

# Méthodologie et résultats d'évaluation des performances des isolants minces réfléchissants

**F. Penot** CNRS – LET ENSMA, Poitiers – Futuroscope

**D. Clodic, N. Chami, A. Zoughaib** EMParis – CEP

**Des complexes constitués de matériaux multicouches de faible épaisseur, pris entre 2 lames d'air sont étudiés sur leur aspect thermique.**

# **2 approches sont proposées**

## **- Expérimentale**

**Mesure de la résistance thermique globale du complexe air – matériau réfléchissant – air**

## **- Numérique**

**Simulation des écoulements dans les lames d'air, calcul des transferts convectif et radiatifs entre parois**

# Le montage expérimental

## Principe du calorimètre

---

On délivre une puissance donnée dans un volume.

On entoure le volume par la PMR (paroi mince réfléchissante).

On attend, l'état stationnaire.

On mesure l'élévation de température du volume.

# Le montage expérimental

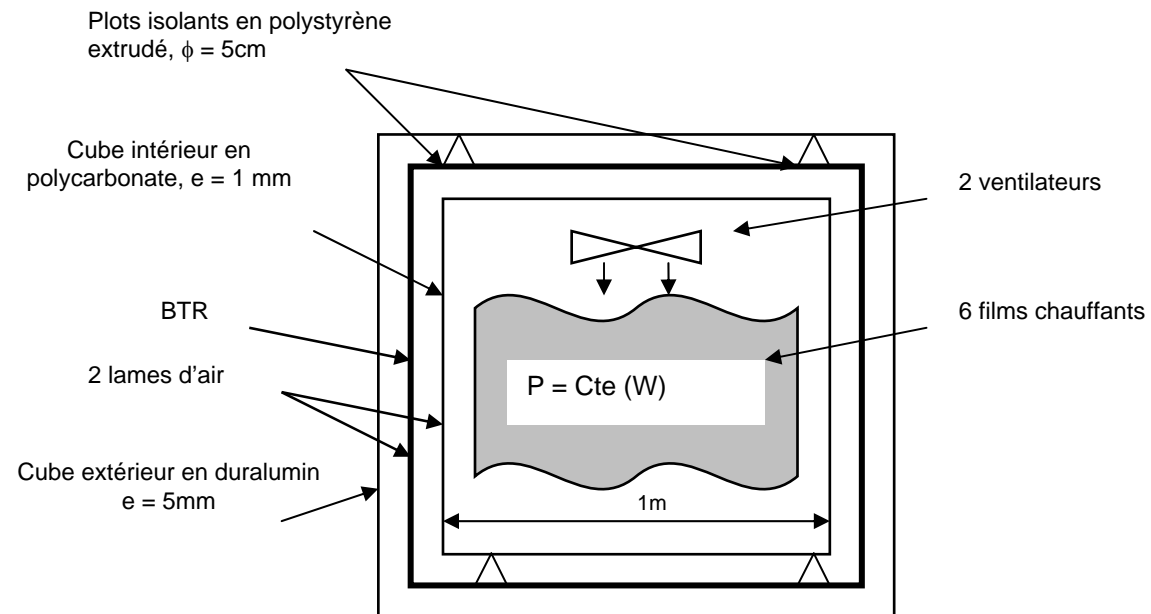
## Principe du calorimètre

---

On calcule la résistance thermique  $R$

$$R = \Delta T \times S / P \text{ (m}^2\text{.K.W}^{-1}\text{)}$$

# Le montage expérimental 3 cubes emboîtés



# Le cube intérieur, source de chaleur

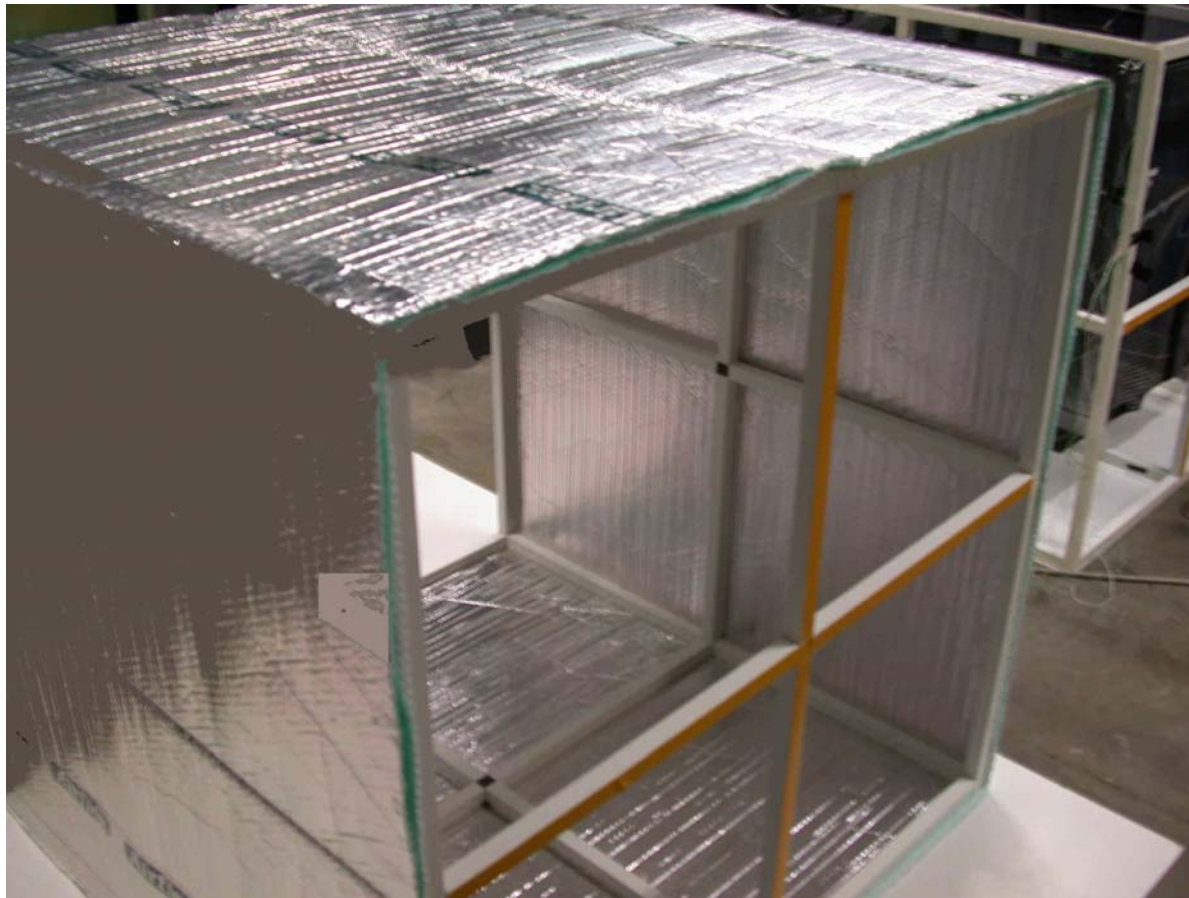


