

14 OCT. 2005

**CALCUL DU COEFFICIENT DE  
TRANSMISSION THERMIQUE U POUR  
UN OUVRANT DE DESENFUMAGE A  
LAMES ISOLEES**

**Société : MADICOB**

  
*le futur en construction*

|                           |                   |
|---------------------------|-------------------|
| Service DER               | Date              |
| Division HTO              | Le 7 Octobre 2005 |
| DER/HTO 2005 -191 - OR/LS |                   |
| N° affaire : 05-039       |                   |
| · Client seul             | Version 2         |

Unité ayant effectué les travaux : **DER/HTO**  
Responsable des travaux : **Olivier RENON**  
Téléphone : **01.64.68.84.86**  
Date de la commande : **29 juillet 2005**  
Date de l'étude : **30 août 2005**

**CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE U POUR  
UN OUVRANT DE DESENFUMAGE A LAMES ISOLEES**

Commanditaire de l'étude :

**Société MADICOB**  
**4 avenue du Parc**  
**BP 108**  
**95103 ARGENTEUIL CEDEX**

La reproduction de ce rapport d'étude n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral, sauf accord particulier du CSTB.  
Toute publication des résultats de cette étude mentionnant le CSTB devra faire l'objet d'un accord écrit préalable par le CSTB.  
Ce rapport d'étude comporte 17 pages dont 6 pages d'annexe.

**CONTENU**

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>I.</b>   | <b>OBJECTIF DE L'ETUDE.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>II.</b>  | <b>DESCRIPTION SUCCINCTE.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>III.</b> | <b>METHODOLOGIE.....</b>   | <b>4</b>  |
| III.1       | Règles de calcul .....   | 4         |
| III.2       | Hypothèses .....   | 5         |
| III.2.1     | Géométrie .....  | 5         |
| III.2.2     | Conductivités thermiques des matériaux .....                                       | 5         |
| III.2.3     | Conditions aux limites.....  | 5         |
| III.3       | Formules .....   | 5         |
| III.3.1     | Coefficient $U_f$ de transmission thermique au travers du cadre .....              | 5         |
| III.3.2     | Coefficient $U_p$ de transmission thermique au travers des lames .....             | 6         |
| III.3.3     | Coefficient $U_w$ de transmission thermique globale au travers de l'appareil ..... | 6         |
| <b>IV.</b>  | <b>RESULTATS .....</b>   | <b>7</b>  |
| IV.1.1      | Coefficients $U_f$ de transmission thermique du cadre.....                         | 7         |
| IV.1.2      | Coefficients $U_p$ de transmission thermique des lames .....                       | 7         |
| IV.1.3      | Coefficients $U_w$ de transmission globale de l'appareil.....                      | 7         |
| IV.1.4      | Graphiques .....   | 8         |
| <b>V.</b>   | <b>CONCLUSION.....</b>   | <b>10</b> |

## I. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif de cette étude est le calcul des coefficients de transmission thermique  $U_w$  pour le procédé d'ouvrant de désenfumage à lames isolées de la société MADICOB. Les dessins techniques représentant le procédé nous ont été transmis par la société MADICOB et sont reproduits en annexe à la fin de ce rapport.

Les résultats présentés dans ce rapport sont obtenus par modélisation numérique 2D à partir des éléments techniques remis par la société MADICOB. Ce rapport ne traite que de la performance thermique des produits et ne préjuge en rien de leur aptitude à l'emploi.

## II. DESCRIPTION SUCCINCTE

Le procédé d'ouvrant à lames isolées de la société MADICOB est un appareil constitué d'un cadre aluminium de forme carré ou rectangulaire, et de lames en aluminium mobiles, pouvant s'ouvrir ou se fermer par pivotement autour d'un axe, pour assurer à l'appareil sa fonction de désenfumage. En position fermée, des joints EPDM viennent assurer l'étanchéité entre chaque lame. Dans un but d'amélioration du coefficient de transmission thermique de l'appareil, des bandes de mousse de caoutchouc cellulaire auto-adhésives sont disposées coté intérieur de chaque lame.

La présente étude a pour but de déterminer l'impact effectif de l'ajout de ces bandes de mousse cellulaire, sur le coefficient de transmission thermique globale de l'appareil. L'étude est réalisée pour différentes dimensions possibles de l'appareil, ainsi que pour différentes valeurs de conductivités thermiques pour le matériau isolant collé aux lames.

## III. METHODOLOGIE

### III.1 Règles de calcul

Le calcul est réalisé conformément aux règles Th-U et Th-S, version 2004.

La détermination du coefficient de transmission thermique globale du procédé d'ouvrant à lames isolées est réalisée par analogie suivant la méthodologie en vigueur pour les appareils de type fenêtres et portes-fenêtres. On sépare dans le calcul, la partie correspondant au cadre et la partie relative aux lames de l'ouvrant. Deux coefficients sont alors obtenus :

- un coefficient  $U_f$  exprimé en  $W/(m^2.K)$  correspondant au coefficient de transmission surfacique du cadre,
- un coefficient  $U_p$  exprimé en  $W/(m^2.K)$  correspondant au coefficient de transmission surfacique de l'ouvrant.

La performance thermique globale de l'appareil, donnée par le coefficient  $U_w$  (en  $W/(m^2.K)$ ), est ensuite déterminée par moyenne pondérée par les surfaces des coefficients  $U_f$  et  $U_p$ . La prise en compte d'un coefficient linéique  $\psi_g$  (en  $W/(m.K)$ ) dû à un effet thermique entre le cadre et le remplissage est ici inapplicable, du fait de l'obtention d'une valeur nulle de ce coefficient par simulation.

Les calculs sont réalisés suivant les formules données dans le paragraphe III.3 de ce rapport.

### III.2 Hypothèses

#### III.2.1 Géométrie

Aucune hypothèse signifiante n'a été adoptée en ce qui concerne la simplification de la géométrie des éléments.

