

## *Le four solaire*



# *Sommaire*

- I. Introduction
- II. Modélisation du four solaire
- III. Etude théorique et exploitation
- IV. Expérimentations
- V. Conclusion

## **Une première approche...**



- Etude thermique
- Conversion d'énergie

- Intérêt domestique
- Cuisson des aliments



**Problématique retenue :**

**De quelle manière et dans quelle mesure peut-on optimiser un four solaire ?**

Quelques critères que l'on souhaite voir réalisés :

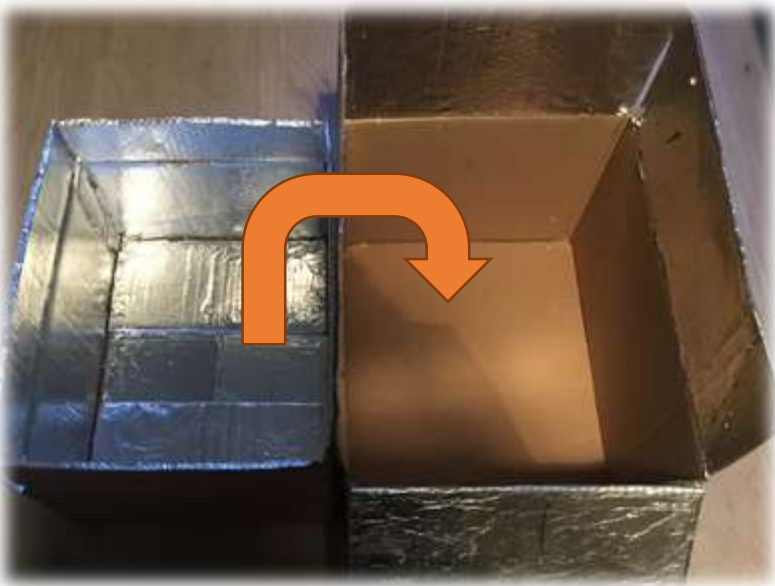
- **Température maximale** la plus grande possible
- **Augmentation de la température** en un minimum de temps
- **Rendement** élevé

*Introduction*

*Modélisation*

*Théorie*

*Expérimentations*



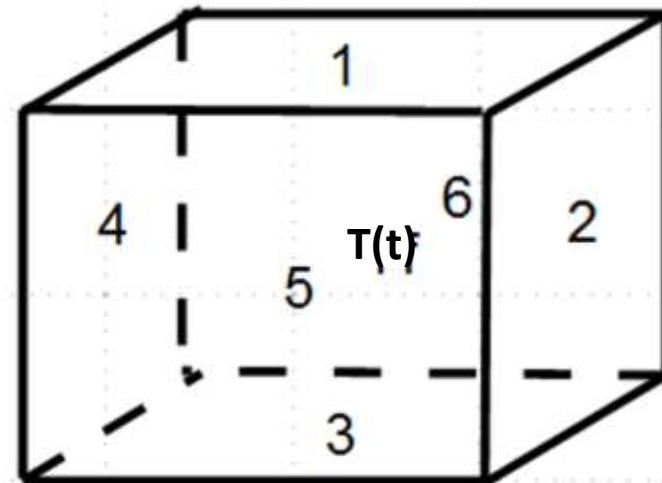
- Emboîtement de deux boîtes en carton
- Couverture en aluminium

## **Amorçage de l'étude...**

**But** : trouver le profil de température  $T(t)$  au sein du four

**Hypothèses simplificatrices** :

- Chaque face est isolée
- La température est uniforme à l'intérieur du four
- Seule la température dépend du temps
- L'air est considéré comme un gaz parfait



Text

- 1<sup>er</sup> principe de la thermodynamique au système fermé {four+air interne} :

