

# OPTIMISATION DE L'INERTIE THERMIQUE ET IMPACT ACOUSTIQUE DE PAROIS INTERIEURES EN BRIQUES APPARENTES MONTEES EN SAILLIE

PALENZUELA, D.<sup>1</sup>, CIUKAJ, S.<sup>2</sup>, COIN, N.<sup>3</sup>

## Introduction

L'inertie thermique d'une paroi dépend des caractéristiques des matériaux qui la constituent : conductivité thermique, masse volumique et capacité thermique. Mais une autre caractéristique joue un rôle important : la surface d'échange de la paroi avec les ambiances. Si cette surface présente du relief, alors la paroi va pouvoir échanger plus de chaleur avec son environnement. En considérant un mur maçonné en briques apparentes de terre cuite, il est possible d'augmenter la surface d'échange donnant sur l'ambiance intérieure, en jouant sur l'appareillage des briques, de façon à disposer de briques saillantes. Un appareillage spécifique de paroi intérieure en briques apparentes a donc aussi un impact sur son inertie thermique, arguments auxquels les architectes peuvent être sensibles, en particulier dans la conception de bâtiments tertiaires. Le comportement vibro-acoustique du type de mur considéré est impacté, et diffère de celui d'un mur maçonné à faces planes ; c'est pourquoi il est utile d'évaluer l'impact sur son affaiblissement acoustique, notamment en basse et moyenne fréquences.

## Calcul de l'inertie thermique

L'inertie thermique est une donnée d'entrée des méthodes pour l'application de la Réglementation Thermique française (RT 2012) pour déterminer le besoin bioclimatique, et la consommation d'énergie, et également apprécier l'exposition à l'inconfort thermique en période chaude d'un bâtiment, ou d'une partie de celui-ci. Elle fait l'objet d'un fascicule spécifique des Règles Th-bat accompagnant la réglementation thermique.

Deux types d'inertie sont à renseigner pour calculer le comportement thermique d'un bâtiment : l'inertie quotidienne (pour une période de 24 heures) et l'inertie séquentielle (pour une période de 14 jours). Deux autres inerties thermiques peuvent être utiles à évaluer : l'inertie horaire pour une période de temps d'une heure, et l'inertie annuelle pour une période de temps d'une année, soit 365 jours.

Pour déterminer ces inerties de façon détaillée, il est nécessaire de connaître les capacités thermiques surfaciques de chaque paroi du bâtiment. La capacité thermique surfacique de chaque paroi pour une période de temps donnée est calculée par application de la norme NF EN ISO 13786 [1]. Le concept à la base de cette norme est décrit par Carslaw et Jaeger [2].

Le mode opératoire décrit dans la norme NF EN ISO 13786 s'applique aux composants de bâtiment constitués de couches planes homogènes et isotropes. Néanmoins, cette

---

<sup>1</sup> PALENZUELA, Daniel, Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC), 17 RUE LETELLIER, 75726 PARIS CEDEX 15, FRANCE, [palenzuela.d@ctmnc.fr](mailto:palenzuela.d@ctmnc.fr)

<sup>2</sup> CIUKAJ, Sébastien, Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC), 17 RUE LETELLIER, 75726 PARIS CEDEX 15, FRANCE, [ciukaj.s@ctmnc.fr](mailto:ciukaj.s@ctmnc.fr)