#### III.2.2 Conductivités thermiques des matériaux

| Matériau             | Conductivité thermique $W/(m.K)$ | Référence          |
|----------------------|----------------------------------|--------------------|
| Aluminium            | 160                              | TH-U fascicule 2/5 |
| EPDM                 | 0,25                             |                    |
| Mousse de caoutchouc | 0,06                             |                    |

**Tableau 1** : Conductivités thermiques des matériaux

#### III.2.3 Conditions aux limites

| Intérieur  | Extérieur                           |
|--|-------------------------------------|
| $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K/W$ : valeur normale   | $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2.K/W$ (*) |
| $R_{si} = 0,20 \text{ m}^2.K/W$ : valeur augmentée |                                     |
| $T_i = 20 \text{ }^\circ\text{C}$                  | $T_e = 0 \text{ }^\circ\text{C}$    |

**Tableau 2** : Conditions aux limites

### III.3 Formules

#### III.3.1 Coefficient $U_f$ de transmission thermique au travers du cadre

$$U_f = \frac{\varphi_f}{b_f \cdot \Delta T} \quad W/(m^2.K)$$

avec :

- $\varphi_f$  : flux thermique traversant le modèle numérique 2D représentant la section du cadre utilisé dans l'appareil, sans remplissage, pour une profondeur de modèle de 1 m, en W/m,
- $b_f$  : hauteur projetée du cadre, pris sans recouvrement, en m,
- $\Delta T$  : différence de température entre les ambiances, intérieure et extérieure, en K.

### III.3.2 Coefficient $U_p$ de transmission thermique au travers des lames

$$U_p = \frac{\varphi_p}{b_p \cdot \Delta T} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

avec :

- $\varphi_p$  : flux thermique traversant le modèle numérique 2D représentant une portion répétitive des lames isolées,
- $b_p$  : hauteur du modèle numérique, en m,
- $\Delta T$  : différence de température entre les ambiances, intérieure et extérieure, en K.

### III.3.3 Coefficient $U_w$ de transmission thermique globale au travers de l'appareil

$$U_w = \frac{U_f A_f + U_p A_p}{A_f + A_p} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

- $U_f$  : coefficient surfacique de transmission thermique du cadre en W/(m<sup>2</sup>.K),
- $U_p$  : coefficient surfacique de transmission thermique de l'ouvrant en W/(m<sup>2</sup>.K),
- $A_f$  : surface projetée du cadre, sans recouvrement, en m<sup>2</sup>,
- $A_p$  : surface des lames en m<sup>2</sup>.

## IV. RESULTATS

### IV.1.1 Coefficients $U_f$ de transmission thermique du cadre

|   |                                    |                        |
|---|------------------------------------|------------------------|
| Cadre aluminium servant de support<br>aux lames isolées | Hauteur $b_f$<br>du cadre<br>en mm | $U_f$<br>en $W/(m^2K)$ |
|   | 27                                 | 24,7                   |

**Tableau 3** : Coefficients  $U_f$  du cadre en  $W/(m^2.K)$

### IV.1.2 Coefficients $U_p$ de transmission thermique des lames

Le tableau suivant donne le coefficient de transmission surfacique  $U_p$  des lames de l'ouvrant, en fonction de la conductivité  $\lambda$  de l'isolant placé côté intérieur de l'ouvrant (étude paramétrique pour des  $\lambda$  variant de 0,030 à 0,100  $W/(m.K)$ , couvrant une très grande part des matériaux isolants susceptibles d'être utilisés). La valeur à retenir dans le cas d'une utilisation d'une mousse cellulaire de caoutchouc est celle correspondant à une conductivité de l'isolant de 0,06 (valeur par défaut règles Th-U).

| Conductivité $\lambda$ de<br>l'isolant ( $W/m.K$ ) | $U_p$ ( $W/m^2.K$ ) |
|--|---------------------|
| 0,030  | 2,6                 |
| 0,035  | 2,7                 |
| 0,040  | 2,9                 |
| 0,045  | 3,0                 |
| 0,050  | 3,1                 |
| 0,055  | 3,3                 |
| 0,060  | 3,4                 |
| 0,065  | 3,4                 |
| 0,070  | 3,5                 |
| 0,075  | 3,6                 |
| 0,080  | 3,7                 |
| 0,085  | 3,8                 |
| 0,090  | 3,8                 |
| 0,095  | 3,9                 |
| 0,100  | 4,0                 |
| Lames non isolées                                  | 8,9                 |

**Tableau 4** : Coefficients de transmission surfacique  $U_p$  des lames, en  $W/(m^2.K)$

### IV.1.3 Coefficients $U_w$ de transmission globale de l'appareil

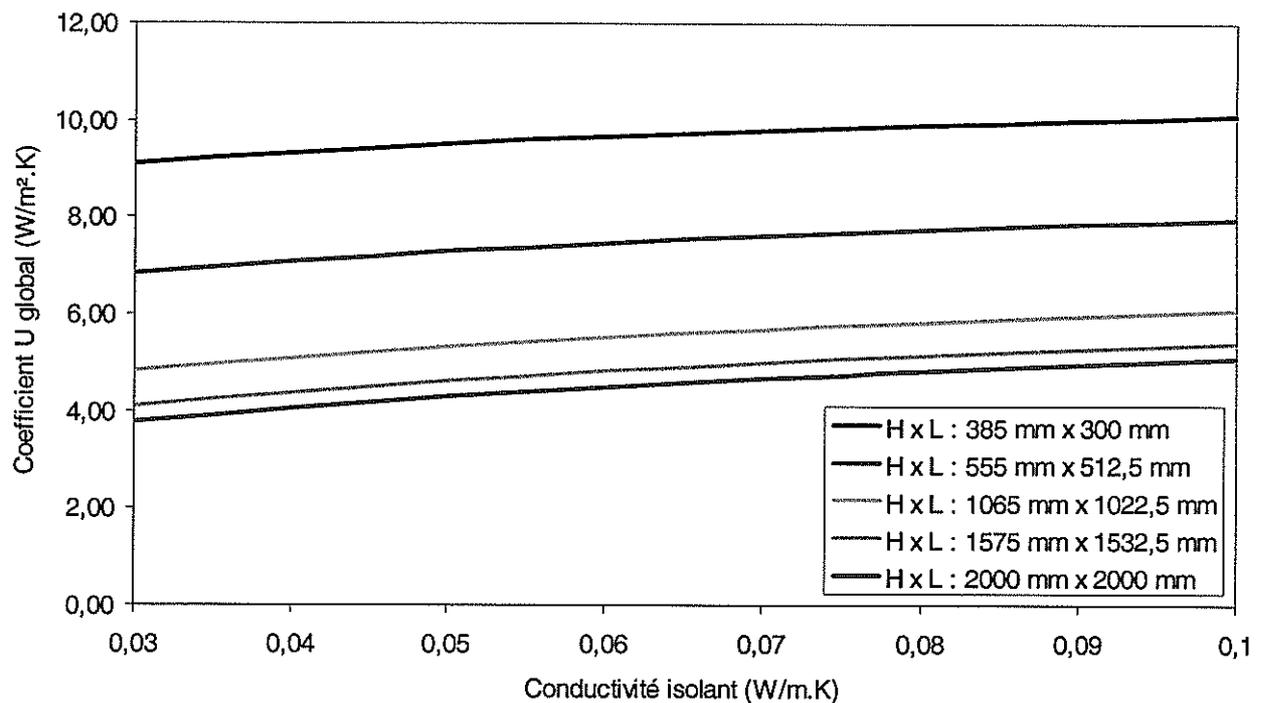
Ce coefficient  $U_w$  dépend à la fois de la conductivité  $\lambda$  du matériau isolant disposé coté intérieur des lames de l'ouvrant, mais aussi de la dimension globale des appareils. Le tableau ci-dessous présente les valeurs obtenues pour des dimensions d'appareil variant de 385 mm x 300 mm à 2000 mm x 2000 mm, couvrant l'ensemble de la gamme du demandeur, et reprenant certaines des dimensions les plus courantes.

