

Annexe : Rappels de documents importants pour l'Activité n°4 « Isolation thermique d'un studio »

Documents sur la transmission de chaleur par conduction thermique

▼ Doc.4 : La résistance thermique (Définition à savoir)

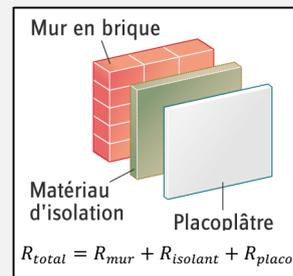
La résistance thermique  $R$  d'une paroi traduit sa capacité à s'opposer au passage de la chaleur. Elle est définie par :

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Avec  $R$  : résistance thermique de la paroi ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )  
 $e$  : épaisseur du matériau ( $m$ )  
 $\lambda$  : conductivité thermique du matériau ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )

**Rappel** : Une paroi plane, dont les deux faces sont à des températures différentes, est le siège d'un transfert thermique par conduction. Ce transfert se fait spontanément de la source chaude vers la source froide et est naturellement irréversible.

**Remarque** : Plus  $R$  est grand, plus le matériau est isolant.



▼ Doc.5 : Le flux thermique et la densité de flux thermique (Définitions à savoir)

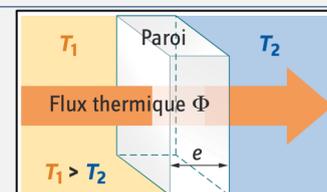
Le flux thermique à travers une paroi (loi de Fourier)

Il permet d'estimer la vitesse à laquelle l'énergie est échangée.

Il correspond à la puissance thermique moyenne. Il est défini par la relation :

$$\Phi = \frac{S \cdot (T_1 - T_2)}{R}$$

Avec  $\Phi$  : flux thermique ( $W$ )  
 $S$  : aire de la surface d'échange ( $m^2$ )  
 $R$  : résistance thermique de la paroi ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )  
 $T_1$  et  $T_2$  : températures de part et d'autre de la paroi telles que  $T_1 > T_2$  ( $^{\circ}C$  ou  $K$ )



L'énergie est transférée de la pièce chaude vers la pièce froide.

Le flux thermique surfacique ou Densité de flux

Il correspond à la puissance thermique par unité de surface, c'est-à-dire par mètre-carré. Il est défini par la relation :

$$\phi = \frac{T_1 - T_2}{R}$$

Avec  $\phi$  : densité de flux thermique ou flux thermique surfacique ( $W \cdot m^{-2}$ )  
 $R$  : résistance thermique de la paroi ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )  
 $T_1$  et  $T_2$  : températures de part et d'autre de la paroi telles que  $T_1 > T_2$  ( $^{\circ}C$  ou  $K$ )  
 (même formule que la précédente mais avec  $S = 1 m^2$ )

Documents sur la transmission de chaleur par convection ou rayonnement thermique

▼ Doc.6 : Résistance thermique d'échange d'une surface (Définition à savoir)

La résistance thermique d'échange superficielle ( $R_{si}$  et  $R_{se}$ ) et coefficient d'échange thermique superficiel ( $h_i$  et  $h_e$ )

La résistance thermique d'échange d'une surface intérieure ( $R_{si}$ ) est égale à l'inverse du coefficient d'échange thermique de surface intérieure  $h_i$ . De même pour la résistance thermique d'échange d'une surface extérieure ( $R_{se}$ ) avec le coefficient d'échange thermique de surface extérieure  $h_e$ .

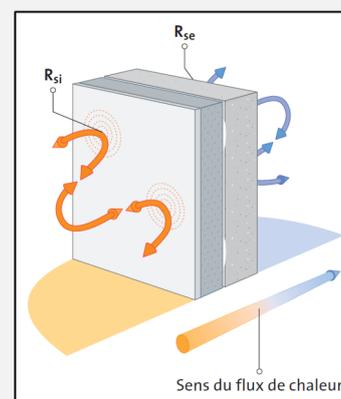
$$R_{si} = \frac{1}{h_i} \text{ et } R_{se} = \frac{1}{h_e}$$

Avec :  $R_{si}$  : résistance thermique d'échange d'une surface intérieure ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )  
 $R_{se}$  : résistance thermique d'échange d'une surface extérieure ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )  
 $h_i$  : Coefficient d'échange thermique de surface intérieure  
 $h_e$  : Coefficient d'échange thermique de surface extérieure

Les différences de valeur entre  $R_{si}$  et  $R_{se}$  ne proviennent pas de la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur mais bien des mouvements d'air plus importants à l'extérieur qu'à l'intérieur, ce qui influence le transfert de chaleur par convection.

Le coefficient d'échange thermique superficiel entre une ambiance intérieure ( $h_i$ ) et une paroi est la somme des quantités de chaleur transmise entre une ambiance intérieure et la face intérieure d'une paroi, par convection et par rayonnement, par unité de temps, par unité de surface de la paroi, et pour un écart de 1 K entre la température de la résultante sèche de l'ambiance et la température de surface.

