

# Modélisation CFD des performances thermique d'un mur Trombe

Afef LARIBI, Sylvie BEGOT , Valérie LEPIILLER, Yacine AIT-OUMEZIANE, Philippe DESEVAUX

<sup>1</sup> Laboratoire FEMTO-ST, Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS.



# Plan

- 1 Contexte de l'étude, principe et problématique du mur Trombe
- 2 Objectifs de l'étude
- 3 Modélisation numérique CFD en 2D stationnaire
- 4 Etude de l'effet de la taille des ouïes
- 5 Etude de l'effet de l'épaisseur de la lame d'air
- 6 Conclusions et perspectives

# Contexte de l'étude

Secteur du **Bâtiment** :

- Gros consommateur d'énergie
- En France, le bâtiment représente environ **40%** de la consommation d'énergie finale



Piste **d'économie d'énergie**

Recherche des solutions pour diminuer cette consommation utilisée pour assurer des conditions satisfaisantes à l'occupant

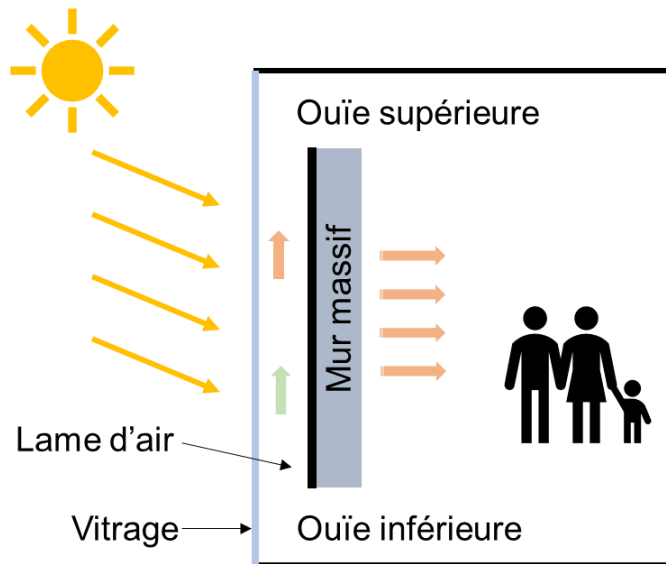


- Travailler sur **l'enveloppe** du bâtiment
- Recours à des **énergies renouvelables**



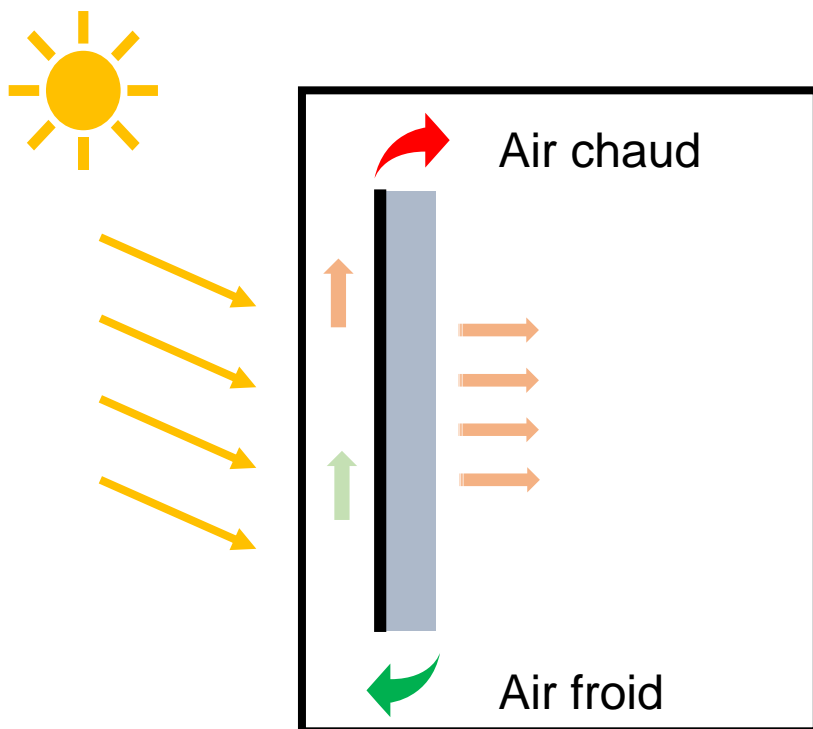
**Système solaire passif** :  
Alternative intéressante d'économie d'énergie (**30%**)

