froide descend. Ces mouvements de l'air chaud et froid créent un courant de convection à l'intérieur de la cavité entre les deux surfaces. Les tests effectués par l'ICTAB ont démontré que ces pertes de chaleur par convection sont plus importantes à mesure qu'augmente l'épaisseur et la pente de l'assemblage isolé; en effet, l'écart de température entre un côté de l'isolant et l'autre augmente en fonction de l'épaisseur de l'assemblage.

Pour qu'aient lieu ces courants d'air par convection, il doit y avoir des espaces vides à la fois sur le côté chaud et sur le côté froid de l'isolant. Ces espaces sont créés lorsque l'isolant ne remplit pas la cavité au complet entre le revêtement profilé extérieur et les panneaux intérieurs.

Etant donné que la présence d'isolant cause des écarts de température dans l'assemblage, des courants d'air par convection seront créés dans les espaces d'air adjacents à l'isolant. Ces courants ne se produisent pas à l'intérieur de l'isolant lui-même à cause de sa densité offrant une résistance au mouvements de l'air. Toutefois, l'air circulera à travers l'isolant aux extrémités supérieures et inférieures de l'assemblage complétant ainsi le cycle de convection.

On peut empêcher la formation de courants d'air par convection dans les assemblages à haut niveau d'isolation par l'addition d'une barrière anti-convection. Cette barrière est posée directement sur l'un des côtés de l'isolant et sépare efficacement les deux espaces d'air stoppant ainsi les courants causés par la convection. Les recherches ont démontré qu'une barrière anti-convection est plus efficace lorsque placée sur le côté froid de l'isolant.

Une barrière anti-convection diffère d'un pare-air ou d'un pare-vapeur par ses exigences de base. Une barrière anti-convection doit résister au mouvements de l'air causés par la convection mais ne doit pas empêcher le passage de l'humidité comme un pare-vapeur (surtout si elle est placée sur le côté froid de l'isolant). Il n'est pas nécessaire qu'une barrière anti-convection possède la même résistance qu'un pare-air. Cependant, il arrive souvent que la fonction de pare-air et de barrière anti-convection soit remplie par le même matériau. Dans le cadre des recherches on a utilisé du papier Kraft en un produit nommé Tyvek, (marque de commerce de E.I. Dupont de Nemours & Co. Inc.) qui est un matériau fait d'oléfine filée.

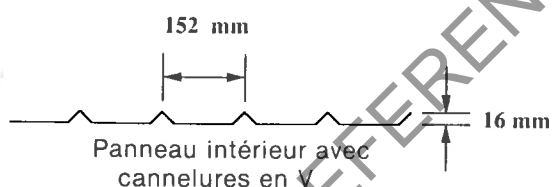
Une fois les pertes de chaleur par convection éliminées, le calcul de la résistance thermique d'un assemblage de mur ou de toit est réduit au calcul du courant conductif de chaleur à travers les divers éléments. La méthode pour effectuer ces calculs est relativement simple.

### 3. DESCRIPTION DES SYSTÈMES DE MURS ET DE TOITS AUXQUELS S'APPLIQUENT LES MÉTHODES DE CALCUL DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE

3.1 **Généralités:** Les type d'assemblages de murs et de toits qui ont été testés et dont on s'est servi pour établir les méthodes de calcul de la résistance thermique sont illustrés à la Figure 1. Bien que les méthodes de calcul s'appliquent exclusivement à ces types spécifiques d'assemblages, certains changements peuvent être effectués (tels que décrits ci-dessous) sans compromettre de façon significative l'application des méthodes de calcul.

3.2 **Panneau intérieur:** On a utilisé un type de panneau intérieur en acier lors des tests pour les murs et les toits (Voir l'illustration ci-dessous). En calfeutrant les joints chevauchants de côté, le panneau intérieur peut alors faire office de pare-vapeur.

Etant donné que la formation d'un courant d'air chaud est accrue par la présence d'espaces d'air adjacents à l'isolant (par ex. le long des cannelures d'une tôle ondulée), l'utilisation d'un panneau intérieur plat s'avère plus efficace pour réduire les courants d'air par convection. La méthode de calcul proposée est applicable dans le cas d'assemblages dont les panneaux intérieurs ont des cannelures égales ou plus petites que celles qui sont montrées dans l'exemple.