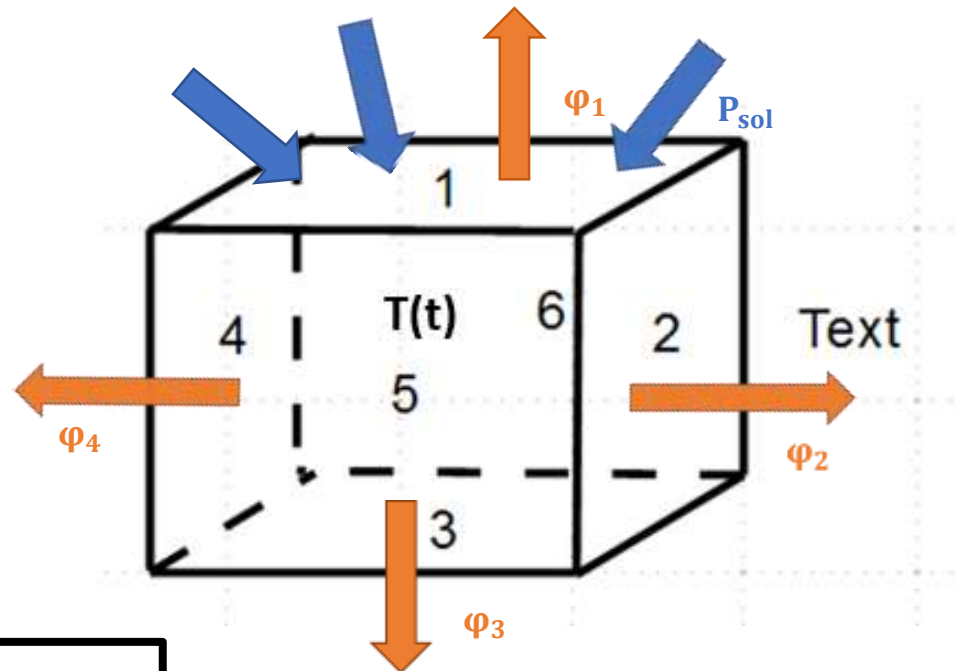
$$dU = \delta W + \delta Q$$

- Energie interne pour un gaz parfait :

$$dU = C_{\text{four+air}} dT$$

- Loi de Newton :

$$\varphi_n = R_{\text{th}_n} (T(t) - T_{\text{ext}}) \\ (n \in [1,6])$$

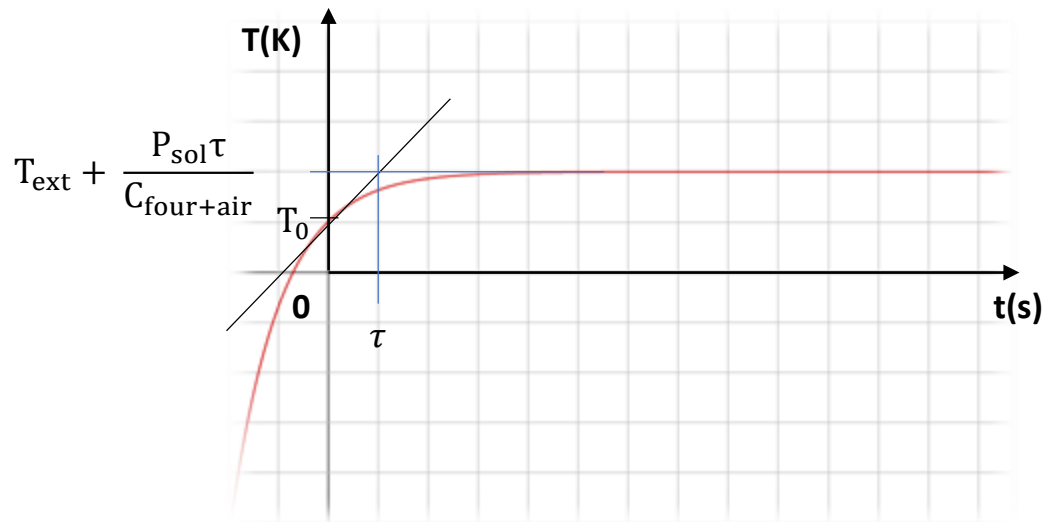


➔  $C_{\text{four+air}} \frac{dT}{dt} = P_{\text{sol}} - R_{\text{th}_{\text{eq}}} (T(t) - T_{\text{ext}})$

## Profil de température :



$$T(t) = T_0 e^{-\frac{t}{\tau}} + \left( T_{\text{ext}} + \frac{P_{\text{sol}} \tau}{C_{\text{four+air}}} \right) (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ avec } \tau = R_{\text{th eq}} \cdot C_{\text{four+air}}$$

