

ECOLE POLYTECHNIQUE
THIES

PROJET DE FIN D'ETUDE

CUISINIÈRE SOLAIRE A
ACCUMULATION

Gm. 9302

AUTEUR
Aly SARR

DIRECTEUR
Michel PETITEAU

DEPARTEMENT MECANIQUE

Juin 82

ECOLE POLYTECHNIQUE
THIÈS

PROJET DE FIN D'ETUDE

CUISINIÈRE SOLAIRE A
ACCUMULATION

7-32

AUTEUR
Aly SARR

DIRECTEUR
Michel PETITEAU

DEPARTEMENT MECANIQUE

Juin 82

DEDICACÉ

A mes parents et
A tous ceux qui de pres ou de
loin ont contribue au bon
deroulement de mes etudes .

REMERCIEMENTS

Mes sincères remerciements au professeur
Michel Patiteau qui n'a cessé de me porter
conseil et assistance dans l'accomplissement de ma
Tâche,

Au service bibliothécaire pour la documentation mise
à ma disposition

A l'imprimerie pour les services rendus

A la communauté étudiante de l'école pour
son apport tant matériel que moral

Et plus particulièrement au technicien

FRANÇOIS HOUMAIRE .

LISTE DES SYMBOLES

- ρ_{ref} : réflectivité des miroirs
- θ : angle d'inclinaison des miroirs
- G : insolation globale de la terre
- α_v : absorptivité du verre
- h_o : Coefficient de transfert par convection au dessus du verre
- h_v : coefficient \swarrow par convection sur la face interne du verre
- ϵ_v : émissivité du verre
- τ_v : Transmissivité du verre
- α_g : absorptivité du gravier
- ϵ_g : émissivité du gravier
- ρ_g : réflectivité du gravier
- ρ_v : réflectivité du verre
- h_g : Coefficient de transfert par convection sur le gravier
- ρ_{al} : réflectivité de l'aluminium poli
- k : conductivité thermique de la laine de verre.
- A_v : surface du verre correspondant à l'ouverture du four.
- A_g : surface du lit de gravier
- T_a : Température de l'air confiné
- T_v : Température du verre (face interne)
- T_g : Température du gravier

E_r : énergie globale reçue par le verre

E_1 : rayonnement direct sur le verre

E_2 : rayonnement réfléchi sur le verre

$F_g \rightarrow v$ facteur de forme entre le gravier et le verre

A_{refl} surface du réflecteur

T_{∞} température des hautes couches de l'atmosphère.

SOMMAIRE

Résumé 1

Introduction 3

Rappel sur le transfert de chaleur

- conduction 5
- convection 6
- Rayonnement 9
- Rayonnement solaire 11

Etude du deuxieme prototype

- Constitution 14
- Relecteur 14
- Fonctionnement du Cuiseur 15
- insolation de la vitre 16
- evaluation des temperatures t_a, t_g, t_v
- bilan sur verre 16
- bilan sur gravier 17
- bilan sur l'air confiné 18
- Résolution numérique 19

Etude du premiercuiseur apres modifi-
cation

- Insolation recue par le verre 25
- Evaluation de t_g, t_a, t_v 26
- Resolution numerique 27
- tableau des resultats 29

Experimentation des cuisieurs

- tableau des mesures 30

ANNEXE

Rayonnement

Concept de corps noir _ _ _ _ _ 43

Concept de corps gris _ _ _ _ _ 46

Facteur de forme _ _ _ _ _ 46

Rayonnement entre surface _ _ _ _ _ 47

Evaluation de Certains Parametres _ _ _ _ _ 49

Valeur de quelques parametres _ _ _ _ _ 53

Insolation du cuiseur modifié _ _ _ _ _ 54

Pertes par conduction _ _ _ _ _ 55

 pertes sur le deuxieme cuiseur _ _ _ _ _ 55

 pertes sur le cuiseur modifié _ _ _ _ _ 57

CONCLUSION _ _ _ _ _ 59

REFERENCES _ _ _ _ _ 61

PRELIMINAIRE

RESUME

Le but de cette étude est de donner une possibilité d'utilisation de l'énergie solaire à des fins culinaires. Pour ce faire nous avons retenu le principe de l'accumulation de l'énergie de rayonnement provenant du soleil sous forme de chaleur caractérisée par la température atteinte dans le jour.