**Mur Trombe** ✓



# Principe et problématiques du mur Trombe

1



- Valoriser le rayonnement solaire en associant deux phénomènes physiques : l'effet de serre à travers un vitrage et l'inertie thermique du mur

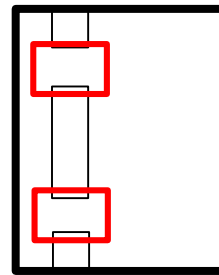


- Technique passive **performante** en conditions hivernales
- Problème de **confort hygrothermique** en été et en intersaison (surchauffe)
- Déperditions thermiques durant la nuit et les journées non ensoleillées en hiver

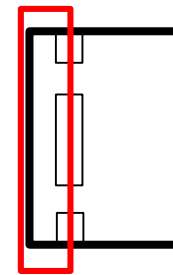
## Objectifs de l'étude



Détails du modèle  
Validation par rapport à des études issues de la littérature



Taille des ouïes

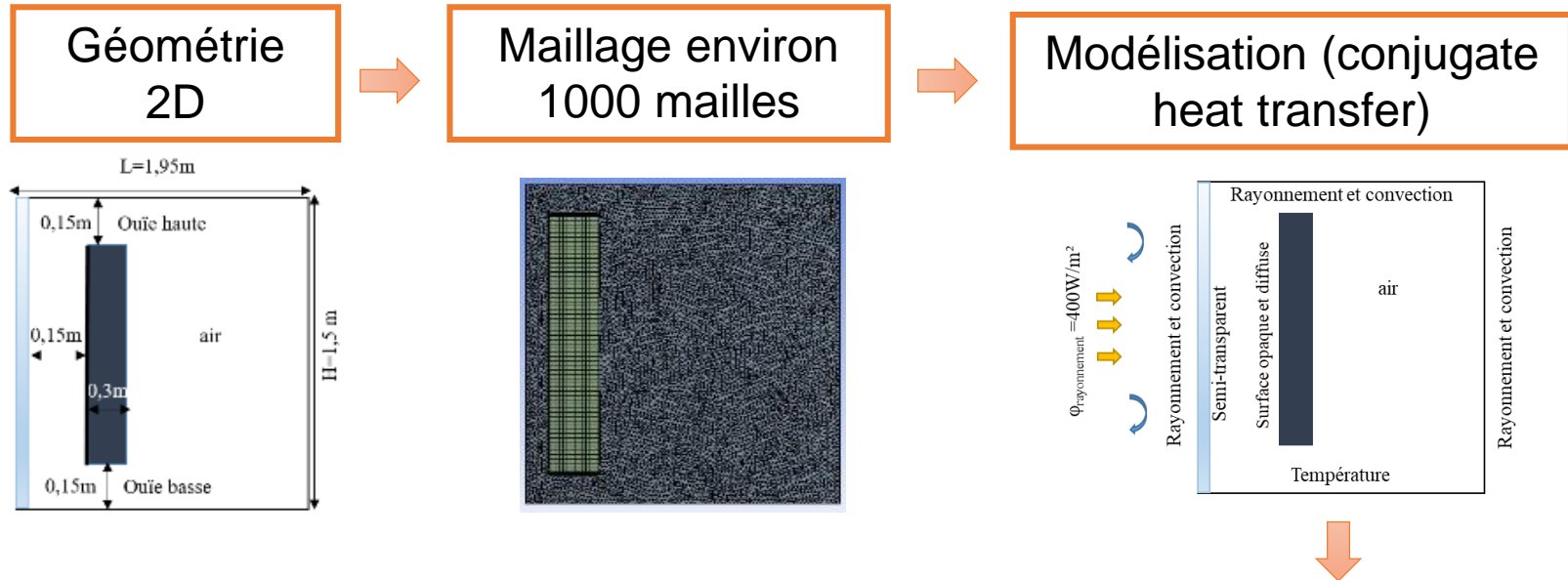


Épaisseur de la lame d'air

Critères de comparaison

- Température et vitesse
- Échanges thermiques
- Efficacité thermique

# Modélisation CFD en 2D stationnaire



## Paramètre numérique

- Couplage pression-vitesse : couplé
- Schéma de discrétisation : second ordre upwind