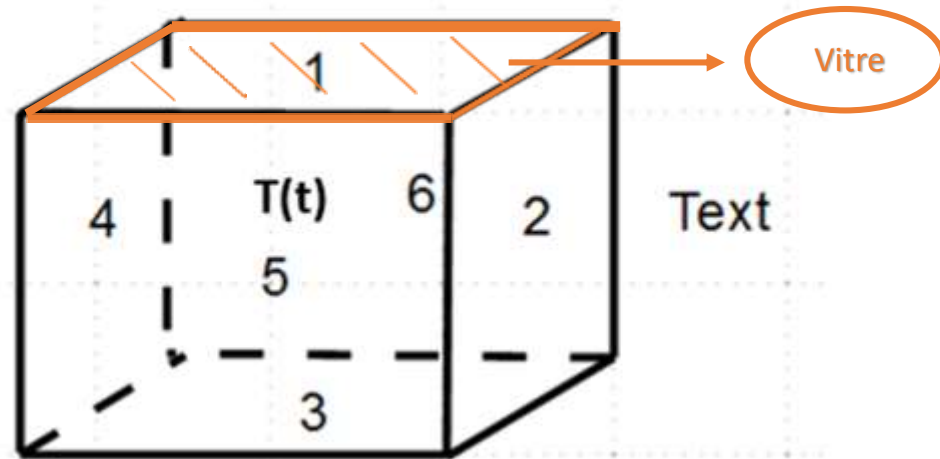


➤ Inconvénient  
vis-à-vis de  $\tau$



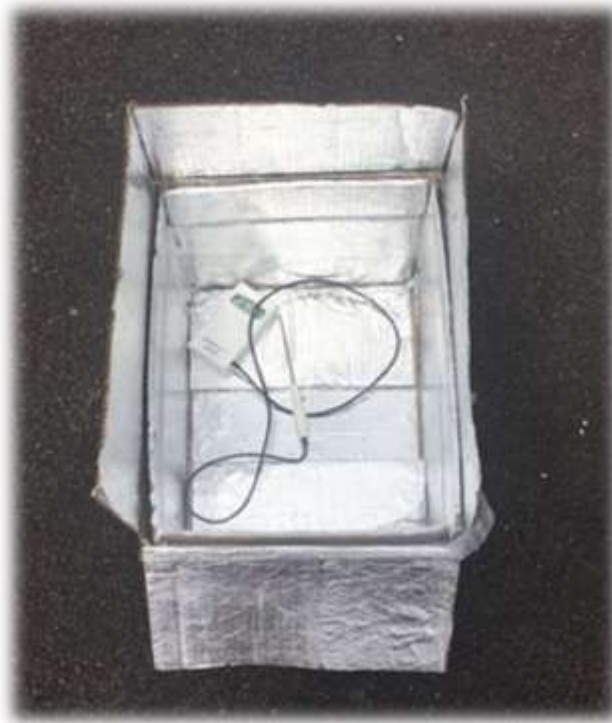
## Ajout d'une vitre...