Les moyens développés pour atteindre notre objectif sont caractérisés en grande partie par le cuisinier solaire qui dans l'esprit de sa conception est d'un fonctionnement simple. En effet il s'agit en principal de capter l'énergie des rayons solaires mais surtout d'en assurer son accumulation et ensuite de minimiser les pertes à l'entourage.

Un premier prototype a été étudié par l'élève ingénieur mamadou sow en juin 1990. Il prévoyait l'obtention de température de l'ordre de 200°C dans le jour; Une expérimentation du cuisinier nous amena à des résultats en deçà de nos espoirs car nous n'avons pu atteindre que des températures de l'ordre de 60% des résultats théoriques.

En outre il faut dire que l'utilisation pratique de ce premier prototype causerait en soi beaucoup de problèmes sinon favorisant de trop les pertes de chaleur en regard à la complexité des opérations à effectuer pour avoir

accès au feu.

Aujourd'hui alors notre tâche principale est d'améliorer la performance du cuisinier solaire du point de vue énergétique et dans les modalités de son utilisation.

INTRODUCTION

« la consommation à outrance des énergies d'origine potentielle de la terre contribuerait inéluctablement à rompre l'équilibre de température du milieu dans lequel vivent les écosystèmes et à entraîner leur disparition. »

Allié à ceci, le choc pétrolier des années 70-80 ressenté de partout et qui a vu l'économie mondiale se déséquilibrer brutalement, insuffla une nouvelle dynamique dans la recherche de prime d'énergies moins coûteuses et d'une abondance considérable.

Mais le remplacement des sources conventionnelles par des sources d'énergies dites nouvelles ne peut être permis que si ces sources sont renouvelables, de puissance suffisamment importante et non polluantes à l'échelle de l'emploi. Dès lors pourrions-nous songer à l'utilisation des géothermiques, des éoliennes ... etc. Cependant comme l'énergie des marées, les géothermiques et les éoliennes ne peuvent être que des énergies d'appoint en raison de l'ordre de grandeur des puissances mises en jeu. Reste l'énergie solaire comme énergie primaire non extraite de la terre, cependant bien que inépuisable, le solaire est une énergie de puissance limitée qui entre aussi dans le bilan énergétique terrestre. Dès lors des précautions

4

doivent être prises dans sa transformation.

Des estimations portent à 30.000 GW la puissance dont devra disposer l'homme du 21^e siècle pour sa consommation. Cette puissance étant 3500 fois plus faible que celle que reçoit le globe terrestre, sous réserve d'une étude écologique minutieuse nous pourrions admettre que l'utilisation de $\frac{1}{1000}$ de la puissance incidente solaire n'aurait aucune action néfaste sur la climatologie en supposant l'emploi des conversions à 30% de rendement. Ces quelques constatations démontrent si nécessaire était combien le solaire pourrait contribuer demain à l'évolution de l'univers.

Un des problèmes cruciaux à résoudre pour une utilisation adéquate du solaire est sa conversion d'une part, son accumulation et l'élimination des pertes de l'énergie captée.

Les deux termes accumulation et élimination des pertes sont les mots directeurs de notre étude. Pour mieux appréhender les moyens utilisés pour aboutir à nos objectifs, passons un peu en revue les différentes méthodes de transfert de chaleur.

ETUDE - THEORIQUE

RAPPEL SUR LE TRANSFERT DE CHALEUR

Conduction

La Conduction est l'unique mode de transfert de chaleur dans un solide opaque. Le flux de chaleur s'écoule des régions à hautes températures vers les régions à basses températures résultant du contact entre les molécules du milieu.

La loi de Fourier est la relation qui relie la vitesse de transfert à la distribution de température dans le milieu. Une étude du transfert de chaleur par conduction pourrait se faire selon trois axes.