La valeur à retenir dans le cas d'une utilisation d'une mousse cellulaire de caoutchouc est celle correspondant à une conductivité de l'isolant de 0,06 (valeur par défaut règles Th-U).

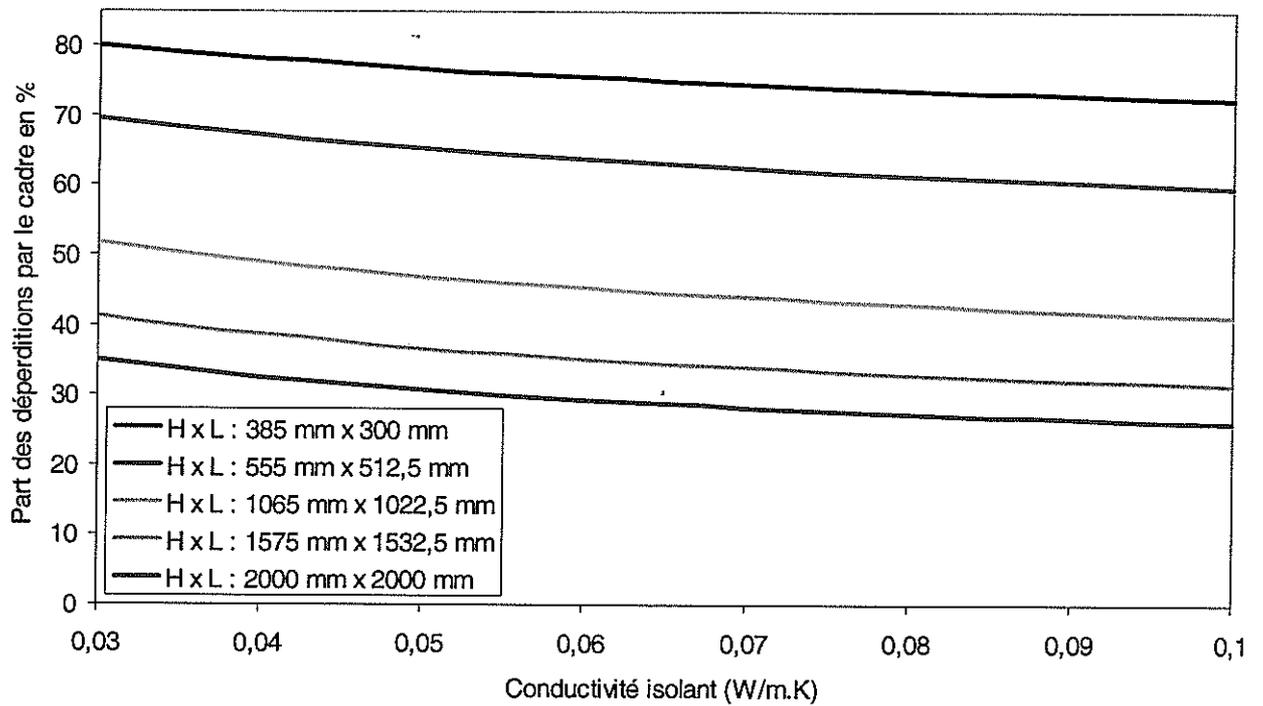
| Conductivité $\lambda$<br>de l'isolant<br>(W/m.K) | Dimensions H x L de l'appareil (en mm) |                         |                           |                           |                         |
|---|--|-------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
|   | 385 mm<br>x<br>300 mm                  | 555 mm<br>x<br>512,5 mm | 1065 mm<br>x<br>1022,5 mm | 1575 mm<br>x<br>1532,5 mm | 2000 mm<br>x<br>2000 mm |
| 0,030   | 9,1                                    | 6,8                     | 4,8                       | 4,1                       | 3,8                     |
| 0,035   | 9,2                                    | 7,0                     | 5,0                       | 4,2                       | 3,9                     |
| 0,040   | 9,3                                    | 7,1                     | 5,1                       | 4,4                       | 4,0                     |
| 0,045   | 9,4                                    | 7,2                     | 5,2                       | 4,5                       | 4,2                     |
| 0,050   | 9,5                                    | 7,3                     | 5,3                       | 4,6                       | 4,3                     |
| 0,055   | 9,6                                    | 7,4                     | 5,4                       | 4,7                       | 4,4                     |
| 0,060   | 9,6                                    | 7,5                     | 5,5                       | 4,8                       | 4,5                     |
| 0,065   | 9,7                                    | 7,5                     | 5,6                       | 4,9                       | 4,6                     |
| 0,070   | 9,8                                    | 7,6                     | 5,7                       | 5,0                       | 4,7                     |
| 0,075   | 9,8                                    | 7,7                     | 5,7                       | 5,1                       | 4,7                     |
| 0,080   | 9,9                                    | 7,7                     | 5,8                       | 5,1                       | 4,8                     |
| 0,085   | 9,9                                    | 7,8                     | 5,9                       | 5,2                       | 4,9                     |
| 0,090   | 10,0                                   | 7,8                     | 5,9                       | 5,3                       | 4,9                     |
| 0,095   | 10,0                                   | 7,9                     | 6,0                       | 5,3                       | 5,0                     |
| 0,100   | 10,1                                   | 7,9                     | 6,1                       | 5,4                       | 5,1                     |
| Lames<br>non isolées                              | 13,6                                   | 12,0                    | 10,5                      | 10,0                      | 9,8                     |