De même, le coefficient d'échange thermique superficiel entre une paroi et une ambiance extérieure ( $h_e$ ) est la somme des quantités de chaleur transmise entre la face extérieure d'une paroi et une ambiance extérieure, par convection et par rayonnement, par unité de temps, par unité de surface de la paroi, et pour un écart de 1 K entre la température de la résultante sèche de l'ambiance et la température de surface.



▼ Doc.7 : Le flux thermique (Définitions à savoir)

La transmission de chaleur à l'intérieur d'une paroi s'effectue par conduction, mais l'échange de chaleur entre la surface chaude d'une paroi et le fluide dans lequel elle se trouve (l'air) se fait par convection et rayonnement.

On note la température la plus chaude  $T_c$  et la température la plus froide  $T_f$  telles que  $T_c > T_f$ .

Le flux thermique a pour expression :

$$\Phi = \frac{S \cdot (T_c - T_f)}{R_s}$$

Avec

$\Phi$  : flux thermique (W)

$S$  : aire de la surface d'échange ( $m^2$ )

$R_s$  : résistance thermique d'échange d'une surface ( $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ )

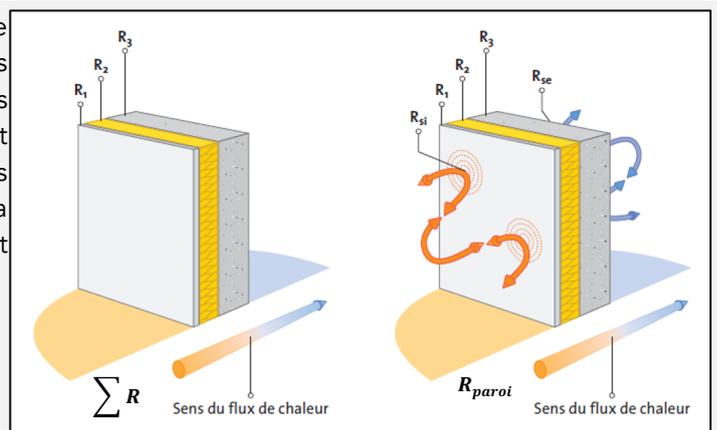
$T_c$  et  $T_f$  : température  $T_c > T_f$  ( $^{\circ}C$  ou  $K$ )

Documents sur la transmission de chaleur dans un cas général (par conduction, convection et rayonnement)

▼ Doc.8 : Résistance thermique globale

La résistance thermique totale d'une paroi homogène caractérise la somme des transferts de chaleur réalisés par conduction au sein des matériaux et des échanges thermiques superficiels réalisés par convection et rayonnement. Elle se calcule en additionnant les résistances thermiques des différents constituants de la paroi et les résistances superficielles correspondantes et s'exprime en  $m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$ .

$$R_{paroi} = R_{si} + R_{se} + \sum R$$



Documents sur la transmission de chaleur par rayonnement

▼ Doc.9 : Le rayonnement thermique

Puissance rayonnée par un corps

Un corps porté à une température  $T$  émet un rayonnement électromagnétique. La puissance rayonnée par une surface  $S$  ou flux thermique, se calcule à partir de la loi de Stefan (modèle du corps noir) :

$$\Phi = \sigma \times S \times T^4$$

Avec

$\Phi$  : puissance rayonnée (W)

$\sigma$  : constante de Stefan,  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$

$S$  : aire de la surface qui rayonne ( $m^2$ )

$T$  : température du corps qui rayonne (K)

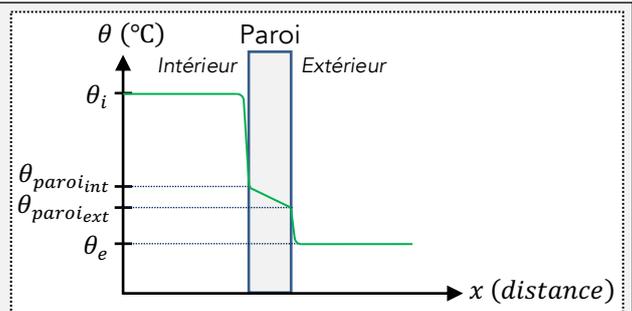
On peut aussi définir l'émittance  $M$  (en  $W \cdot m^{-2}$ ) qui désigne le flux émis par unité de surface, telle que :  $M = \sigma \times T^4$  (avec les mêmes unités que précédemment).

Faire un profil de température

▼ Doc.10 : Profil de température

Lorsqu'une paroi sépare deux milieux de températures différentes comme pour une salle de classe ( $\theta_i$  pour l'intérieur et  $\theta_e$  pour l'extérieur), il se crée un flux thermique à travers la paroi. Si  $\theta_i > \theta_e$ , la température interne de la paroi et la température externe de cette paroi sont telle que :  $\theta_{paroi_{int}} > \theta_{paroi_{ext}}$  (et inversement si  $\theta_i < \theta_e$ ).

On peut alors tracer ce qu'on appelle le profil de température ci-contre.



La température intérieure chute brutalement lorsqu'on arrive vers la surface intérieure de la paroi, elle continue de diminuer légèrement de façon linéaire dans la paroi, puis chute brutalement au niveau de la surface extérieure.