① la conduction où la température n'est fonction que d'une direction; On dira que nous avons une conduction unidimensionnelle en régime permanent

② la conduction où la température est fonction de deux ou trois directions: c'est la conduction dite bi et tri-dimensionnelle en régime permanent.

③ la conduction en régime variable.

En regard à la grandeur des dimensions du cuiseur étudié et du fait que nos calculs sont basés sur un ensoleillement moyen supposé constant à longueur de journée, nous pourrions nous limiter à la conduction unidimensionnelle

En régime permanent pour prédire le comportement thermique de la cuisinière.

d'équation fondamentale de transfert serait alors

$$q = - \frac{k A dT}{dx}$$

où

k = Conductivité thermique du milieu $\frac{W}{m \cdot ^\circ K}$

A = Surface de transfert m^2

$\frac{dT}{dx}$ = distribution de température $\frac{^\circ K}{m}$

Convection

La convection est le mode de transfert entre un fluide et un solide en contact direct. Bien qu'étant un phénomène de notre vie de tous les jours, la convection n'en est pas moins compliquée. Les mécanismes de la convection sont difficiles à maîtriser; ils sont liés à la mécanique des fluides.

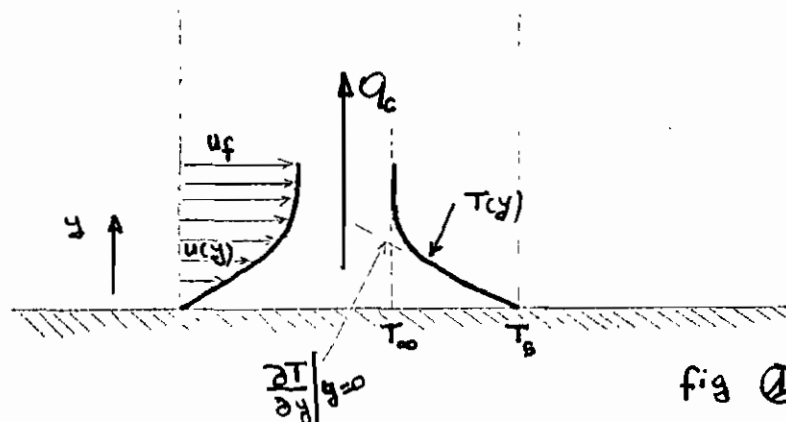


fig ①

Observons de près le comportement de la plaque (fig 1) refroidie par de l'air. Un point important à noter est la diminution de la vitesse du fluide au niveau de la plaque; diminution due aux frottements.

Si le film d'air adjacent à la plaque a une vitesse nulle, le transport de chaleur entre la surface et le film se ferait par conduction

$$q_c = -k_f \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0} = h_c (T_s - T_\infty)$$

Ainsi le gradient de température de la plaque dépend de la vitesse d'écoulement du fluide. Nous distinguons; dépendant de la nature de l'écoulement; deux sortes de convection: la convection forcée et la convection libre. Dans le cas de la convection libre, la vitesse augmente au fur et à mesure que nous nous éloignons de la surface du fait de la diminution plus rapide des frottements par rapport à la différence de densité. Le profil de température reste identique à celui donné par la convection forcée; Cependant la vitesse du fluide atteint un maximum avant de s'annuler à des distances éloignées de la plaque. (Voir figure 2)