<sup>3</sup> COIN, Nicolas, Centre Technique de Matériaux Naturels de Construction (CTMNC), 17 RUE LETELLIER, 75726 PARIS CEDEX 15, FRANCE, [coin.n@ctmnc.fr](mailto:coin.n@ctmnc.fr)

norme ouvre la possibilité de calcul des caractéristiques thermiques dynamiques de composants non plans, et de composants contenant des ponts thermiques importants. Elle indique que ce calcul doit être effectué par résolution numérique de l'équation de transfert thermique dans des conditions aux limites périodiques, mais sans précision sur ces conditions aux limites. La méthode à appliquer pour passer des flux thermiques et températures obtenues par calcul numérique aux caractéristiques thermiques dynamiques n'est pas non plus précisée. Le CTMNC a développé cette méthode numérique. La validation de la méthode a été réalisée positivement par comparaison avec les deux exemples de l'annexe D (informatrice) de la norme NF EN ISO 13786 dans sa publication de juillet 2008 ; le premier exemple est un composant à une seule couche constitué de béton, le deuxième exemple est un composant multicouche comportant un mur de béton associé à une couche d'isolant thermique et une couche d'enduit.

### **Calcul de l'affaiblissement acoustique**

Le calcul de l'affaiblissement acoustique repose sur une méthode du calcul par découplage décrite dans [3], et transposée par le CTMNC au code par élément fini CASTEM (CEA). Cette approche a été simplifiée et exécutée pour chaque fréquence comprise entre les tiers d'octave de 50 Hz à 2000 Hz. Elle nécessite de déterminer séquentiellement :

- la puissance acoustique incidente à la paroi côté émission, par une méthode de sources images décrite dans [4],
- la réponse en vitesse vibratoire de la paroi à la pression acoustique complexe incidente, par une méthode linéaire de réponse vibratoire de structure par transposition modale des éléments finis de volumes (FEM),
- la puissance acoustique transmise par la paroi, par une méthode aux éléments finis de frontière (BEM), obtenue avec le logiciel FastBEM Acoustics® 5 R4 (Advanced CAE Research, LLC).

L'affaiblissement acoustique est finalement obtenu par différence entre le niveau de puissance acoustique incidente et le niveau de puissance acoustique transmise.

### **Mur de briques de référence**

Un mur de référence est défini pour permettre des comparaisons ultérieures. Il présente une épaisseur de 22 cm, avec des faces planes et parallèles. Il est constitué de briques pleines de terre cuite de format 220 x 105 x 60 mm. Ce format est celui retenu pour les briques de façades par le fascicule « parois opaques » du guide pour l'application des Règles Th-Bat. Des joints de mortier horizontaux et verticaux de 10 mm sont disposés entre les briques. Les caractéristiques thermiques et mécaniques des matériaux du mur de référence sont indiquées dans le tableau 1.

Le mur de référence est décliné en trois variantes ou modèles, en fonction du type d'appareillage des briques : appareillage en boutisses, appareillage en panneresses, appareillage flamand. Ces trois appareillages présentent les mêmes joints horizontaux, mais des agencements de joints verticaux différents.

Tableau 1 : Caractéristiques thermiques et masse volumique des matériaux.

Matériau	Conductivité thermique utile [W/(m.K)]	Capacité thermique massique [J/(kg.K)]	Masse volumique [kg/m <sup>3</sup> ]	Module de Young [GPa]	Coefficient de Poisson [-]
Terre cuite	0,69	1000	1800	7,5	0,25
Mortier de joint	1,30	1000	1900	12	0,2

La masse volumique, la masse surfacique, la résistance thermique et la capacité thermique surfacique quotidienne du mur sont calculées pour les 3 modèles. Les densités de flux thermique permettant de déterminer la résistance thermique et les capacités thermiques surfaciques sont calculées numériquement en trois dimensions (3D) au moyen du logiciel TRISCO édité par la société Physibel. La masse volumique (1821,7 kg/m<sup>3</sup>) et la masse surfacique (400,8 kg/m<sup>2</sup>) sont identiques pour les 3 modèles considérés. Les écarts relatifs de résistance thermique et de capacité thermique surfacique quotidienne par rapport à la moyenne sont inférieurs à 1%.

Les calculs d'affaiblissement acoustique obtenus par bande tiers d'octave sur les 3 modèles de mur de référence ne présentent pas d'écart relatif significatif : ces écarts sont inférieurs à 0,5 dB dans chaque bande de fréquence analysée. Ce résultat subodore une résilience de la performance acoustique de ces parois, quelle qu'en soit la mise en œuvre.