## Modèles physiques

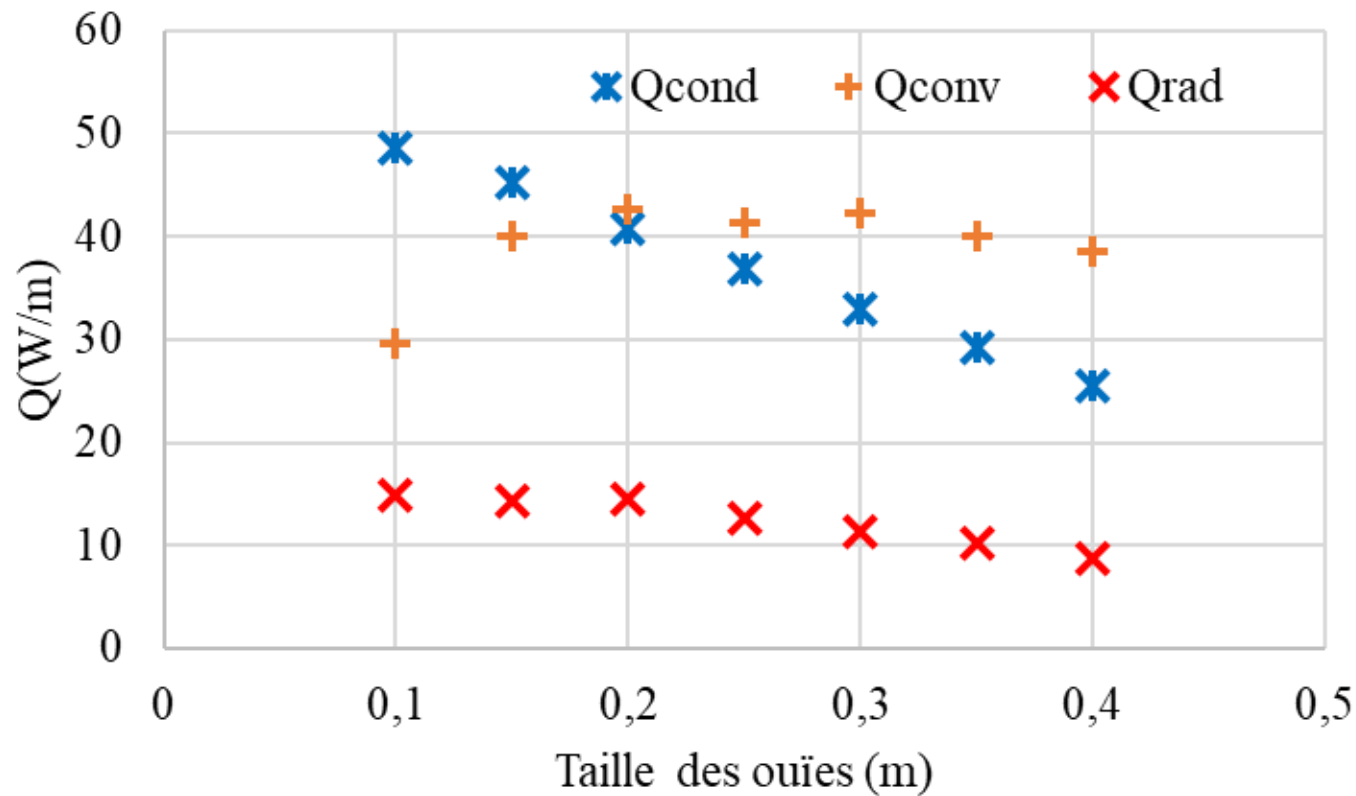
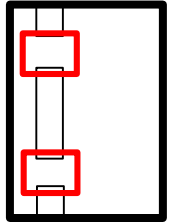
- Turbulence (k-omega SST)
- Modèle de rayonnement (Discrete Ordinate model)
- Approximation de Boussinesq

# Influence de la taille des ouïes : évolutions des échanges thermiques

4

Épaisseur de la lame d'air

0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4
------	-----	------	------	------	------	------	-----

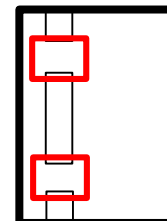


# Influence de la taille des ouïes : évolution de l'efficacité thermique

4

Épaisseur de la lame d'air

0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4
------	-----	------	------	------	------	------	-----



$$\eta = \frac{Q_{cond} + Q_{conv} + Q_{rad}}{I_{solaire,incident} A}$$

Où :