**Tableau 5** : Coefficient de transmission thermique globale  $U_w$  des appareils, en W/(m<sup>2</sup>.K)

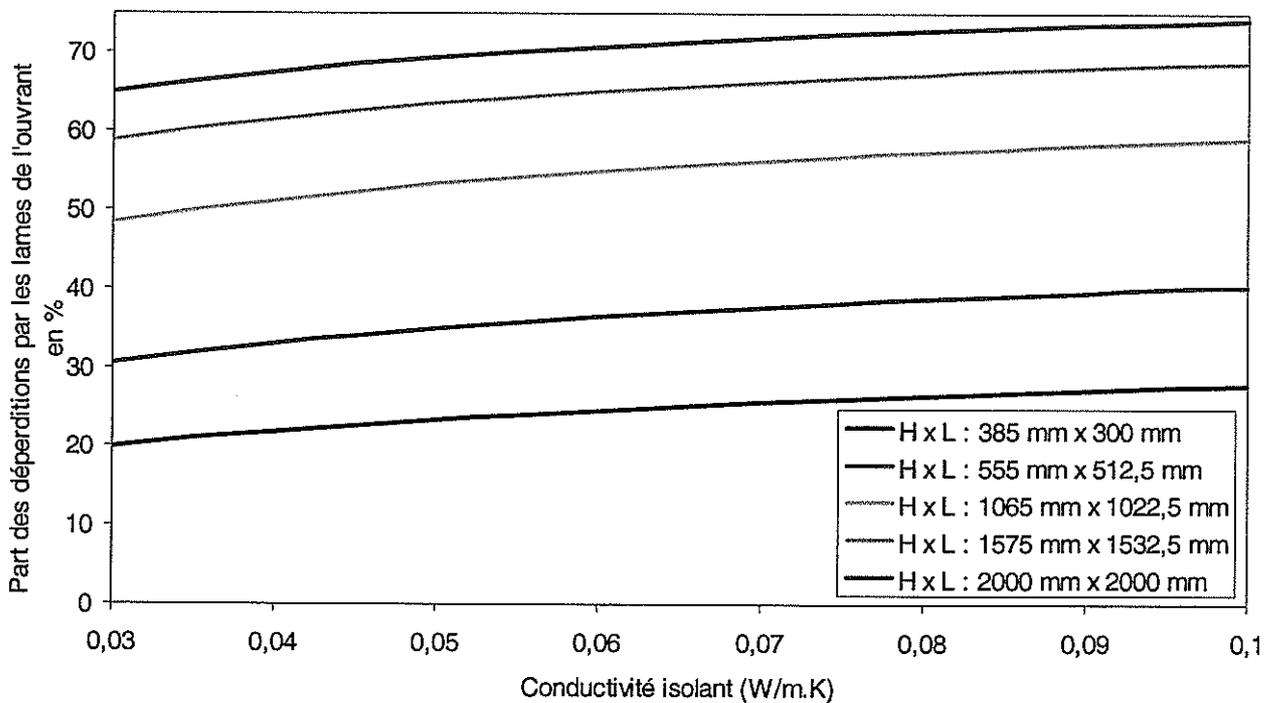
**IV.1.4 Graphiques**



**Graphique 1** : Coefficient de transmission thermique globale  $U_w$  des appareils, en  $W/(m^2.K)$



**Graphique 2** : Part des déperditions thermiques, au travers du cadre des appareils, en %



**Graphique 3** : Part des déperditions thermiques, au travers des lames de l'ouvrant, en %

## V. CONCLUSION

Le présent document regroupe les résultats de l'étude thermique du procédé d'ouvrant à lames isolées de la société MADICOB. Au regard de ces résultats, trois points sont particulièrement intéressants à analyser :

### **Impact de l'utilisation d'un matériau isolant, par rapport au cas où l'ouvrant à lames n'est pas isolé :**

Le calcul du coefficient de transmission thermique  $U_p$  au travers des lames de l'ouvrant (tableau 4) montre très clairement une nette amélioration des performances thermiques du procédé du fait de l'ajout d'un matériau isolant en face arrière des lames aluminium. Si on compare le cas d'un ouvrant à lames non isolées avec le cas d'une isolation par un matériau d'une conductivité de  $0,06 \text{ W/(m.K)}$ , qui correspond à la valeur d'une mousse de caoutchouc, on observe en effet une réduction du  $U_p$  de plus de 60 %, en partant, il est vrai, d'une valeur très peu favorable pour des lames non isolées. Le gain thermique est indéniable, même s'il est à relativiser lorsqu'on étudie cette fois ci, l'appareil complet (tableau 5 des  $U_w$ ) qui fait apparaître une amélioration variable selon la dimension de la grille, mais relativement plus réduite du fait de la prise en compte dans le  $U_w$  des déperditions au niveau du cadre, qui reste non isolé.

### **Répartition des déperditions au travers des différents constituants de l'appareil et influence des dimensions :**

Il est intéressant de noter que les déperditions thermiques au travers des appareils en position fermée se font, d'une part, au travers du cadre en aluminium, non isolé, et ne disposant pas de système de rupture thermique, et d'autre part, au travers des lames de l'ouvrant. Du fait de la présence d'un matériau isolant en face arrière des lames de l'ouvrant, les déperditions surfaciques au travers de la grille  $U_p$  sont nettement plus faibles que celles au travers du cadre, qui reste un des poids thermiquement faibles du procédé.