# Le cube extérieur métallique





# Le cube intermédiaire constitué du PMR



# Le montage expérimental Emboîtement et lames d'air

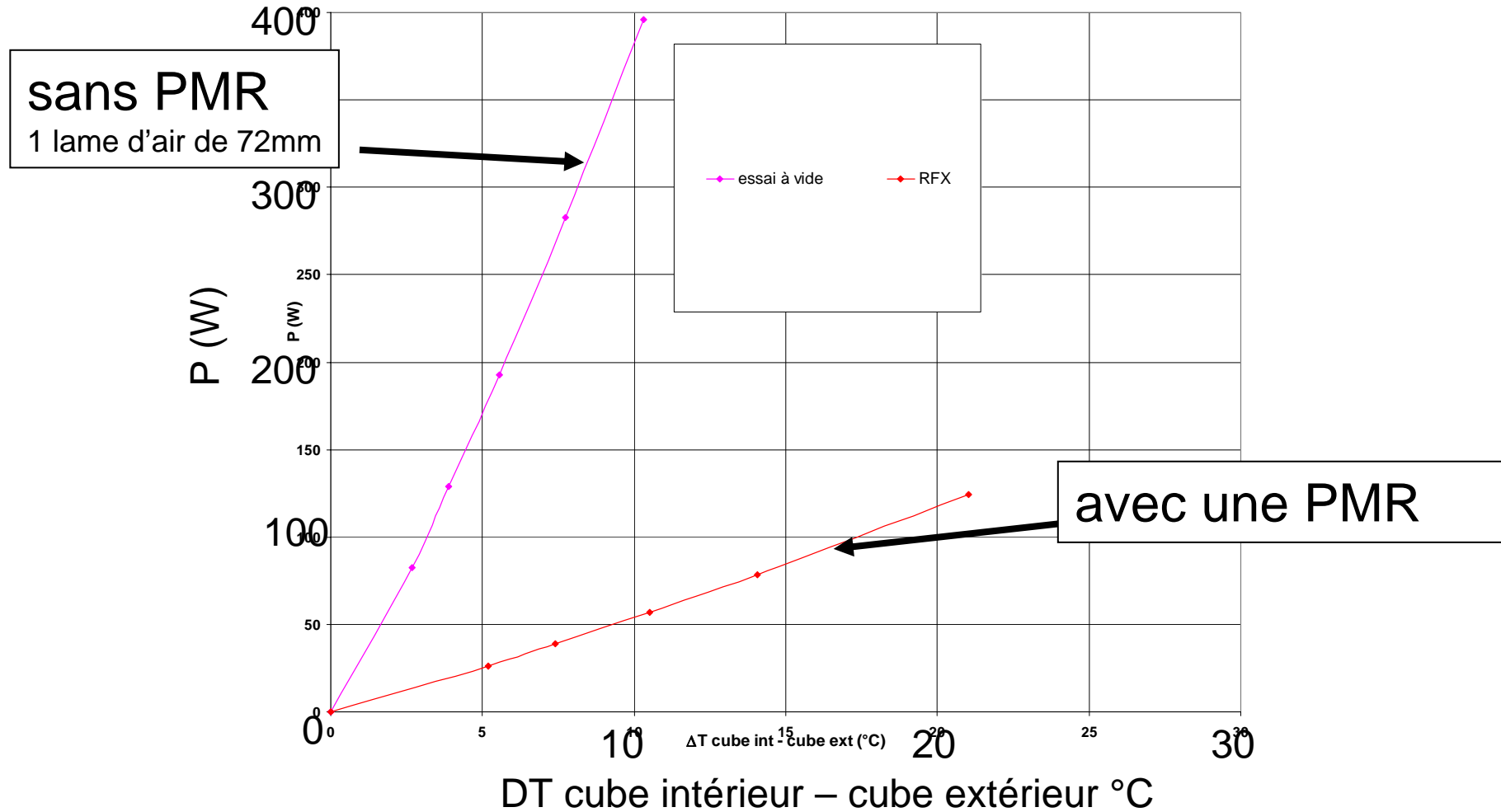
lame d'air intérieure



lame d'air extérieure

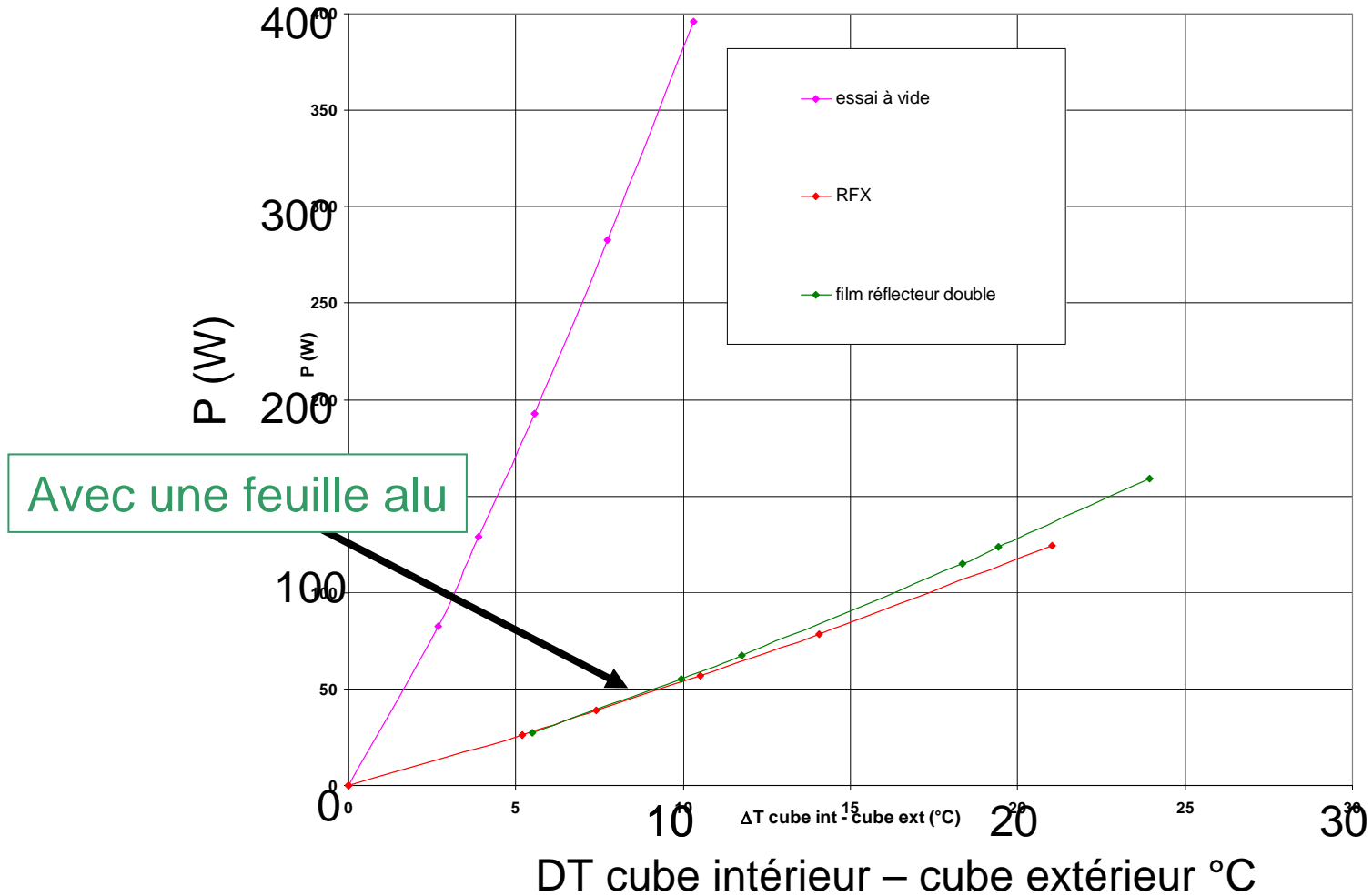
# Dépouillement

Puissance injectée / écart de températures entre les 2 cubes



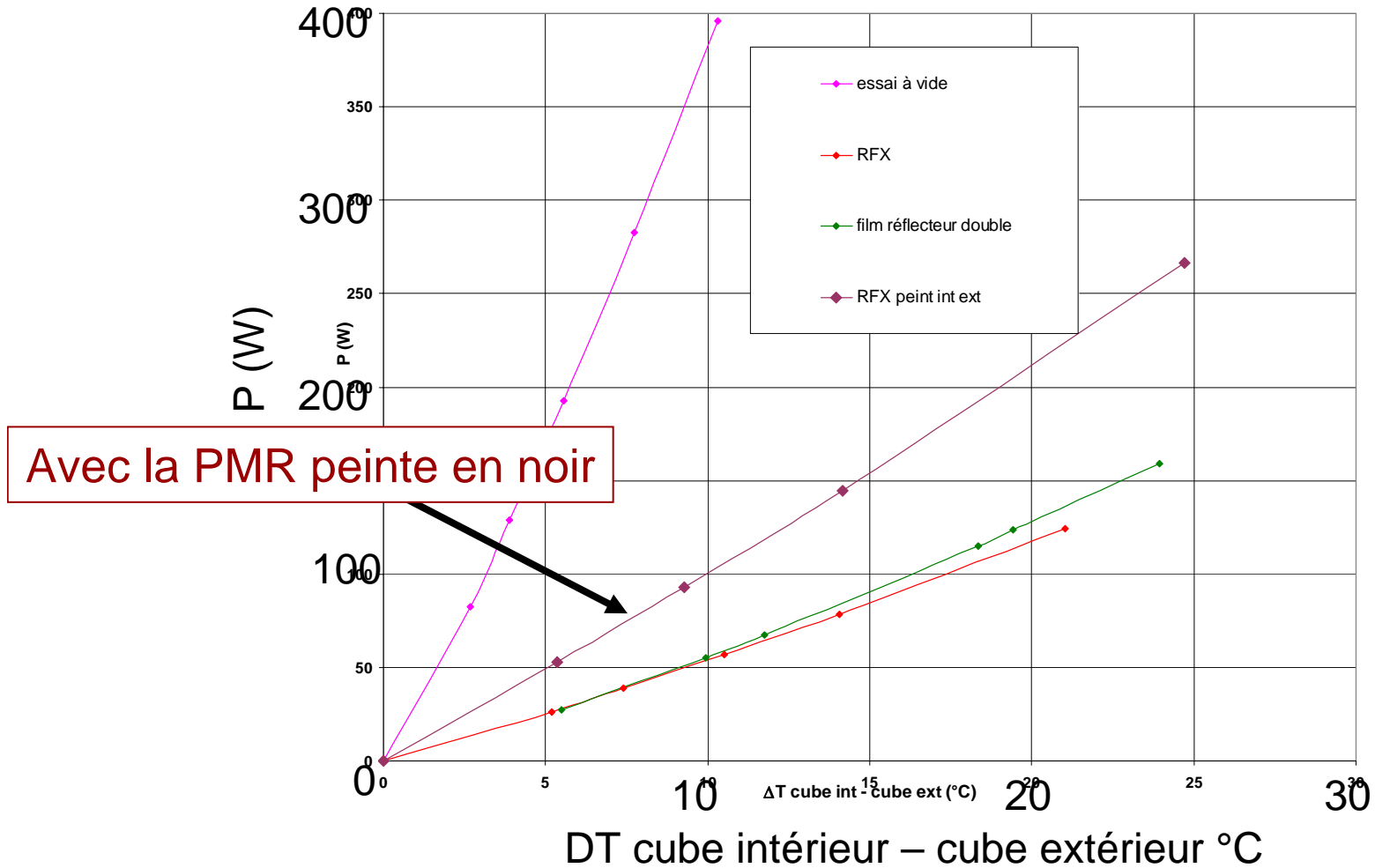
# Dépouillement

Puissance injectée / écart de températures entre les 2 cubes



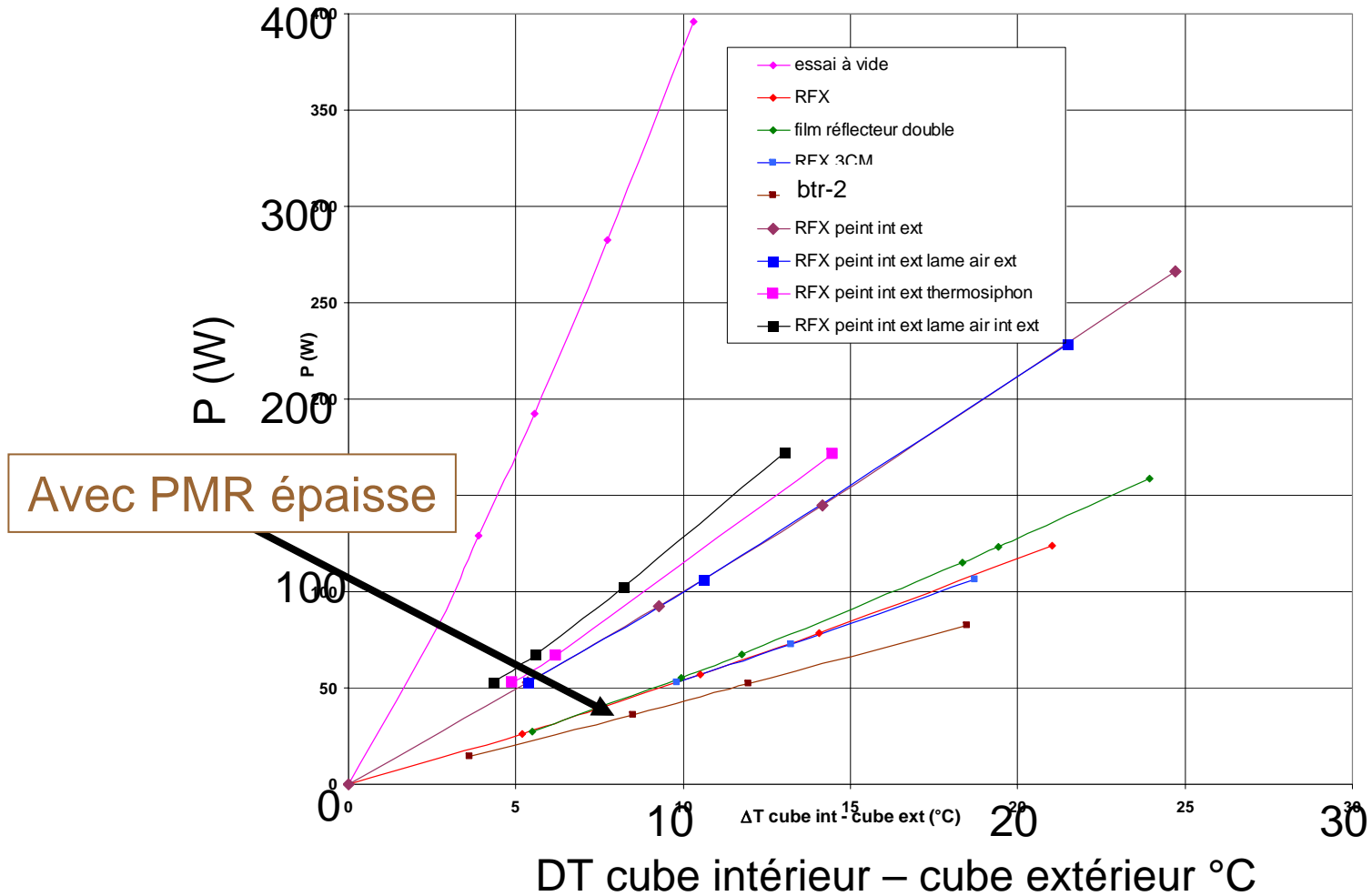
# Dépouillement

Puissance injectée / écart de températures entre les 2 cubes avec la PMR peinte en noir