$Q_{cond}$  est l'apport conductif

$Q_{conv}$  est l'apport convectif

$Q_{rad}$  est l'apport radiatif

$I_{solaire,incident}$  est l'énergie solaire reçue sur le vitrage

$A$  est la surface d'échange

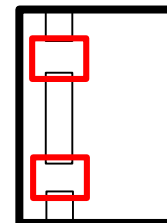
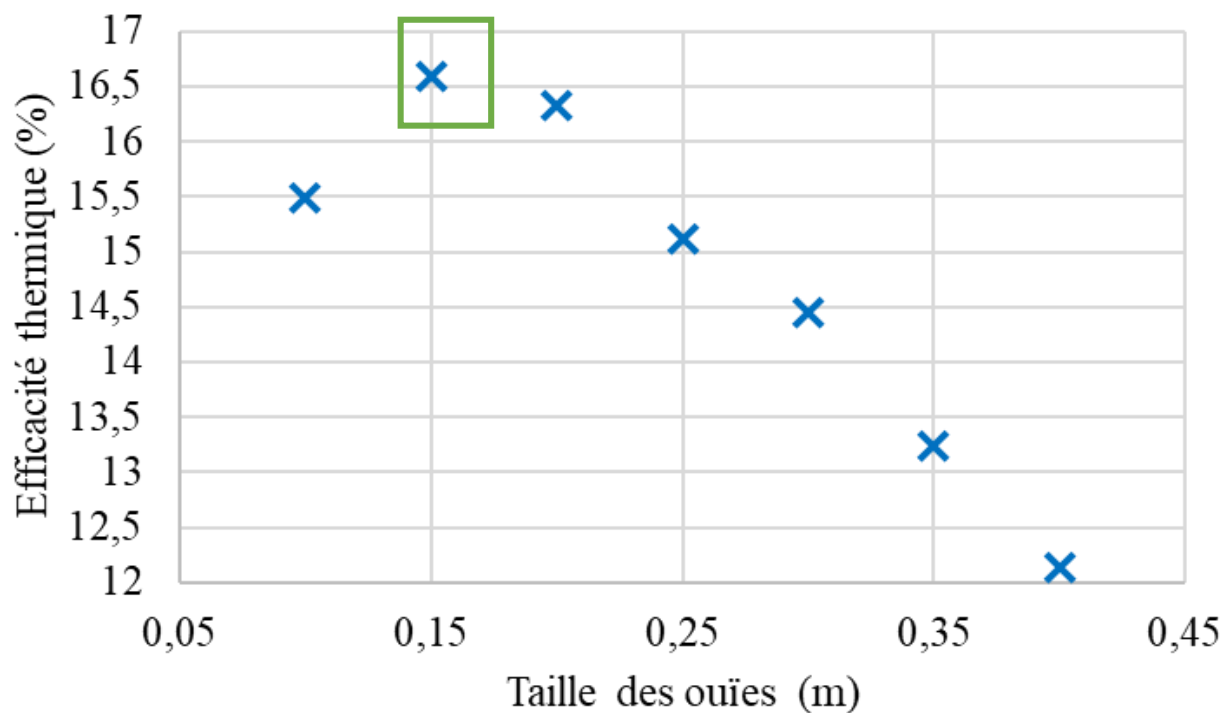