La déperdition globale de l'appareil est une somme pondérée par les surfaces des déperditions au travers de l'ouvrant d'une part, et du cadre d'autre part. La hauteur du cadre restant inchangée lorsque les dimensions de l'appareil varient, il est donc logique qu'un appareil de grande dimension, et donc avec une surface relative des lames plus importantes, soit plus performant d'un point de vue thermique et dispose d'un coefficient de transmission globale  $U_w$  plus faible. C'est ce que l'on remarque en comparant les différentes courbes du graphique 1, et en observant sur le graphique 2 que, toute condition étant égale par ailleurs, les déperditions thermiques relatives au travers du cadre sont d'autant plus fortes que l'appareil est de petite dimension.

### **Influence de la conductivité du matériau isolant utilisé, et ponts thermiques intégrés :**

Pour répondre à une attente du demandeur, une étude paramétrique a été réalisée, en faisant varier la valeur de la conductivité de l'isolant placé sur la face arrière des lames de l'ouvrant. En effet, si l'isolant actuellement utilisé dans le procédé est une mousse de caoutchouc (valeur de conductivité selon règles de calcul Th-U édition 2004 de  $0,06 \text{ W/(m.K)}$ ), il est intéressant de connaître l'impact d'un changement éventuel de matériau sur la performance thermique globale des appareils.

Une plage de variation allant de 0,03 W/(m.K) (valeur correspondant à des matériaux isolants de grande qualité) à 0,1 W/(m.K) (ordre de grandeur pour matériau synthétique d'usage courant dans le bâtiment) a été retenue.

On retrouve sur le graphique 1, un résultat logique, qui montre que pour une dimension d'un appareil donnée, le coefficient de transmission globale  $U_w$  diminue lorsque le pouvoir d'isolation du matériau placé derrière les lames s'améliore, et que sa conductivité tend vers des valeurs très basses.

Toutefois, même pour des valeurs de conductivités très faibles, de l'ordre de 0,03 W/(m.K), pour l'isolant placé en contact avec les lames de l'ouvrant, le coefficient de transmission globale  $U_w$  de l'appareil reste à des niveaux assez élevés, de l'ordre de 4 W/(m<sup>2</sup>.K) pour les dimensions les plus grandes et beaucoup plus pour les dimensions les plus petites. Pour avoir un ordre de grandeur, cette valeur peut par exemple être comparée à la valeur maximum admise dans le cadre de la réglementation RT2000 pour les fenêtres et portes-fenêtres de 2,9 W/(m<sup>2</sup>.K), même si un appareil du type ouvrant à lames isolées n'est actuellement pas soumis à cette valeur garde fou.

Ce niveau de valeur s'explique de plusieurs façons :

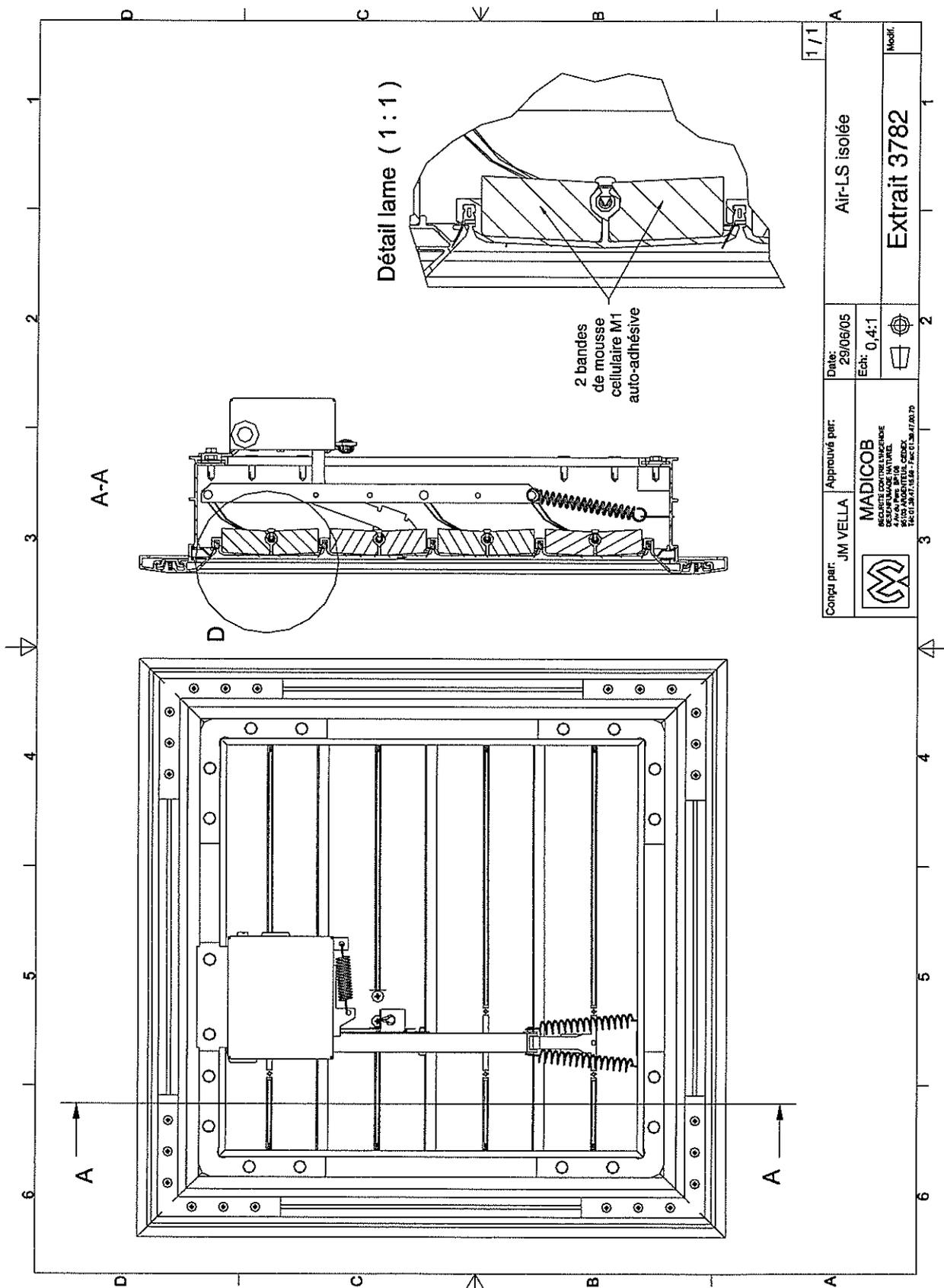
- Tout d'abord, malgré la présence d'isolant au niveau des lames de l'ouvrant, le cadre lui-même de l'appareil reste non isolé, et ne dispose pas de système de rupture thermique comme on en trouve par exemple sur les fenêtres à profilés aluminium. Une partie non négligeable des déperditions thermiques (graphique 2) pouvant même atteindre 80 % dans le cas d'un appareil de petite taille, continue à passer au travers du cadre, et n'est donc pas stoppée par la présence d'isolant.
- Au niveau des lames de l'ouvrant lui-même, l'isolant n'est pas disposé de façon continue, du fait de la nécessité de garder la possibilité d'ouvrir l'appareil. Il existe donc des points faibles, à chaque interruption de l'isolant se situant au raccord entre deux lames contiguës ou au niveau de la liaison entre une lame et son axe de rotation, appelés ponts thermiques intégrés à l'ouvrant, et qui, eux aussi, sont responsables d'une part des déperditions thermiques au travers des appareils.