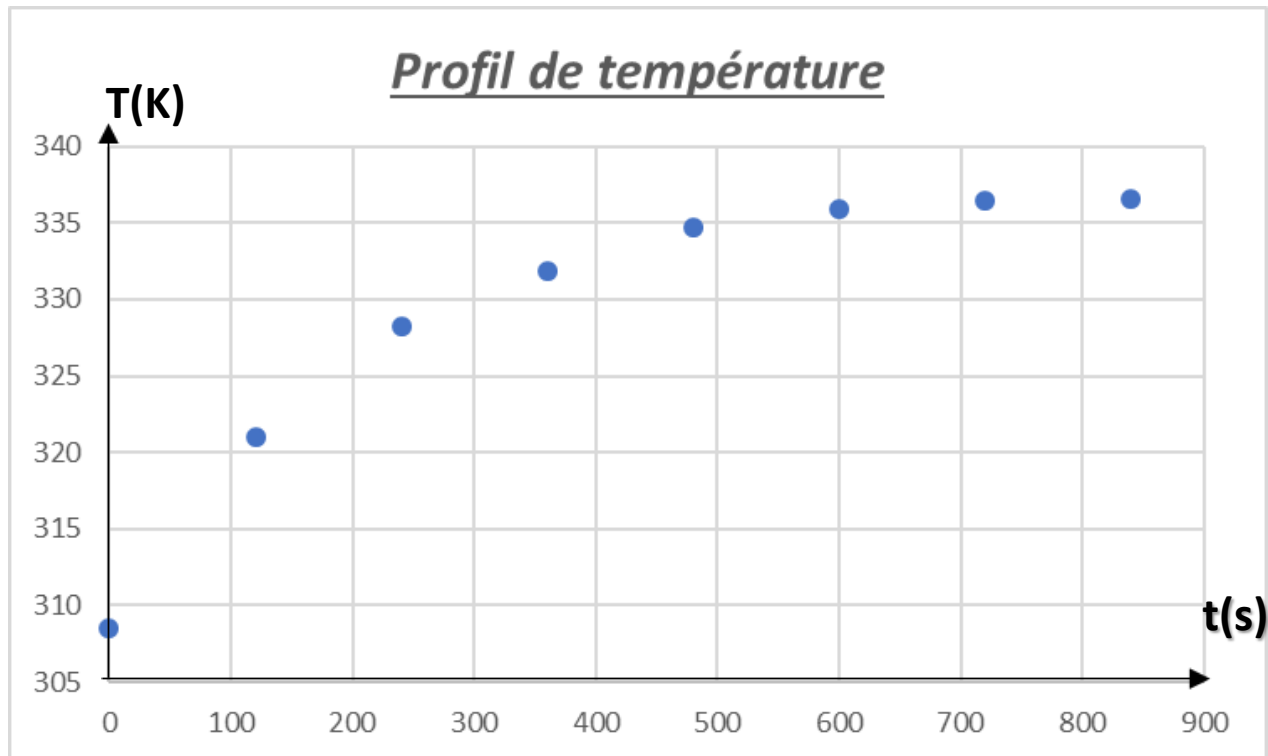
- Vitre sur la face 1 et carton sur les faces 2 à 6
- Respect de la théorie
- Présente des **avantages** et des **inconvénients**



**Théoriquement :**

- **$\tau = 144\text{s}$  donc régime permanent à  $5\tau = 12 \text{ minutes}$**





Apparition du **régime permanent** à environ **12 minutes** ->  $\tau = 144\text{s}$   
De plus,  $T_{\text{max}} \sim 336\text{ K}$  donc expérimentalement on trouve  $P_{\text{sol}} = 862\text{ W}$

## Ajout de polystyrène...

- Vitre sur la face 1 et carton + polystyrène sur les faces 2 à 6

- Attendus théoriques :

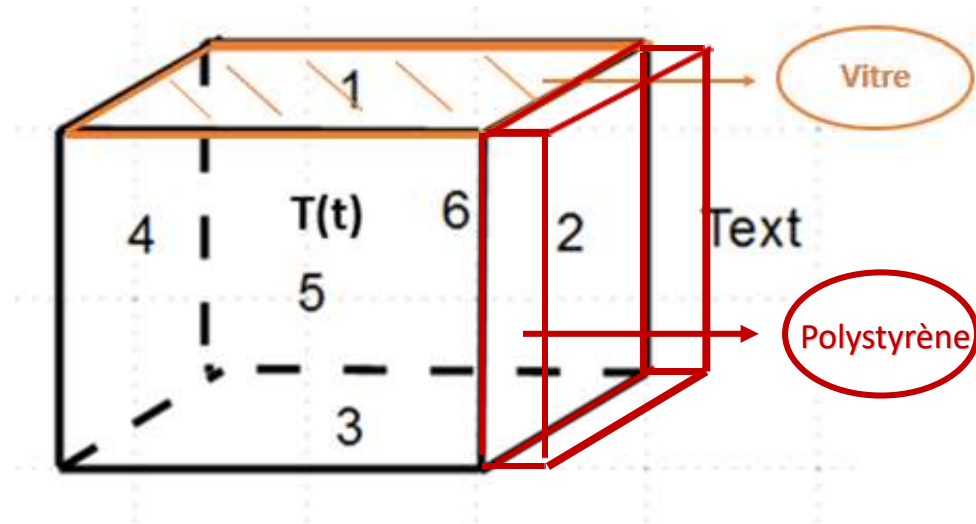
Augmentation de la résistance thermique  
et de capacité thermique totale