# Influence de la taille des ouïes : évolution de l'efficacité thermique

4

Épaisseur de la lame d'air

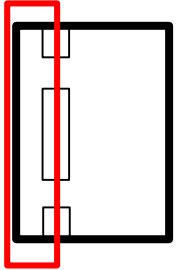
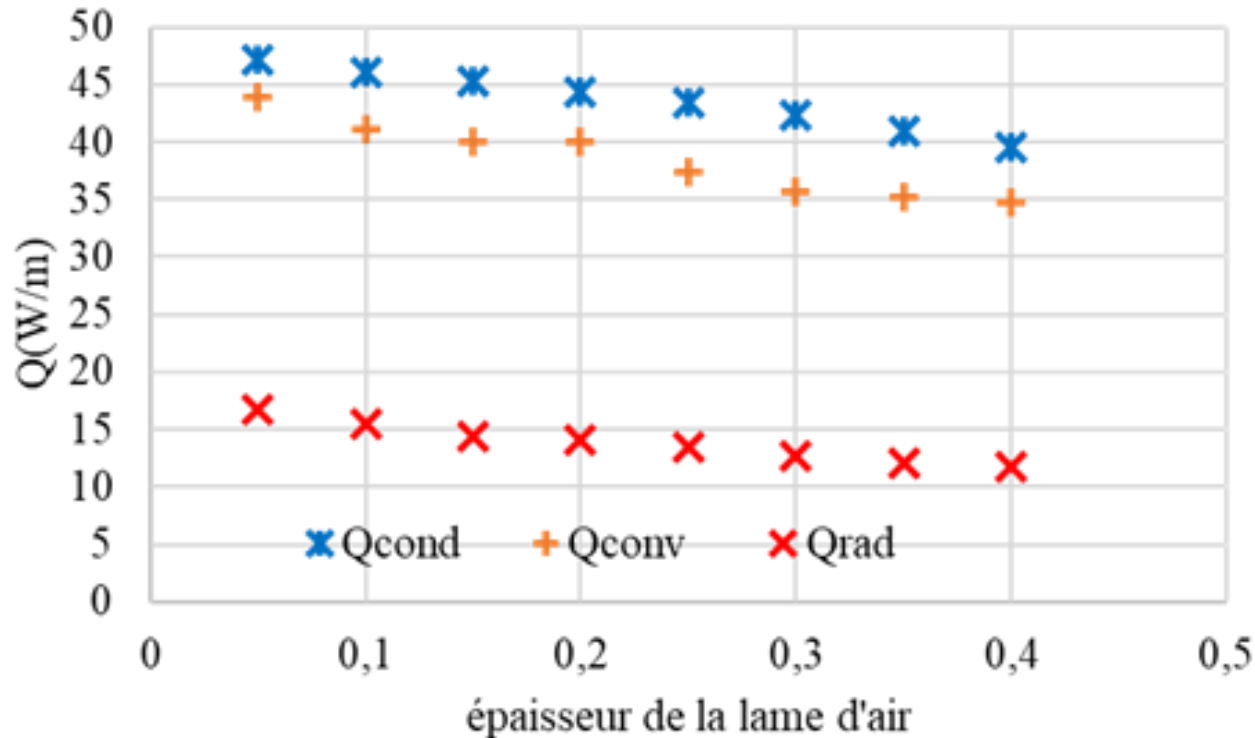
0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4
------	-----	------	------	------	------	------	-----



- L'efficacité thermique est maximale quant la taille des ouïes vaut 0,15 (qui correspond à 10-ème de la hauteur du mur).

# Influence de l'épaisseur de la lame d'air : évolution des échanges thermiques

Taille des ouïes 0,05 0,1 0,15 0,20 0,25 0,30 0,35 0,4



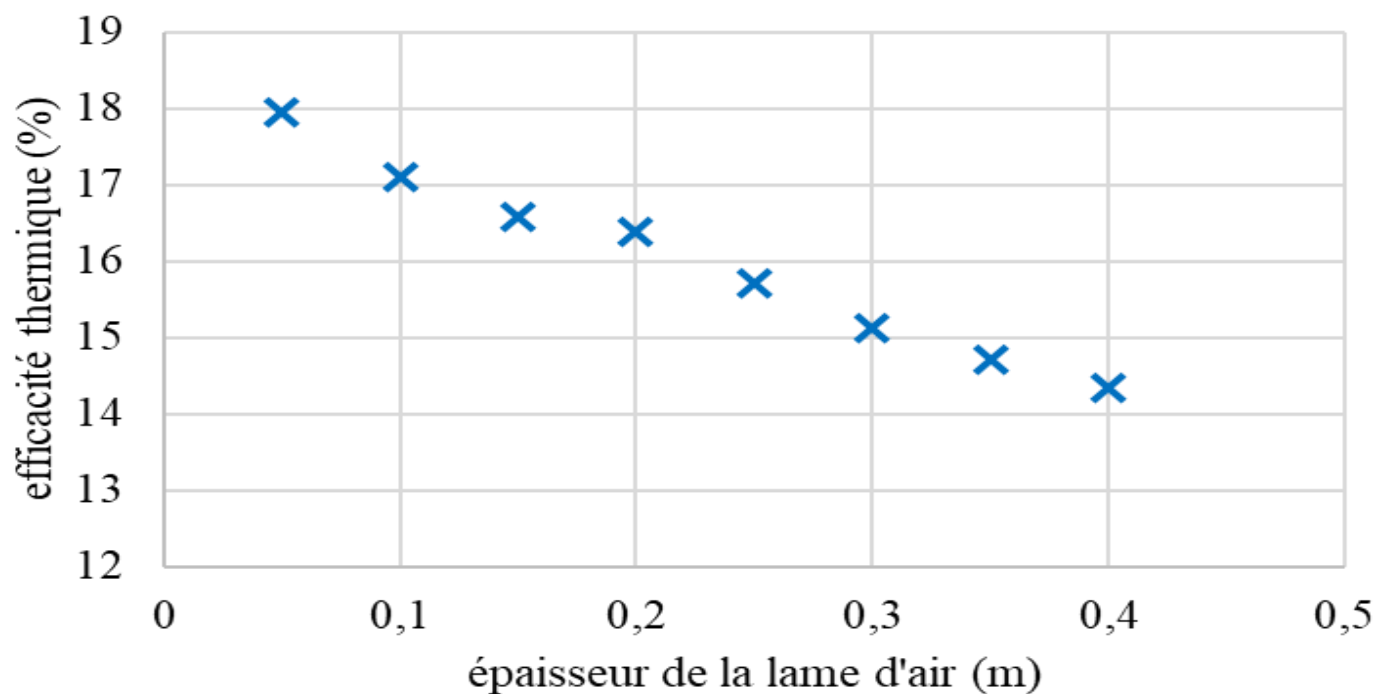
- Diminution régulière des échanges thermique avec l'augmentation de l'épaisseur de la lame d'air