3.3 **Barrière anti-convection:** On suppose dans les calculs que la barrière anti-convection est posée sur le côté froid de l'isolant. Cependant, la présence d'une barrière anti-convection n'est pas nécessaire pour les toits ayant une pente de 10 degrés ou moins. Pour un maximum d'efficacité, tous les joints et bords de la barrière anti-convection doivent être scellés. Lors des tests, deux types de barrière ont été utilisés: le papier Kraft et Tyvek.

3.4 **Revêtement extérieur:** Lorsqu'on introduit une barrière anti-convection à l'assemblage, l'air contenu dans l'espace compris entre l'isolant et les cannelures du revêtement extérieur ne peut plus circuler à l'intérieur de l'assemblage. En conséquence, le type de profilé du pan-

neau extérieur n'affecte pas la résistance thermique de l'assemblage.

3.5 **Isolant:** De l'isolant de fibre de verre en deux densité différentes a été utilisé lors des tests, soit:  $17.6 \text{ kg/m}^3$  et  $28.8 \text{ kg/m}^3$  (épaisseur: 152 mm et 254 mm). Lors des tests pour les toits, seul l'isolant le moins dense et le moins épais a été utilisé.

Lorsqu'on incorpore la résistance thermique de l'isolant dans la méthode de calcul on doit utiliser sa valeur officielle.

3.6 **Sous-lisses et sous-pannes:** Les tests sur les murs ont été effectués à la fois avec des lisses en Z ordinaires et perforées ainsi qu'avec un système d'attaches à bris thermiques. Les tests sur les toitures ont été effectués avec des pièces d'écartement en Z à encoches ainsi qu'avec des sous-assemblages section de chapeau/attache à bris thermique.

La présente méthode théorique de calcul s'applique aux assemblages ayant des lisse ordinaires en Z. Cependant, la méthode générale peut également s'appliquer dans le cas de murs ou de toits pourvus de tout type de système de sous-lisse ou de sous-panne, à condition que la conductibilité thermique du sous-système ait été établie par des tests ou par analyse.

3.7 **Attaches:** On a utilisé des vis à tôle pour rattacher les divers éléments de l'assemblage à la structure portante. Les tests sur les murs ont été effectués en utilisant la moitié des vis requises et la variation de la résistance thermique a été mesurée sous la barre des 5% de marge d'erreur expérimentale. On en conclue donc que la quantité de vis utilisée n'a pas d'influence dans les calculs de la résistance thermique.

3.8 **Ecart de température:** Lors des tests, la température du côté chaud a été maintenue à  $21^\circ\text{C}$  et la température du côté froid à  $-7^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 28^\circ\text{C}$ ) et  $-35^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 56^\circ\text{C}$ ). Le choix d'un certain écart de température influencera le calcul de la résistance thermique d'un assemblage étant donné que les propriétés isolantes de certains matériaux varient selon la température.

3.9 **Température de surface:** On ne tient pas compte spécifiquement dans les méthodes de calcul de la température de la surface intérieure. Des recherches effectuées sur un mur de 152 mm ayant une température sur le côté froid de  $-35^\circ\text{C}$  ont démontré que la température sur la surface intérieure n'était jamais

inférieure à 10°C en tous points de la surface. Dans la plupart des environnements intérieurs ce degré de température ne devrait causer aucun problème de condensation.

#### 4. MÉTHODES DE CALCUL

4.1 **Murs:** On calcule la résistance thermique d'un assemblage de mur isolé en acier et comportant des bris thermiques de la façon suivante:

- 1) Déterminer la valeur RSI de l'isolant pour un mur d'une épaisseur donnée et pour une température moyenne de l'isolant.
- 2) Pour obtenir la valeur RSI d'un mur sans bris thermiques,  $R_{WU}$ , multiplier la valeur RSI de l'isolant par un facteur qui dépend de l'écart de température et de l'épaisseur du mur.
- 3) Diviser la valeur  $R_{WU}$ , ainsi obtenue, qui est la résistance d'un mur sans bris thermique, par la surface du mur,  $A_w$ , pour obtenir  $Z_{WU}$ .
- 4) Calculer  $Z_{(lisse)}$ , en utilisant l'équation  $Z_{(lisse)} = \ell/kA_{(lisse)}$  où  $A_{(lisse)}$  est égal à la surface de la coupe transversale de la lisse perpendiculaire au courant d'air chaud,  $\ell$ , étant la longueur de la trajectoire de la chaleur et,  $k$ , la conductibilité thermique de l'acier de la lisse.
- 5) Déterminer une valeur appropriée pour la résistance thermique de la surface de jonction,  $Z_{ext}$ .
- 6) On obtient la résistance d'un mur avec bris thermique,  $Z_{br}$ , en additionnant  $Z_{(lisse)}$  et  $Z_{ext}$ :  

$$Z_{br} = Z_{(lisse)} + Z_{ext}$$
- 7) S'il y a un nombre "n" de bris thermiques différents dans le mur, on obtient  $Z_{br}$  de la façon suivante:

$$Z_{br} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{br1}} + \frac{1}{Z_{br2}} + \dots + \frac{1}{Z_{brn}}}$$