Augmentation de la constante  
de temps



Température maximale plus élevée mais croissance moins rapide de la température



*Introduction*

*Modélisation*

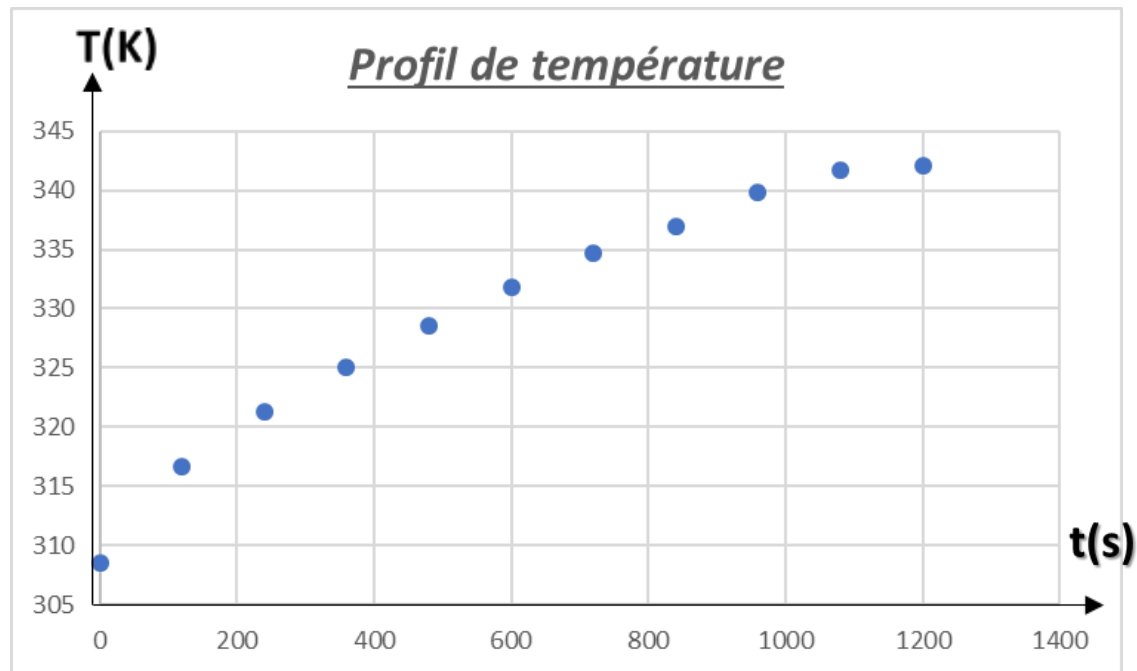
*Théorie*

*Expérimentations*

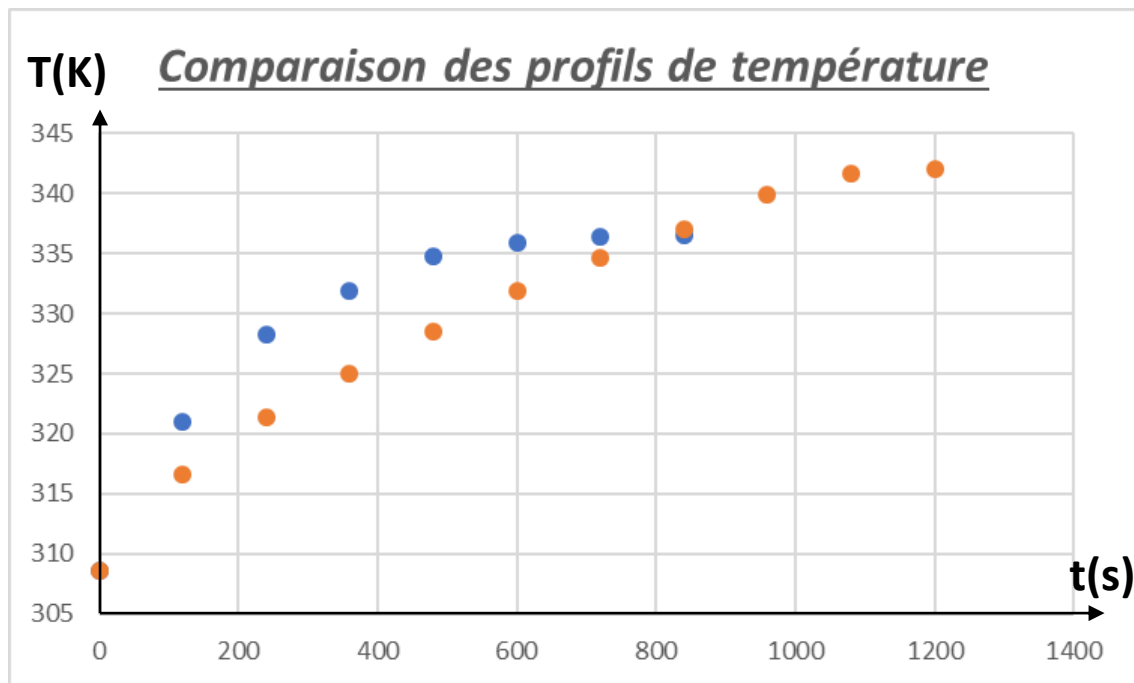
**Théoriquement :**

- **$\tau = 169\text{s}$  donc régime permanent à  $5\tau \sim 14 \text{ minutes}$**





- **Température plus grande** mais sa **croissance** au cours du temps **est plus faible**
    - Apparition du **régime permanent** à environ **18 minutes** ->  $\tau = 220$  s
- De plus,  $T_{\max} \sim 342$  K donc expérimentalement on trouve  $P_{\text{sol}} = 848$  W



**Concordance avec le modèle théorique** mais attention car on a un **petit écart vis-à-vis de la puissance solaire délivrée au four**

*Introduction*

*Modélisation*

*Théorie*

*Expérimentations*


## *Quelques calculs d'efficacité...*

*Par définition :*

$$e = \frac{P_{\text{utile}}}{P_{\text{couteuse}}} = \frac{P_{\text{entrée}} - P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}$$

*Ici :*

$$e = 1 - \frac{T(t) - T_{\text{ext}}}{R_{\text{theq}} P_{\text{sol}}}$$



	$R_{\text{theq}}$ (K.W <sup>-1</sup> )	$P_{\text{sol}}$ (W)	$T_{\text{max}}$ (K)	e
Sans polystyrène	0,039	862	336	~ 6%
Avec polystyrène	0,043	848	342	~ 0%



# *Conclusion*

- **Résultats** théoriques et expérimentaux **concluants** :
  - **Profils de température** respectés