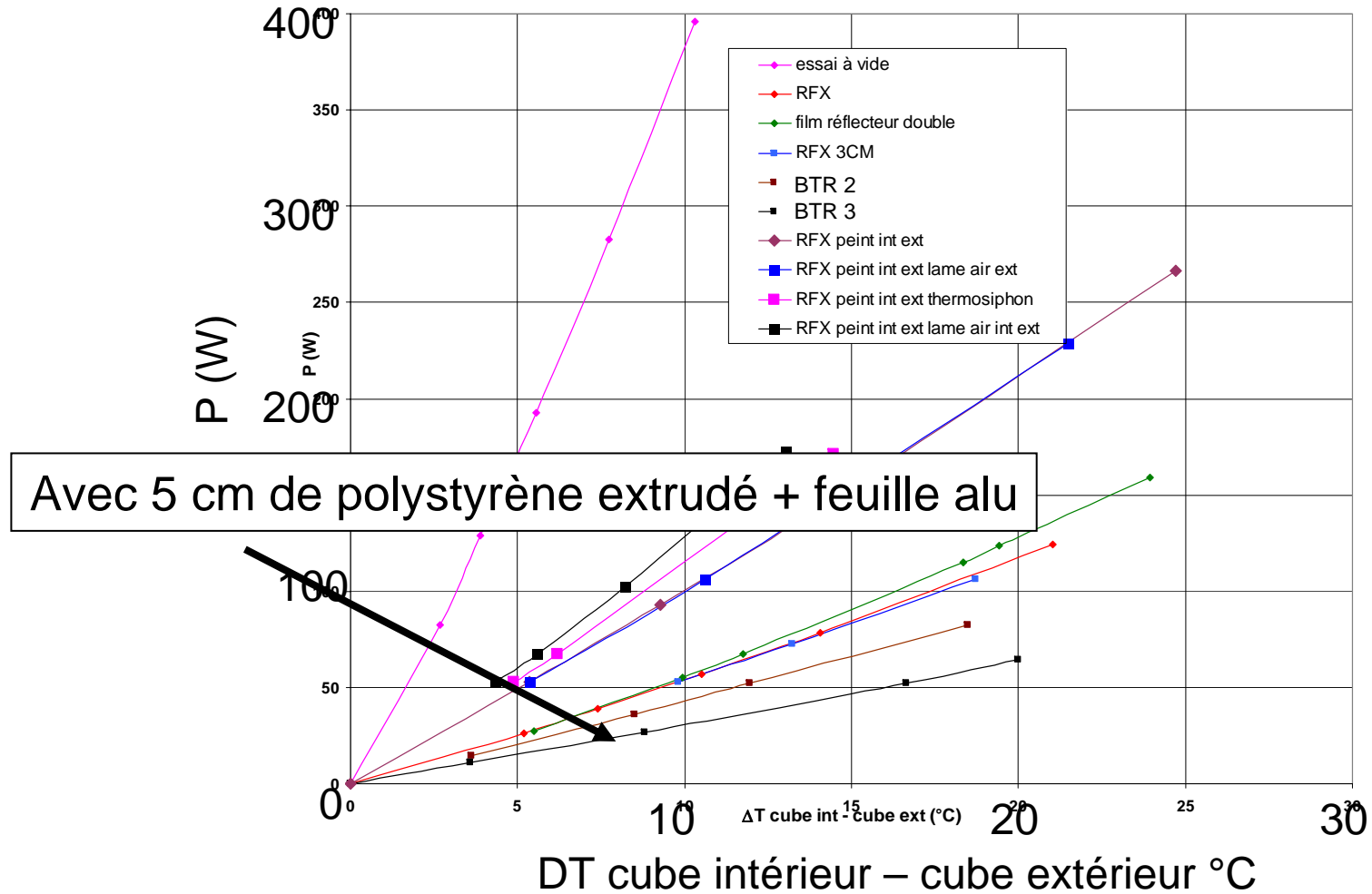
# Dépouillement

Puissance injectée / écart de températures entre les 2 cubes



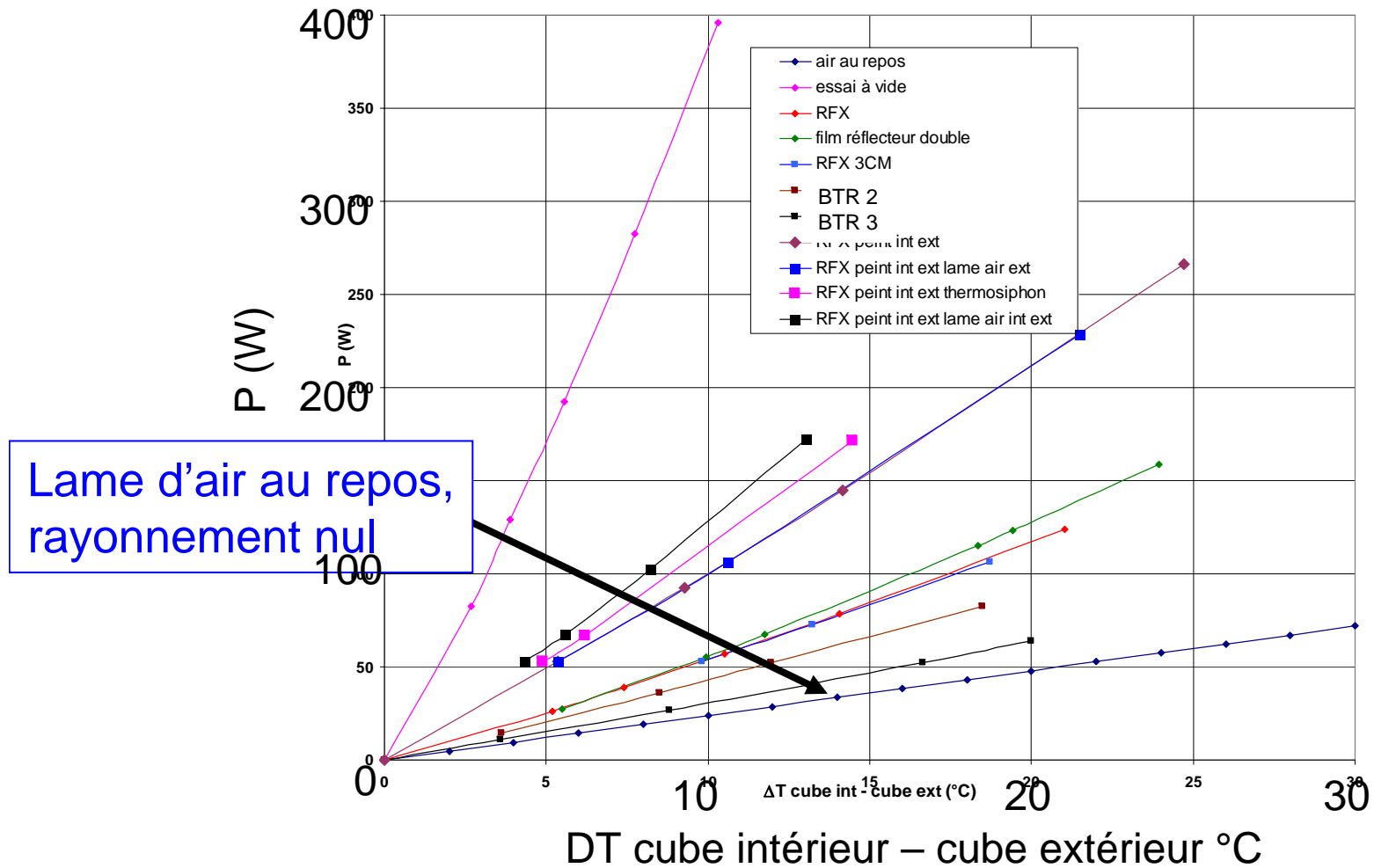
# Dépouillement

Puissance injectée / écart de températures entre les 2 cubes



# Le cas idéal sur terre

La lame d'air au repos et le rayonnement nul



Lame d'air au repos,  
rayonnement nul



# Interprétation

définition de la résistance thermique

$$R = \Delta T \times S / P \text{ (m}^2\text{.K.W}^{-1}\text{)}$$

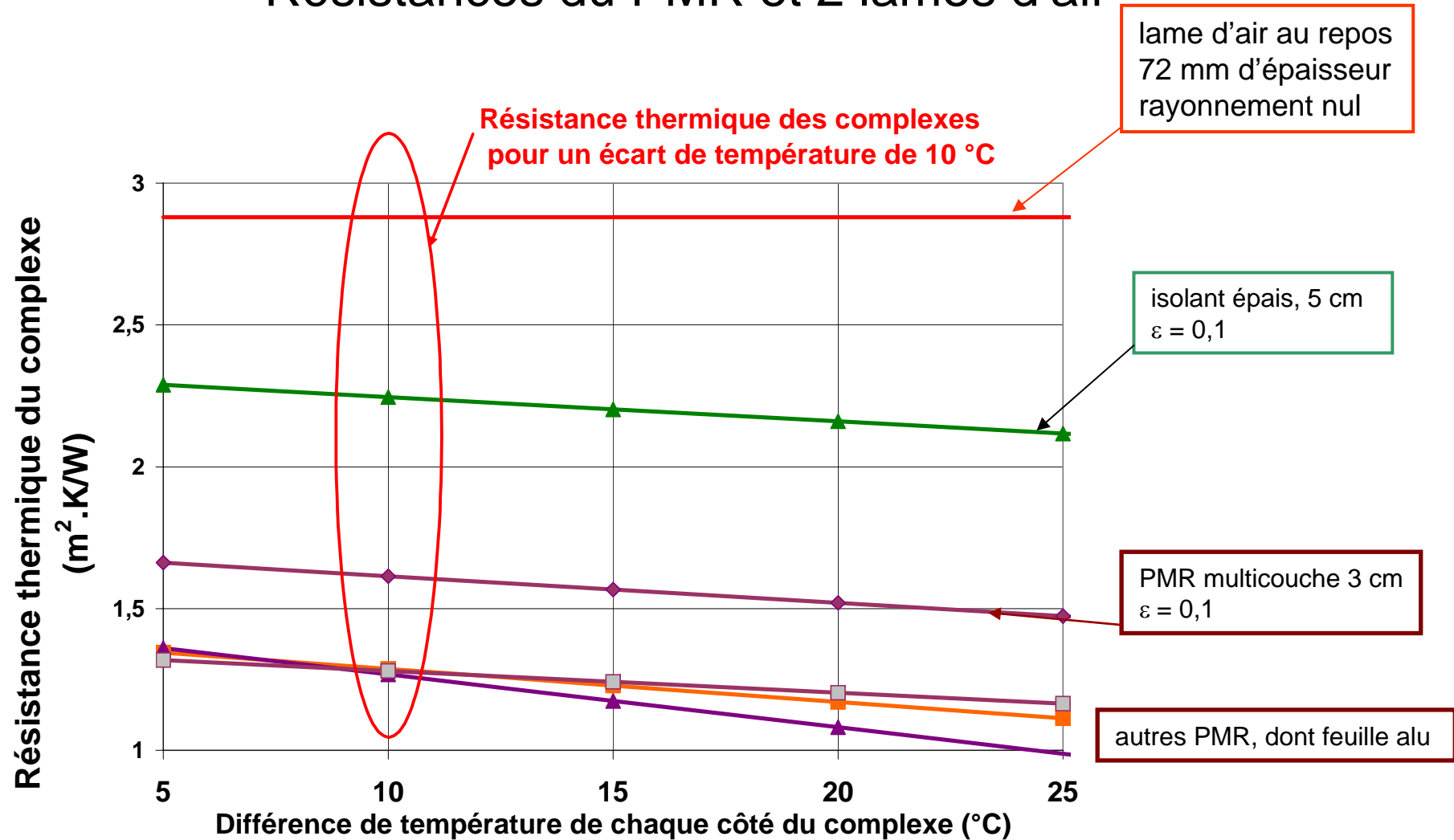
P est mesurée,

S est la surface médiane du complexe