### Proposition d'un mur maçonné en 3D avec briques en saillie

Sur la base des calculs thermiques réalisés en deux dimensions (2D), une réflexion d'optimisation sur un modèle de mur en trois dimensions (3D) aboutit au modèle présenté en figure 1. Nous appelons ce mur, mur « S ». La lettre S fait référence à « Saillie » et à la forme en « S » de l'agencement des briques.

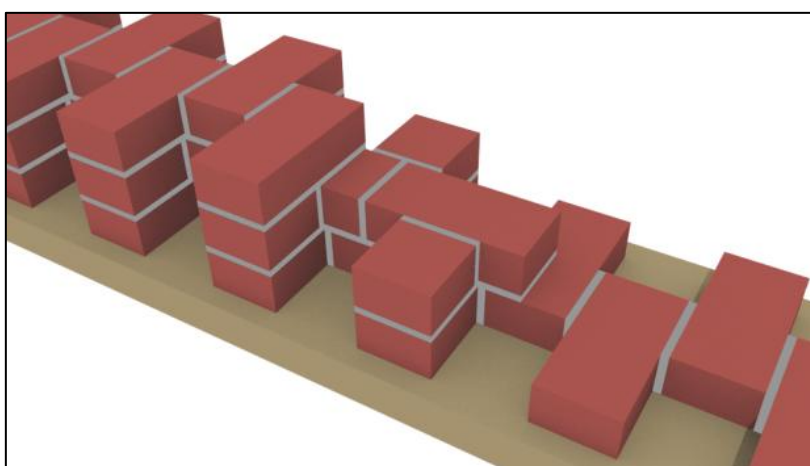


Figure 1 : Vue en 3D du mur maçonné « S » en cours de montage.

Le mur proposé est à base de briques de format 220 x 105 x 60 mm, de ½ briques de format 105 x 105 x 60 mm, et de joints de mortier de 1 cm d'épaisseur.

Les capacités thermiques surfaciques du modèle sont calculées pour différentes périodes de temps en rapportant la capacité thermique (en kJ) à la surface projetée du mur (en m<sup>2</sup>). Nous appelons cette grandeur : capacité thermique surfacique apparente.

Le mur « S » présente une capacité thermique surfacique apparente nettement supérieure à celle du mur de référence, pour les périodes horaire (+ 95 %) et quotidienne (+ 17%). La légère baisse constatée (- 5 %) pour la période séquentielle et la période annuelle est directement liée à la réduction de la masse surfacique apparente : 382 kg/m<sup>2</sup> pour le mur « S », 400,8 kg/m<sup>2</sup> pour le mur de référence, soit une réduction de masse de 5 %.

En comparaison avec le mur de référence, les résultats d'affaiblissement acoustique obtenus par bande de tiers d'octave sur le mur avec brique en saillie présentent des écarts significatifs de plusieurs décibels, notamment en basse fréquence. Des éléments d'explication sont présentés au travers de l'analyse modale des deux structures, de leurs champs de vitesses pariétales, ainsi que de leur densité d'état.

### Références

- [1] AFNOR. Performance thermique des composants de bâtiment – Caractéristiques thermiques dynamiques – Méthodes de calcul. NF EN ISO 13786. AFNOR : Saint-Denis La Plaine, 2017.
- [2] Carslaw, H.S., Jaeger, J.C. *Conduction of Heat in solids*. Oxford University Press :New York, 1959, section 3.7.
- [3] Jean, P. Roland, J. Application Green Ray Integral Method GRIM sound transmission problems. *Building Acoustics*, 2001, Vol. 8, No. 2, 157-174.
- [4] Funkhouser, T. et al A Beam Tracing Method for Interactive Architectural Acoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 2004, Vol. 115, No. 2, 739-756.