# Influence de l'épaisseur de la lame d'air : évolution de l'efficacité thermique

5

Taille des ouïes

0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,4
------	-----	------	------	------	------	------	-----

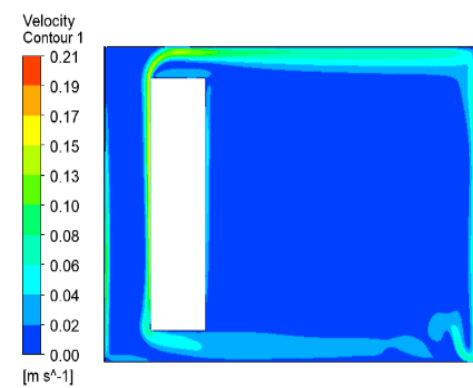
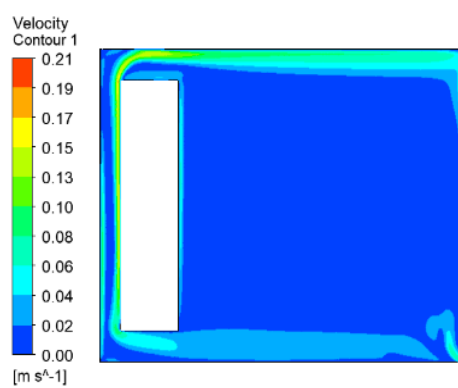
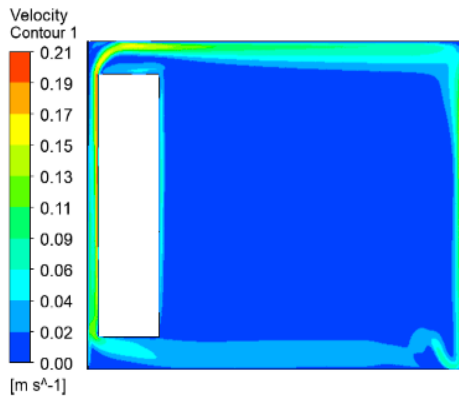
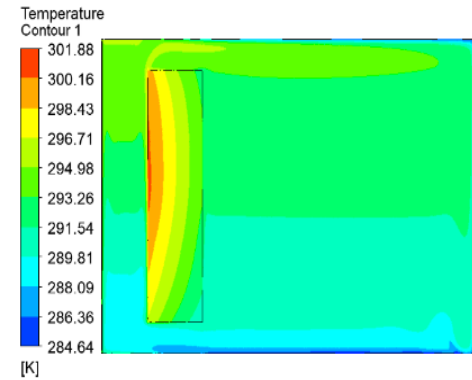
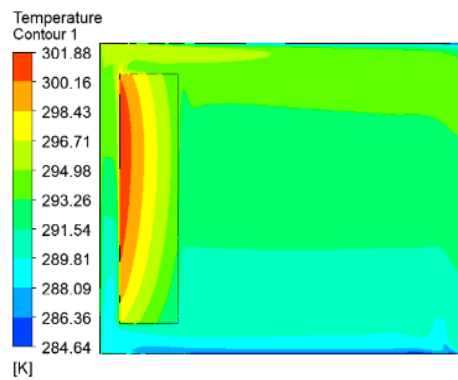
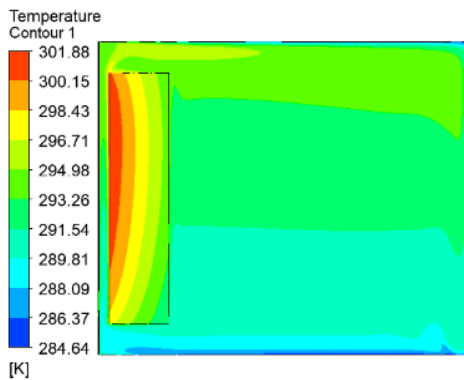