$$\Delta T = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \left( \frac{1}{Néch} \sum_{j=1}^{Néch} T_{cube \ ext_{i,j}}(t) \right) - \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \left( \frac{1}{Néch} \sum_{j=1}^{Néch} T_{cube \ int_{i,j}}(t) \right)$$

# Quelques valeurs

## Résistances du PMR et 2 lames d'air



# Conclusion

Par la mesure, on démontre que :

La physique des PMR associés à 2 lames d'air  
n'a rien de particulier

Leurs résistances thermiques restent inférieures à  
 $2 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

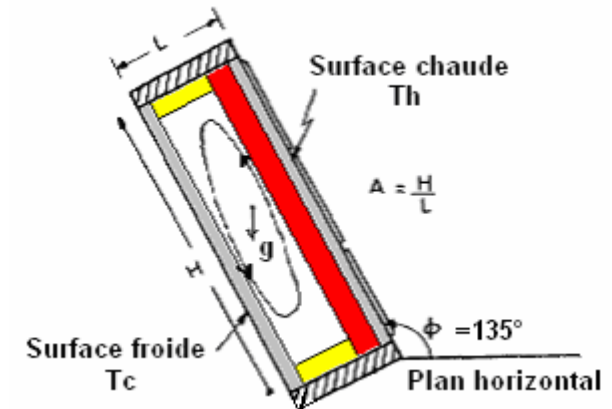
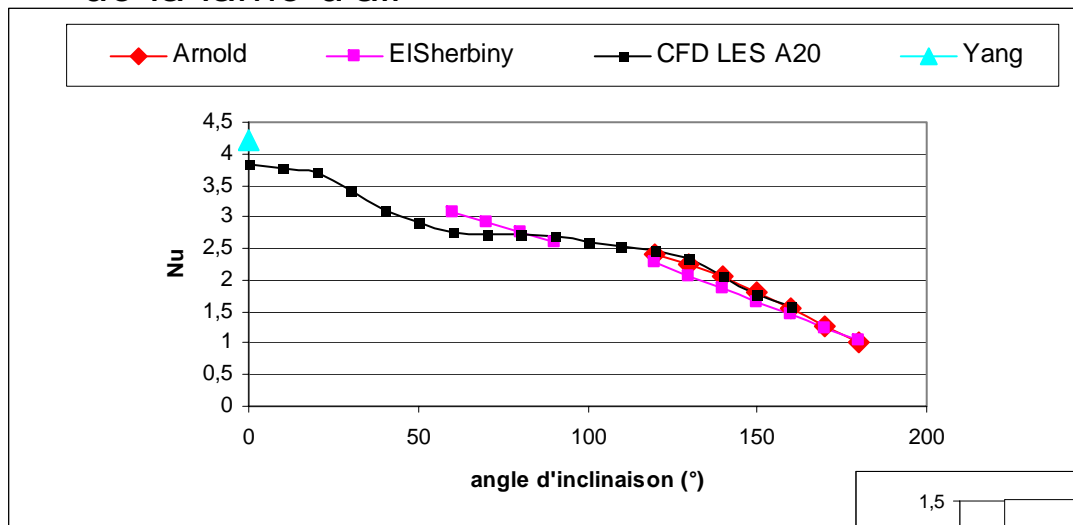
# Modélisation détaillée de parois