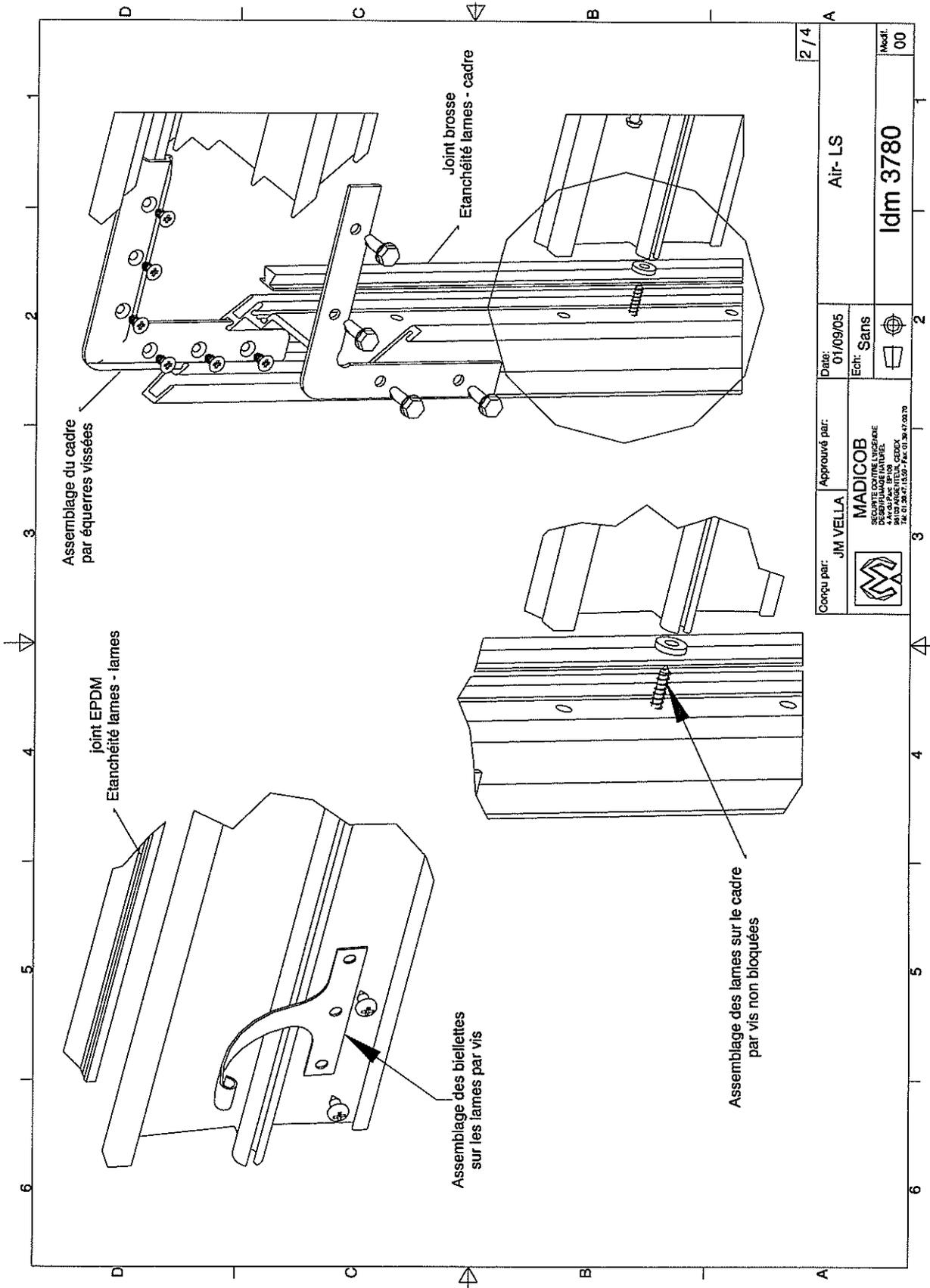
Suite à ces commentaires, deux pistes d'amélioration de la performance thermiques des ouvrants à lames isolées peuvent être empruntées par le demandeur :