- 8) La résistance thermique totale d'un mur avec bris thermiques,  $Z_w$ , en excluant la résistance de la pellicule d'air, est de:

$$Z_w = \frac{1}{\frac{1}{Z_{WU}} + \frac{1}{Z_{br}}}$$

- 9) La résistance thermique totale,  $R_w$ , d'un mur avec bris thermiques par unité de surface, en incluant la

résistance de la pellicule d'air à l'intérieur,  $f_i$ , et la résistance de la pellicule d'air à l'extérieur,  $f_o$ , est de:

$$R_w = (Z_w \times A_w) + f_i + f_o$$

4.2 **Toitures:** On calcule la résistance thermique d'un assemblage de toiture isolée en tôle d'acier comprenant des bris thermiques de la façon suivante:

- 1) Déterminer la résistance par unité de surface d'une toiture sans bris thermique,  $R_{RU}$ , à l'aide des facteurs qui sont dépendants de l'écart des températures, de l'isolant, de la pente du toit et de la présence ou non d'une barrière anti-convection.
- 2) Déterminer la résistance d'une toiture sans bris thermique,  $Z_{RU}$ , en divisant  $R_{RU}$ , par la surface totale du toit  $A_r$ :

$$Z_{RU} = \frac{R_{RU}}{A_r}$$

- 3) Calculer la résistance de chaque élément composant le bris thermique,  $Z_{comp}$ , et additionner la totalité des composants comme les pannes, sections de chapeau, attaches, etc.:

$$Z_{comp} = \sum Z_{i\text{comp}}$$

- 4) Calculer la résistance d'un bris thermique au complet,  $Z_{br}$ , en multipliant par un facteur de moyenne de 1.32:

$$Z_{br} = 1.32 \times Z_{comp}$$

- 5) Calculer la résistance totale d'un nombre "n" de bris thermiques identiques en divisant  $Z_{br}$  par n:

$$Z_{br\text{tot}} = \frac{Z_{br}}{n}$$

- 6) Additionner les résistance pour trouver la résistance thermique totale de la toiture  $Z_r$ :

$$Z_r = \frac{1}{\frac{1}{Z_{RU}} + \frac{0.89}{Z_{br\text{tot}}}}$$

- 7) La résistance thermique totale,  $R_r$ , d'une toiture avec bris thermiques, incluant la résistance de la pellicule d'air à l'intérieur,  $f_i$ , et la résistance de la pellicule d'air à l'extérieur,  $f_o$ , est égale à:

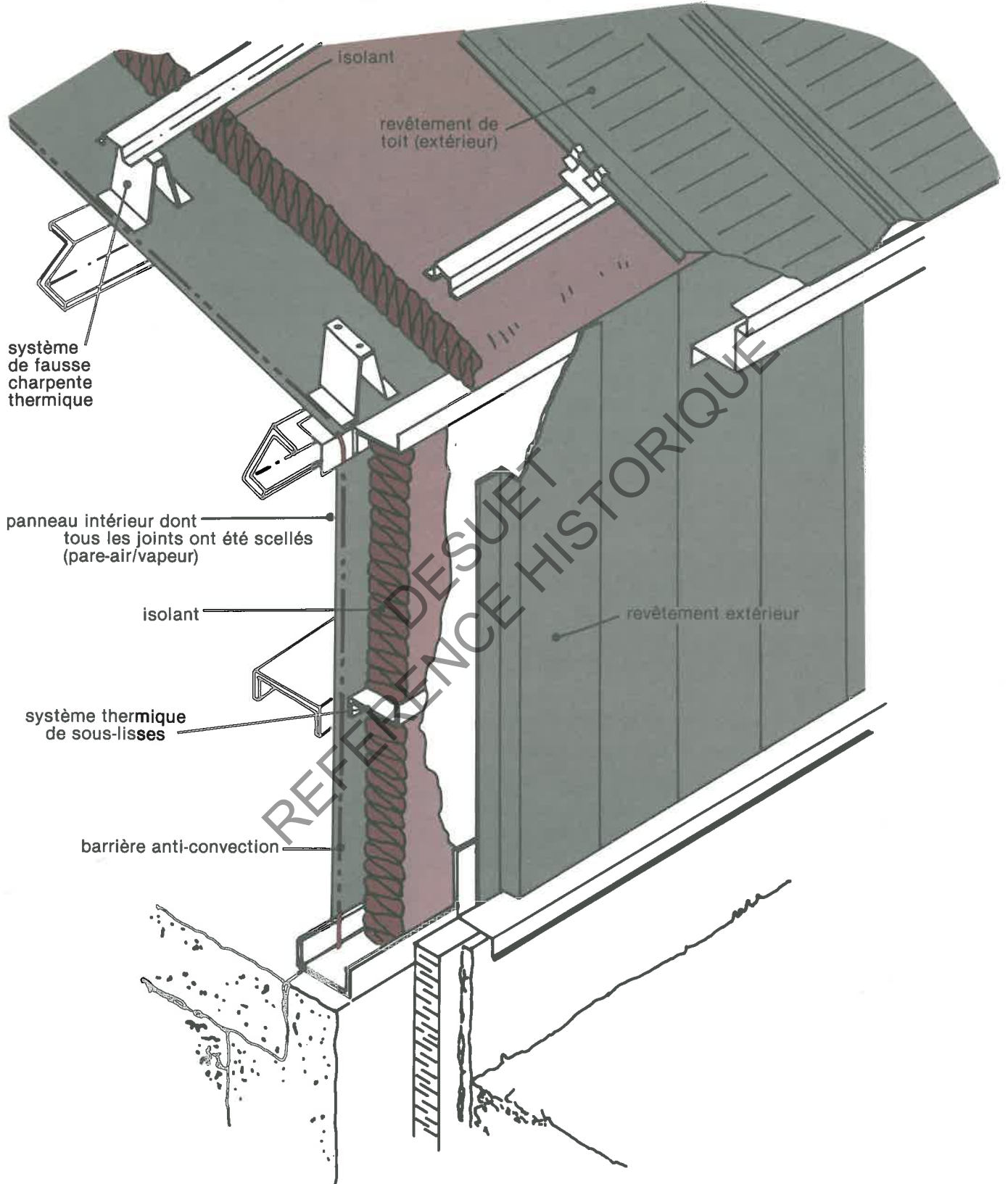
$$R_r = (Z_r \times A_r) + f_i + f_o$$

**Note:** Pour avoir plus d'informations sur les méthodes exactes de calcul, prière de s'informer auprès d'une compagnie membre de l'ICTAB.



**FIGURE 1**

**EXEMPLE SIMPLIFIÉ D'UN ASSEMBLAGE DE TOIT ET DE MUR À DOUBLES PAROIS**



\* Les détails peuvent varier selon les fabricants.



**INSTITUT CANADIEN DE  
LA TÔLE D'ACIER  
POUR LE BÂTIMENT**

L'Institut canadien de la tôle d'acier pour le bâtiment, est une association nationale de l'industrie de la tôle d'acier de structure qui vise à promouvoir l'utilisation de la tôle d'acier, dans la construction grâce à l'ingénierie et à des normes de qualité. Ses activités sont concentrées sur les produits de tôle d'acier pour le bâtiment et les systèmes de bâtiments en acier dans leurs applications commerciales, industrielles, publiques et agricoles.

L'Institut dispense de l'information concernant les normes de conception, de fabrication et de montage, et offre une assistance technique pour l'utilisation de produits d'acier formés à froid et pré-usinés. L'ICTAB représente également ses membres pour les questions techniques en rapport avec le gouvernement et sert de lien avec divers organismes comme l'Association canadienne de normalisation et le Conseil national de recherche.

Les compagnies membres de l'ICTAB ont volontairement consenti à maintenir des normes industrielles élevées dans la conception, la fabrication et l'installation des produits et systèmes de bâtiments en acier formés à froid. En spécifiant que les exigences rencontrent les normes de l'ICTAB et en ayant des rapports avec les compagnies membres de l'ICTAB, vous pouvez être assuré davantage d'une construction de qualité. Seules les compagnies membres de l'ICTAB sont autorisées à utiliser le logo de l'ICTAB sur les dessins, les fournitures de bureau, la littérature et la publicité de la compagnie.