L'analyse porte sur :

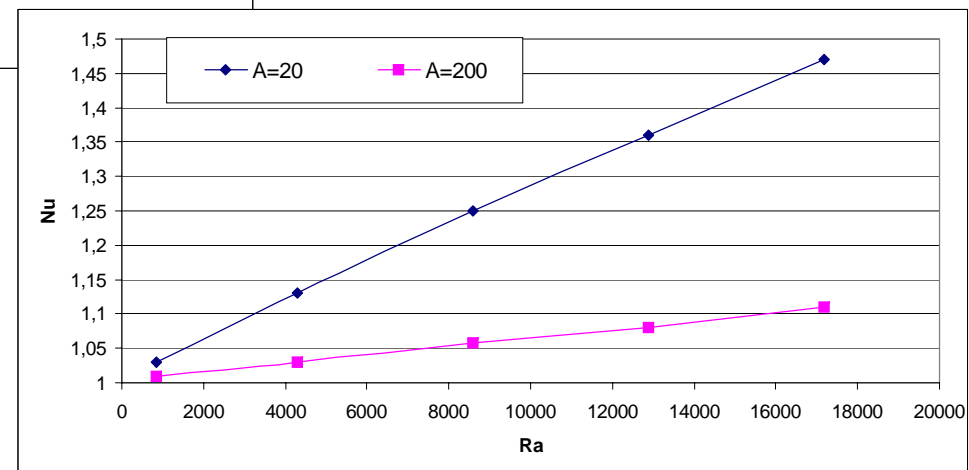
- les rôles de l'inclinaison de la paroi
- le sens du flux thermique
- les propriétés thermophysiques du produit mince réfléchissant

# Modélisation CFD de la convection naturelle dans la lame d'air

Effet de l'inclinaison de la lame d'air



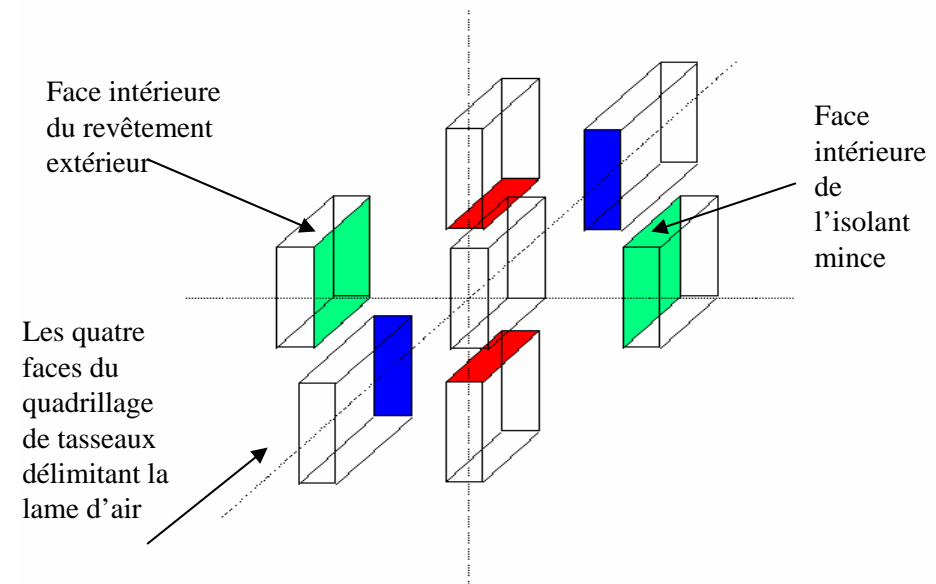
Effet de l'allongement de la lame d'air



# Modélisation dans Modray des échanges radiatifs

- Le logiciel de MODélisation du RAYonnement Modray calcule les facteurs de transfert radiatif  $F_{ij}$  tel que:

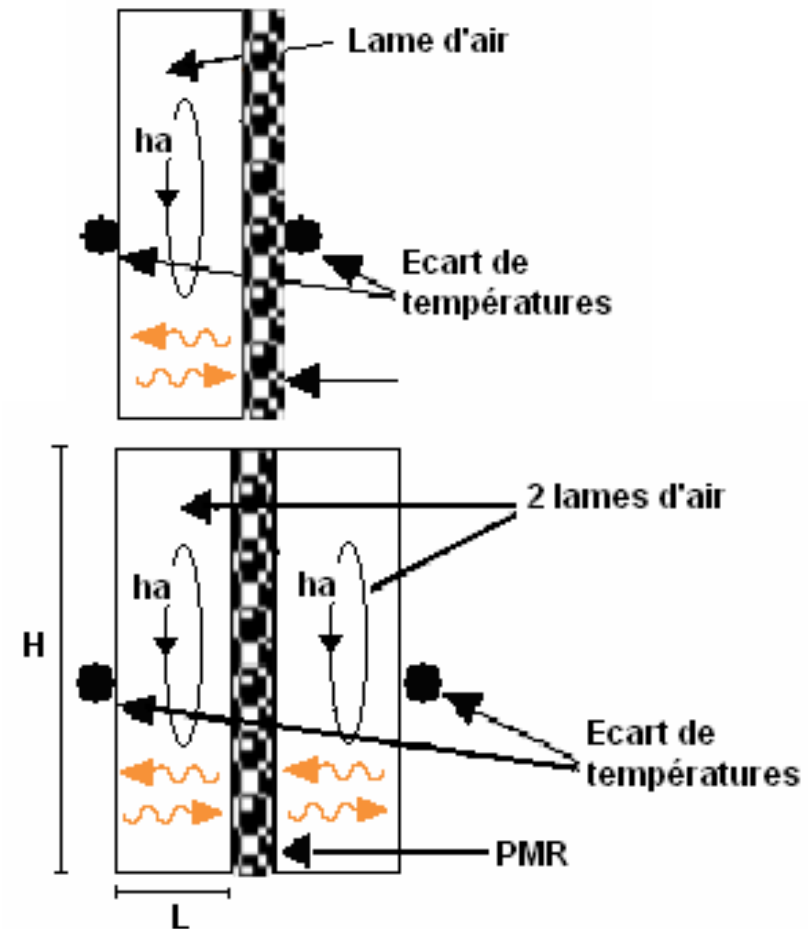
$$\phi_{ij} = F_{ij} \times \sigma \times (T_i^4 - T_j^4) \quad (\text{W})$$