  - **Compromis** entre croissance de la température et température maximale
  
- Aucune conclusion possible sur les **rendements** :
  - **Rendements** beaucoup **trop faibles**
  
- **D'autres possibilités d'action** :
  - **La vitre** peut être remplacée
  - **Etude optique** possible

# Annexe

## Calcul des constantes de temps théoriques :

Dimensions de chaque face :

	Face 1	Faces 2 et 4		Face 3		Faces 5 et 6	
	Vitre	Carton	Poly.	Carton	Poly.	Carton	Poly.
L (m)	0,005	0,014	0,035	0,014	0,035	0,014	0,035
S (m <sup>2</sup> )	0,38	0,16	0,16	0,38	0,38	0,16	0,16
	X	X	X	X	X	X	X
	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,38	0,38
$\lambda$ (WK <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )	1,00	0,11	0,033	0,11	0,033	0,11	0,033

# Annexe

## Calcul des constantes de temps théoriques :

Capacités thermiques :

	Capacité (J.K <sup>-1</sup> )
$C_{\text{air}}$	23
$C_{\text{vitre}}$	1026
$C_{\text{carton}}$	2600
$C_{\text{poly}}$	240

Sans polystyrène :  $C_{\text{boîte}} = 3649 \text{ J.K}^{-1}$

Avec polystyrène :  $C_{\text{boîte}} = 3889 \text{ J.K}^{-1}$

# Annexe

## Calcul des constantes de temps théoriques :

Capacités thermiques :

	$R_1$	$R_{24}$	$R_3$	$R_{56}$	$R_{theq}$ (K W <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup> )
Sans polystyrène	0,044	2,65	1,12	2,09	<b>0,039</b>
Avec polystyrène	0,044	24,75	10,42	19,53	<b>0,043</b>

Sans polystyrène :  $\tau = 144s$

Avec polystyrène :  $\tau = 169s$