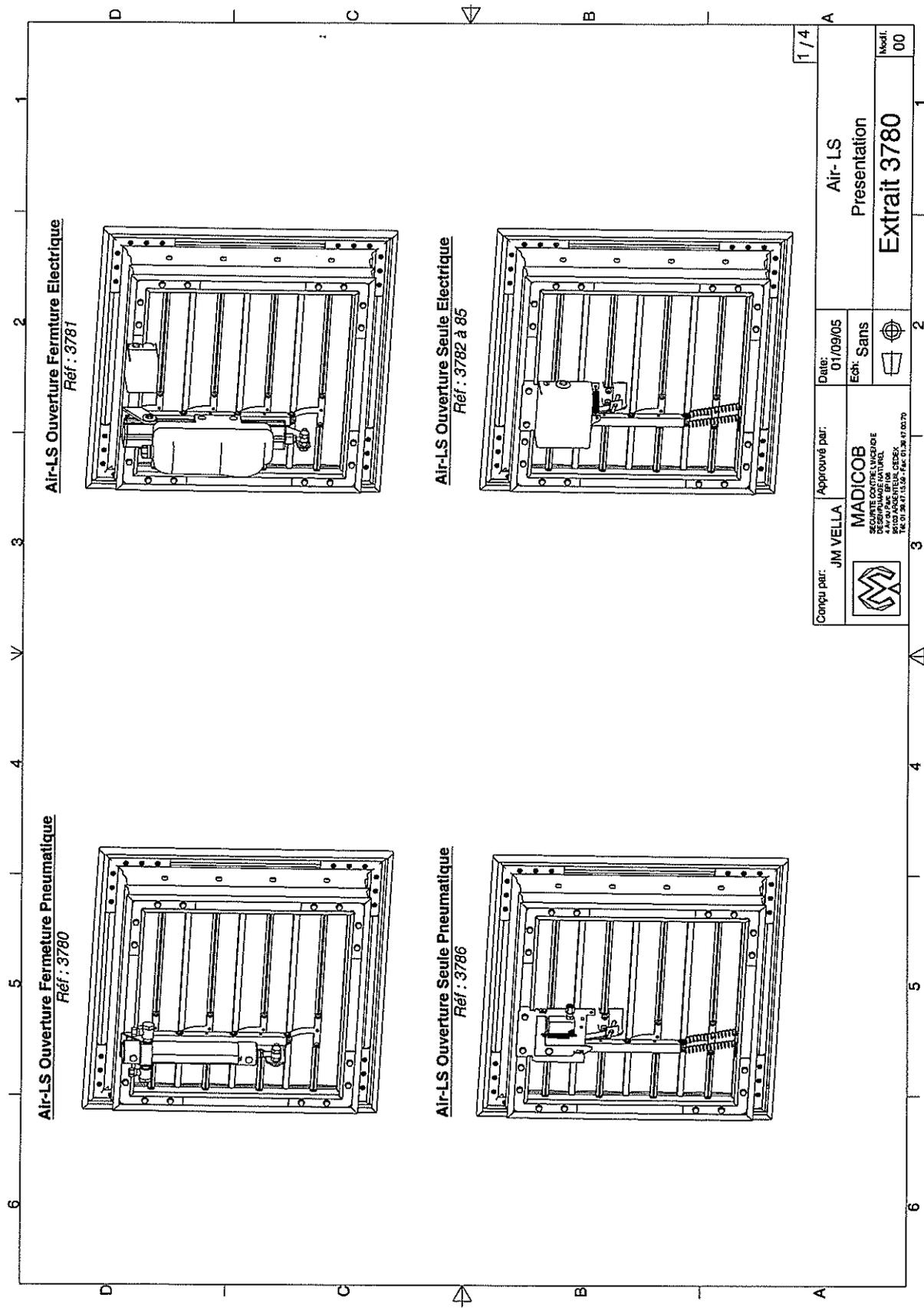
- Augmentation de l'épaisseur ou amélioration de la conductivité de l'isolant utilisé : cette voie d'amélioration trouvera toutefois vite ses limites, si une part importante des flux de chaleurs continue à passer par le cadre et les ponts thermiques intégrés de l'ouvrant,
- Changement de conception du cadre et des lames, pour éviter les déperditions au travers du cadre, et les ponts thermiques intégrés de l'ouvrant.

## ANNEXES

**Dessins du procédé fournis par le demandeur**







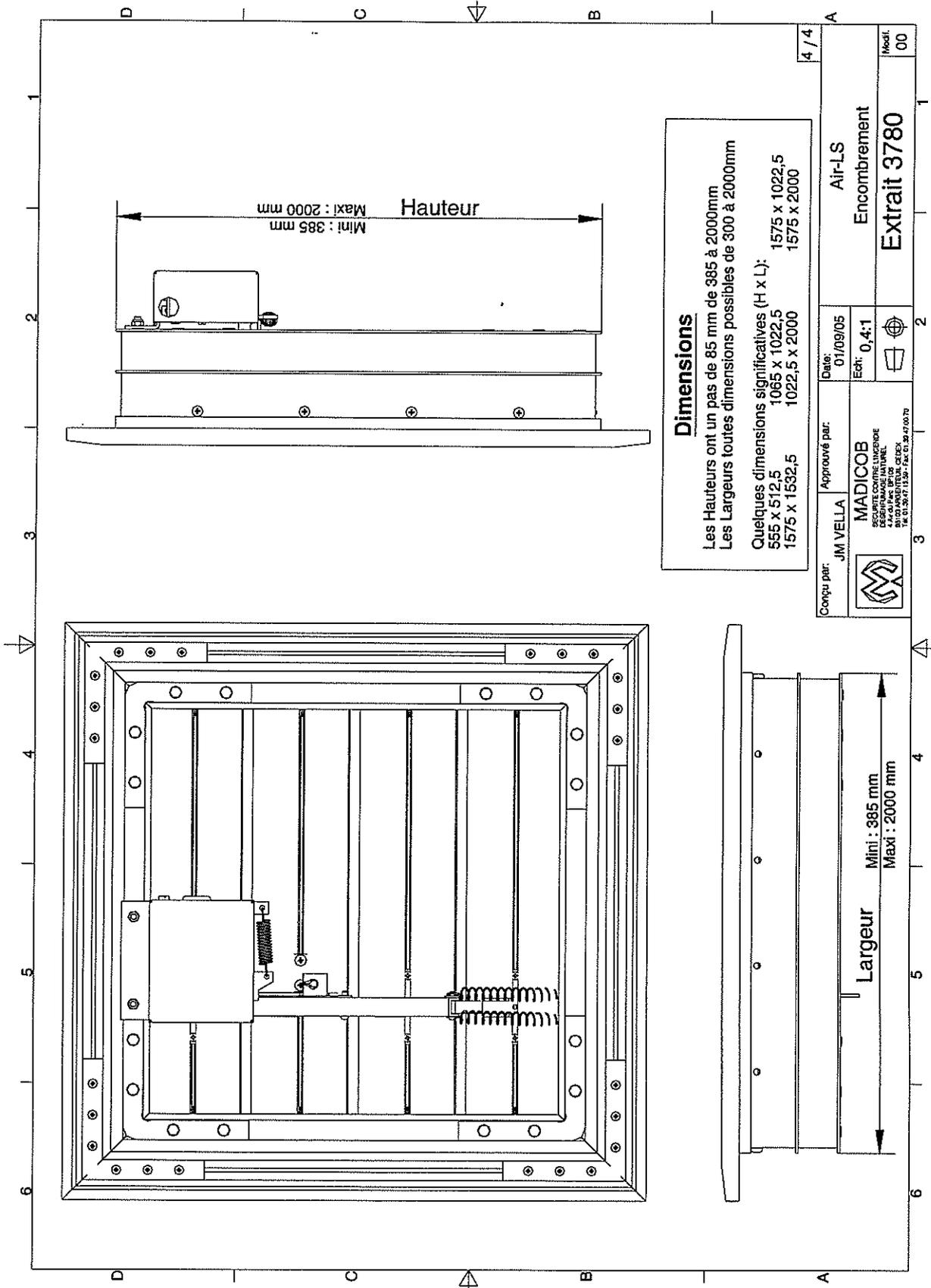
**Air-LS Ouverture Fermeture Electrique**  
Réf : 3781