# Modélisation dans Thermette de parois intégrant des PMR

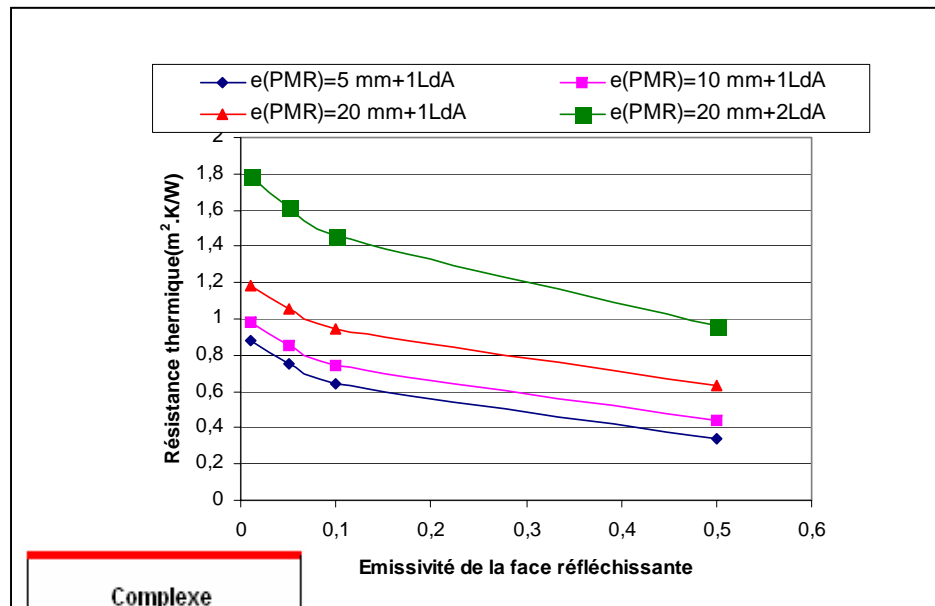
Paramètres intervenant dans le modèle numérique :

- Dimensions de la lame d'air
- Écart de températures imposé
- Emissivité  $\varepsilon$  de la face réfléchissante du PMR
- Inclinaison de la lame d'air