- Même allure que celle de la variation des échanges thermiques

# Influence de l'épaisseur de la lame d'air : Contours de température et de vitesse

Taille des ouïes

0,05   0,1   **0,15**   0,20   0,25   0,30   0,35   0,4



0,05

0,10

0,25

## Conclusion

- Étude CFD 2D stationnaire d'un système mur Trombe
- L'augmentation de la taille des ouïes favorise l'échange par convection mais engendre une diminution des échanges par conduction et rayonnement.
- Une largeur d'ouïe égale au 10ème de la hauteur du mur conduit à la meilleure efficacité thermique.
- L'augmentation de l'épaisseur de la lame d'air pénalise l'efficacité thermique du système.
- Perspectives :

## Perspectives

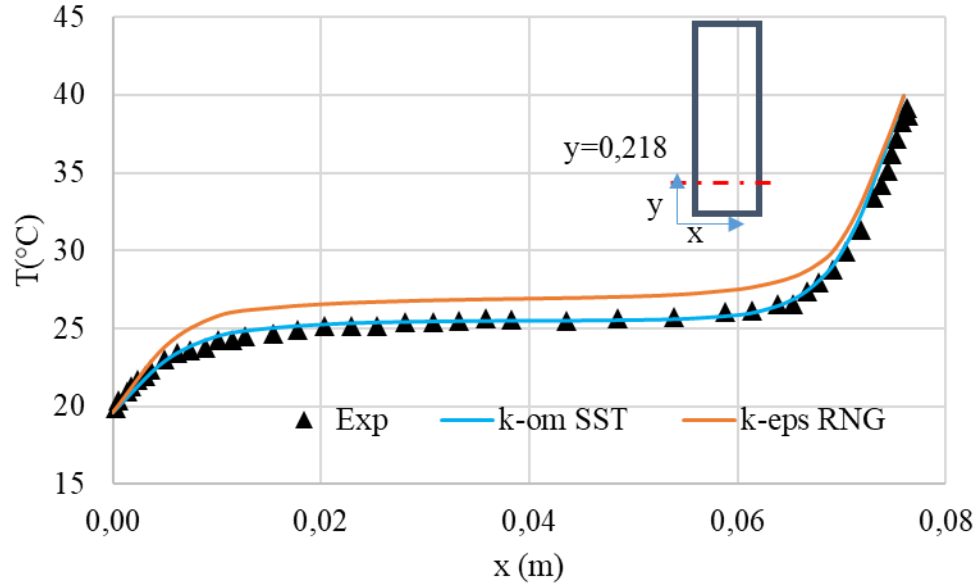
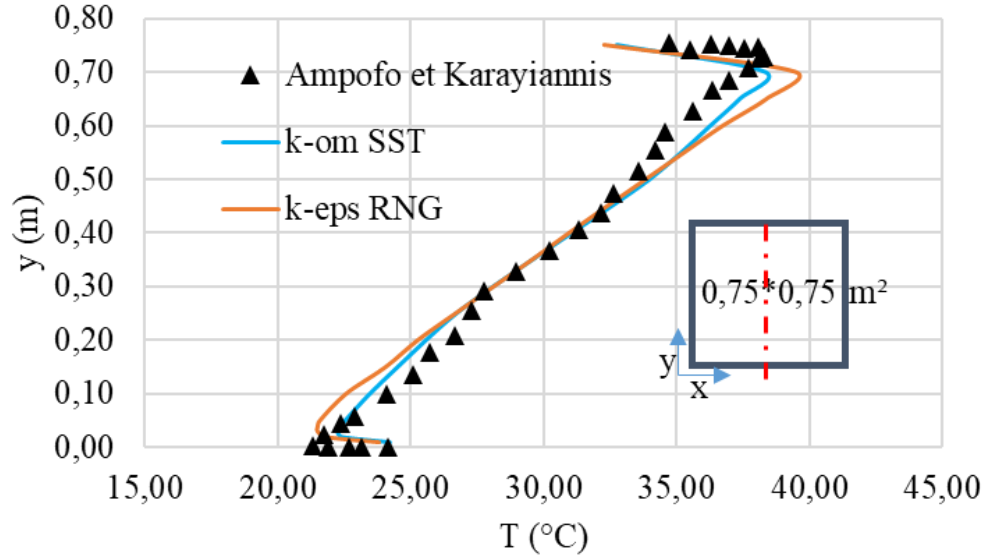
- Développement d'un modèle CFD 3D instationnaire actuellement en cours.
- Réalisation d'une maquette expérimentale de système mur Trombe destiné à la validation des simulations.
- Analyse de l'influence des matériaux utilisés et de la présence d'ouvrants sur les performances thermiques du mur Trombe