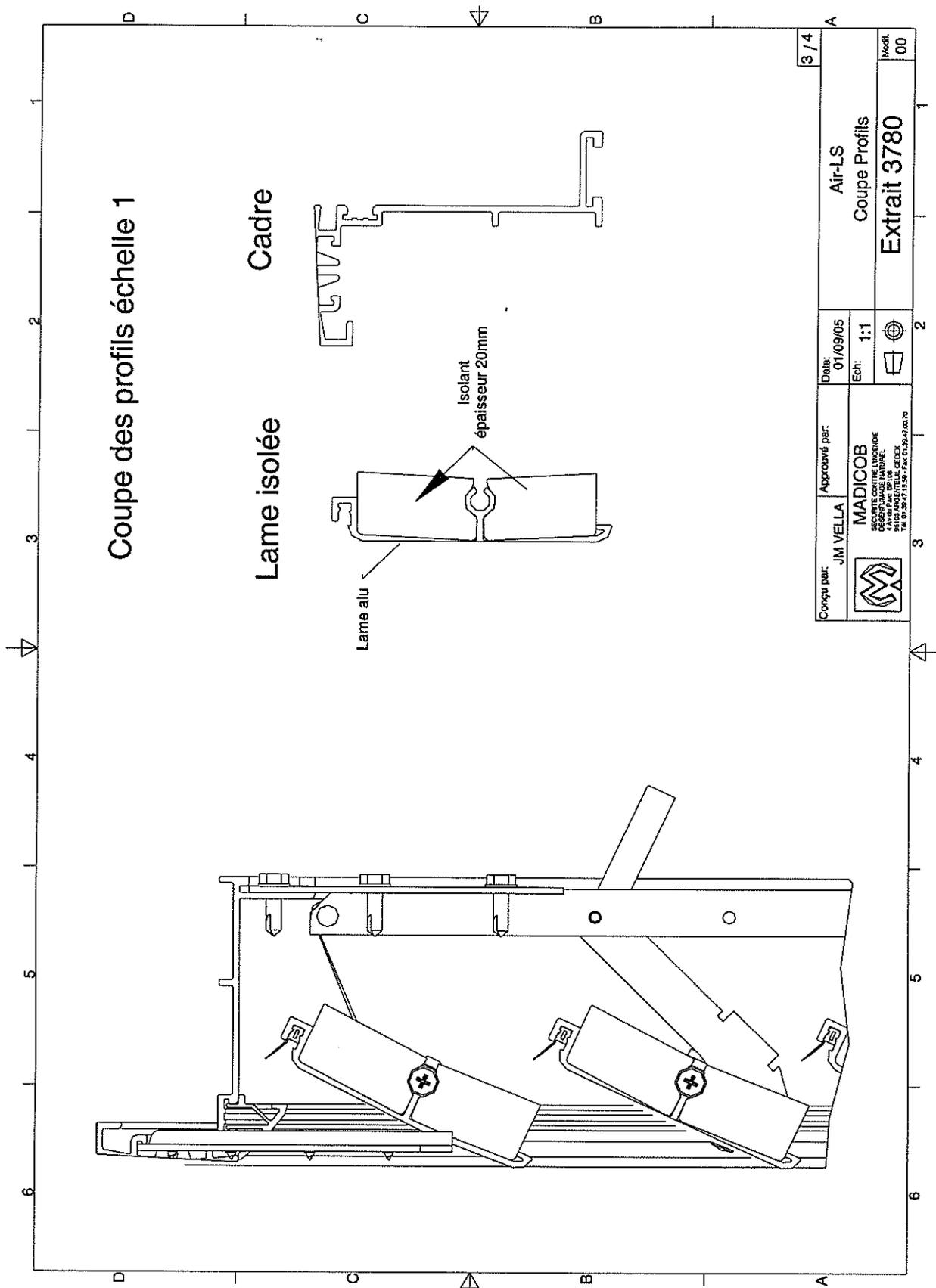
**Air-LS Ouverture Seule Electrique**  
Réf : 3782 à 85

**Air-LS Ouverture Fermeture Pneumatique**  
Réf : 3780

**Air-LS Ouverture Seule Pneumatique**  
Réf : 3786

|  |  |   |                |   |        |                     |
|--|--|---|----------------|---|--------|---------------------|
| Conçu par: <b>JIM VELLA</b>  |  | Approuvé par:   | Date: 01/09/05 |   | Air-LS |                     |
|  |  | <b>MADICOB</b><br>SECURITE CONTRE L'INVERSE<br>DESORMAIS NATUREL<br>9703 ANSATEUR, CEDEX<br>Tel: 01 98 47 13 60 - Fax: 01 98 47 03 70 |                | Ech: Sans   |        | Presentation        |
|  |  |   |                |  |        | <b>Extrait 3780</b> |
|  |  |   |                |   |        | Modif: 00           |





Coupe des profils échelle 1

Cadre

Lame isolée

Lame alu

Isolant  
épaisseur 20mm

|  |               |   |               |           |
|--|---------------|---|---------------|-----------|
| Conçu par:<br>JIM VELLA  | Approuvé par: | Date: 01/09/05  | Air-LS        | 3 / 4     |
|  |               | Ech: 1:1  | Coupe Profils |           |
|  <b>MADICOB</b><br>SECURITE CONTRE L'INFECTION<br>DESERIEUSE NATURELLE<br>94100 ANGERS TEL: 02.41.36.47.00 FAX: 02.41.36.47.00 |               |   | Extrait 3780  | Modif: 00 |