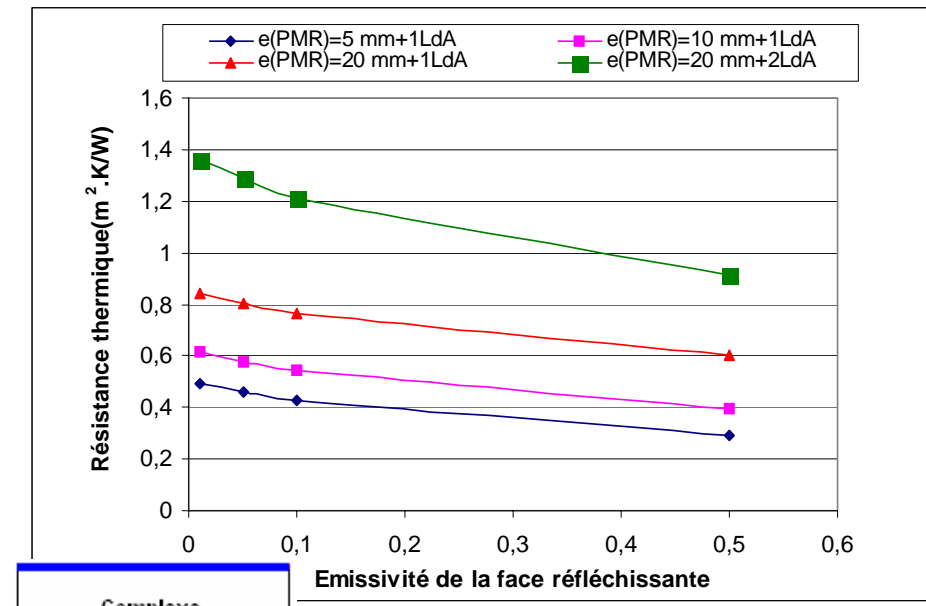
# Résultats et interprétations

## Paroi horizontale



Complexe

Période estivale



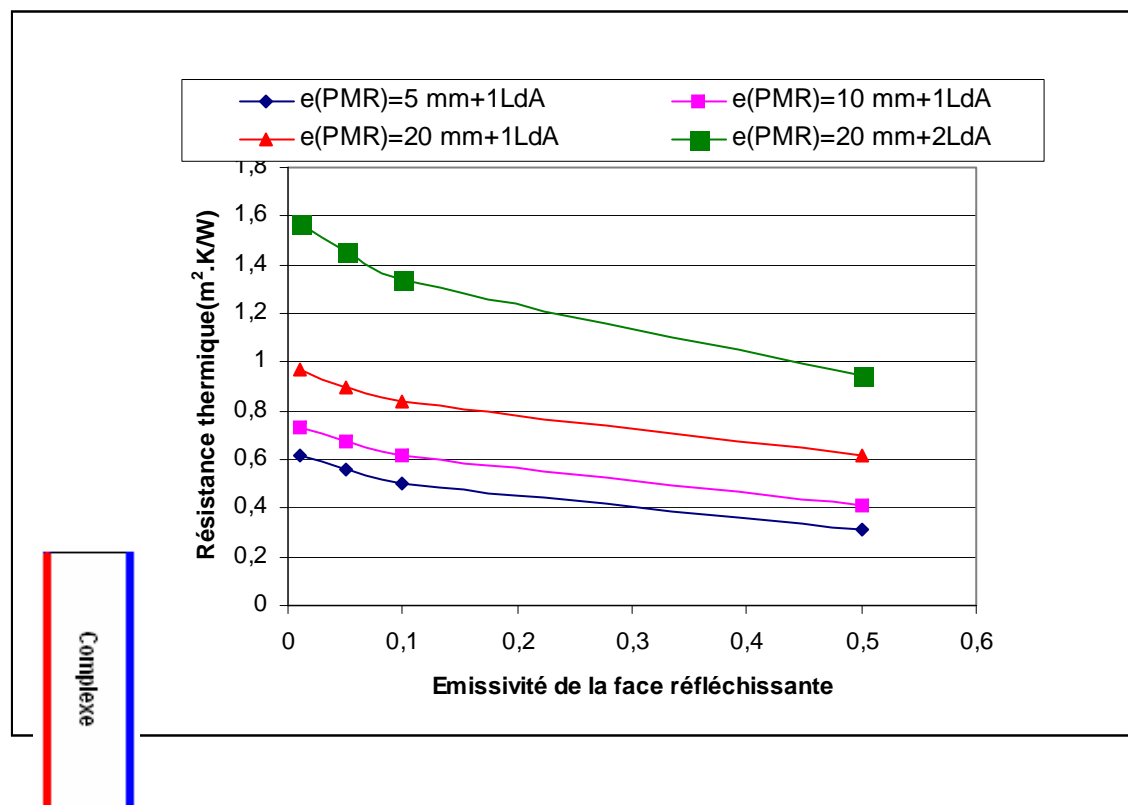
Complexe

Période hivernale



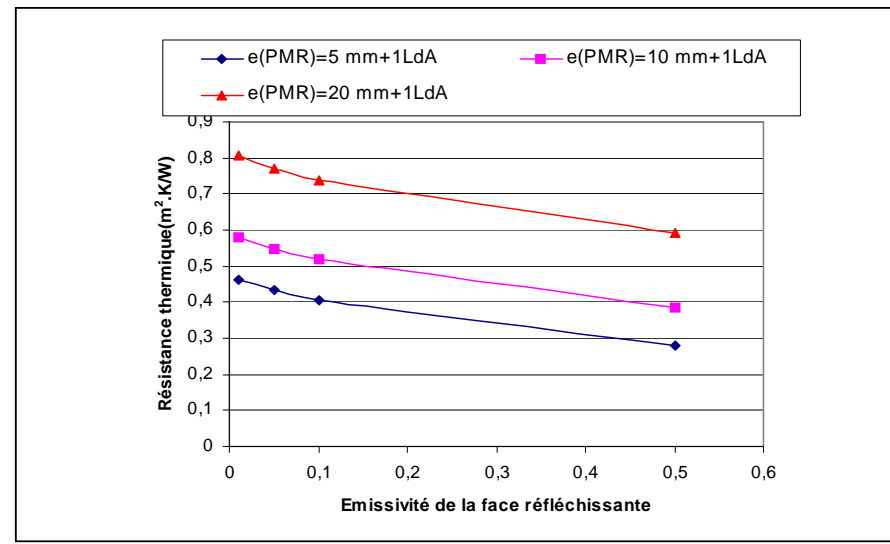
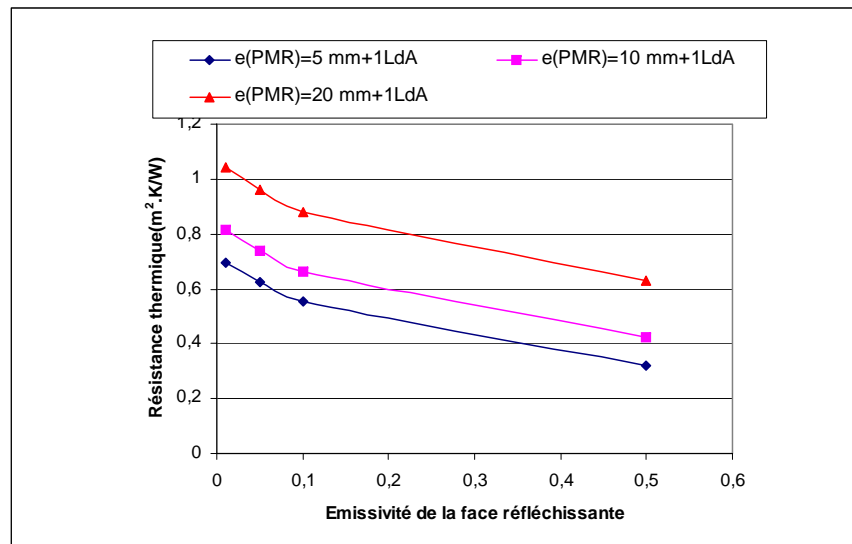
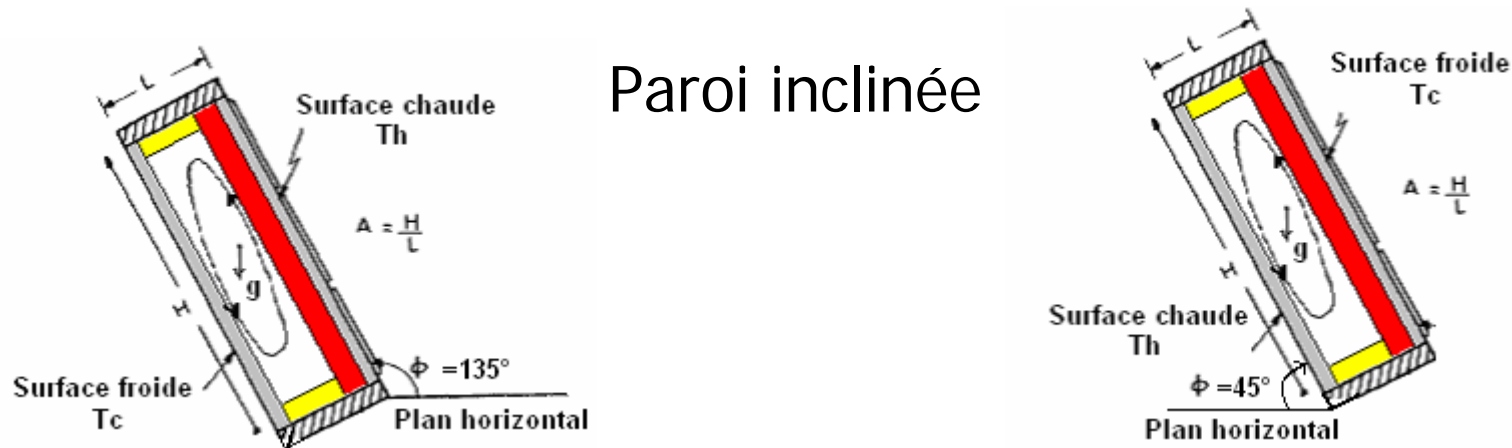
# Résultats et interprétations

## Paroi verticale



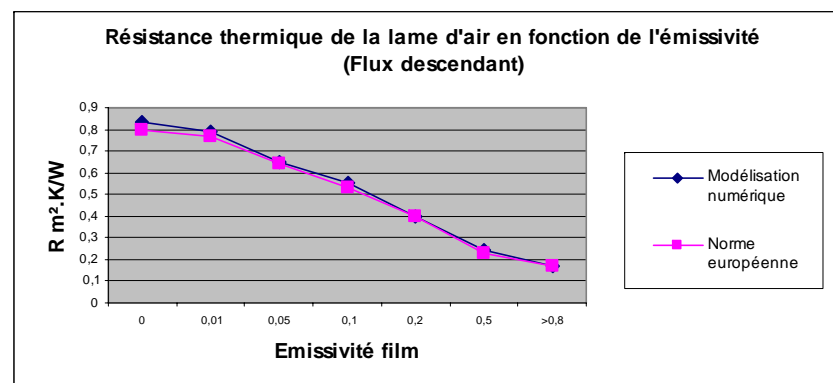
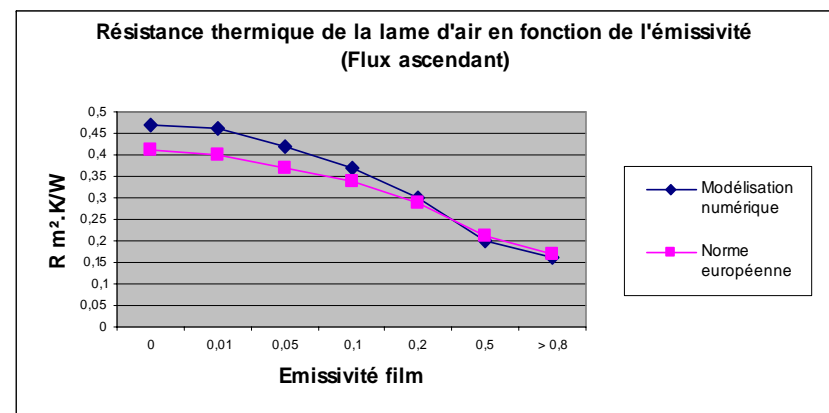
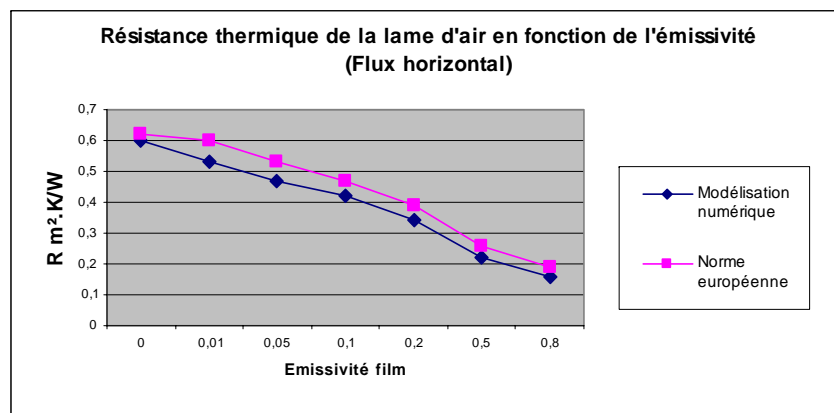
# Résultats et interprétations

## Paroi inclinée



# Comparaison avec la norme européenne

## « paroi »



# Conclusions

- ✓ Paramètres définissant le niveau de la résistance thermique
  - Dimensions et nombre de lames d'air
  - Écart de température
  - Emissivité de la face réfléchissante du PMR
  - Inclinaison de la lame d'air
- ✓ Niveau de résistance thermique globalement faible variant entre 0,8 et 1,8 m<sup>2</sup>.K/W