# Merci pour votre attention

La durée totale de l'exposé est de 15 minutes :

- présentation : **10 minutes** (10 à 12 diapositives environ)
- réponses aux questions : 5 minutes

# Validation du modèle numérique





# Modélisation CFD en 2D stationnaire

## Equations résolues

- Conservation de masse
- Conservation de quantité de mouvement
- Conservation de l'énergie

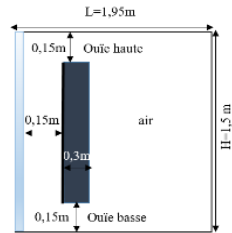
## Modèles physiques

- Turbulence (k-omega SST)
- Modèle de rayonnement (Discrete Ordinate model)
- Approximation de Boussinesq

## Paramètre numérique

- Couplage pression-vitesse : couplé
- Schéma de discrétisation : second ordre upwind

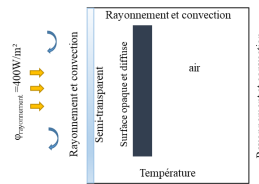
Géométrie 2D



Maillage (nombre des mailles) environ

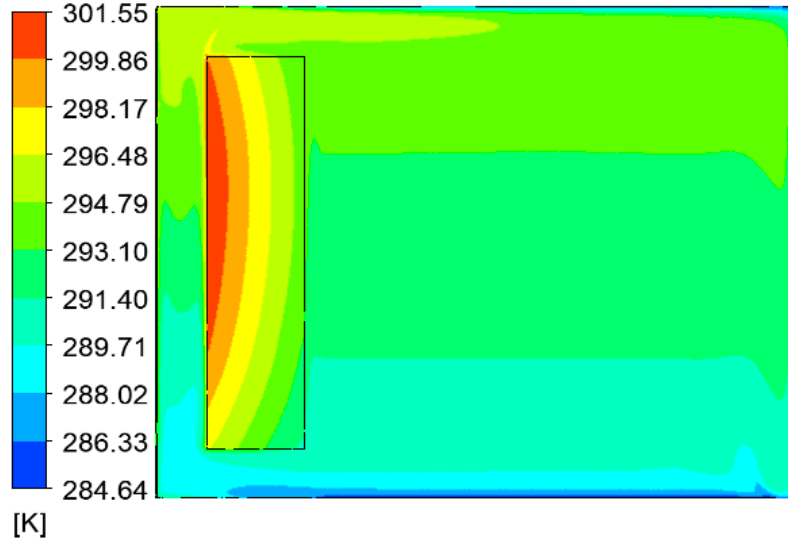


Modélisation (conjugate heat transfer)

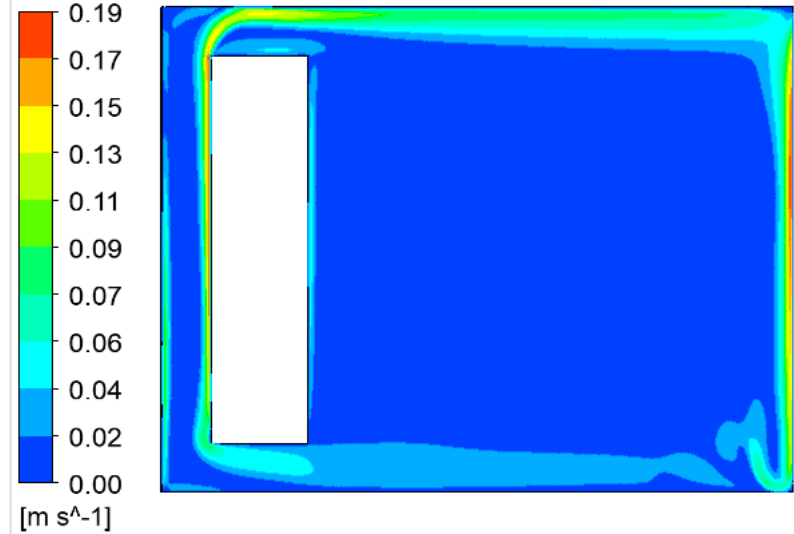


# Exemple des champs de température et de vitesse, expression de l'efficacité thermique

Temperature  
Contour 1



Velocity  
Contour 1



Expression de l'efficacité thermique :

$$\eta = \frac{Q_{cond} + Q_{conv} + Q_{rad}}{I_{solaire,incident} A}$$