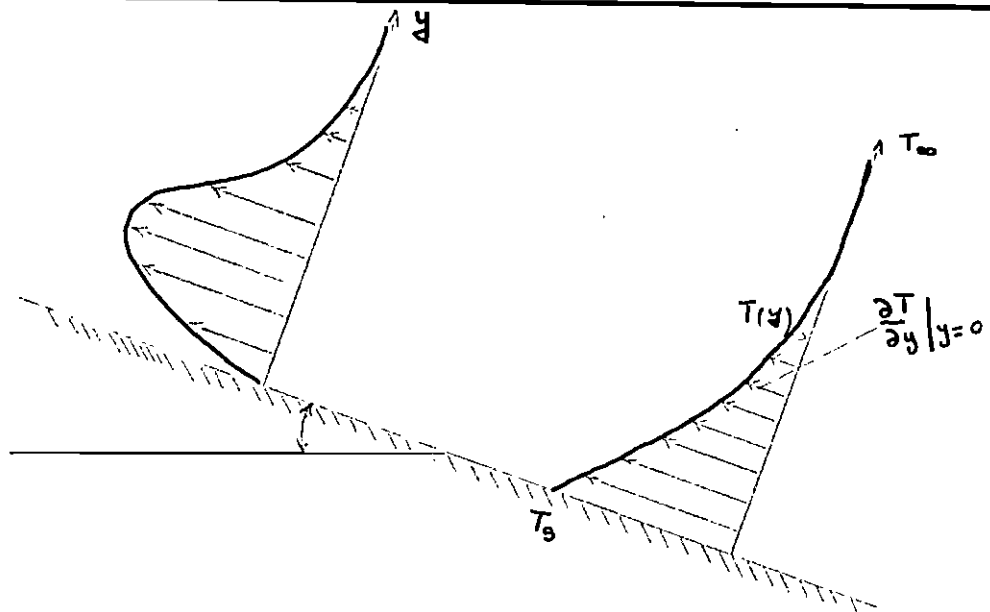


fig ②

notre développement nous permet de constater que la convection est un phénomène qui dépend de densité, de la viscosité et de la vitesse d'écoulement du fluide.

la loi de transfert par convection dite loi de Newton est donnée par: $\bar{h}_c A (T_s - T_{\infty}) = Q_c$

\bar{h}_c : $\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K}$ Coefficient de transfert par convection

A : m^2 surface d'échange

T_s : $^\circ K$ température de la surface solide

$T_{\infty} \equiv T_{f\infty}$: $^\circ K$ température du fluide à une distance éloignée de la surface solide.

la complexité dans l'étude du mode de transfert qui est la convection réside dans la détermination du coefficient de transfert \bar{h}_c . Une méthode analytique a été développée pour le calcul de \bar{h}_c ; cependant dans les applications de l'engineering nous nous servons de corrélation où \bar{h}_c est

déterminé de façon empirique par une combinaison de l'analyse dimensionnelle et de l'expérimentation. Des tableaux et graphes ont été établis pour la détermination du coefficient de transfert et nous en ferons usage.

Rayonnement

Le rayonnement est un mode de transfert caractérisé par un transport d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques. La théorie corpusculaire et celle ondulatoire sont à la fois utilisées pour une explication du rayonnement thermique.

Pour la théorie ondulatoire : le rayonnement est une onde voyageant à la vitesse $C = \lambda \nu$ où λ est la longueur d'onde et ν la fréquence.

Par la théorie corpusculaire nous appréhendons la quantité d'énergie susceptible d'être mise en jeu. En effet celle-ci - l'énergie de rayonnement - est transportée sous forme de photons ; chaque photon voyageant à la vitesse de la lumière avec un niveau d'énergie $e = h \nu$ où h est la constante de PLANCK.

Le rayonnement thermique résultant d'une élévation de température dans un corps se situe entre les longueurs d'onde 10^{-7} m et 10^{-4} m.

À une même température, les corps n'ont pas tous la même capacité d'émission ou d'absorption. Cette constatation est à l'origine de nombreux concepts : (voir Annexe).
L'énergie totale rayonnée par unité de surface par une surface à une température T est donnée par la loi de Stefan - Boltzmann

Pour un corps noir cette énergie est :

$$E_b(T) = \sigma T^4$$

où $E_b(T) \equiv \text{W/m}^2$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

Le transfert net d'énergie entre deux surfaces 1 et 2

$$\begin{aligned} q_{1 \rightarrow 2} &= A_1 F_{1 \rightarrow 2} E_{b1} - A_2 F_{2 \rightarrow 1} E_{b2} \\ &= A_1 F_{1 \rightarrow 2} (E_{b1} - E_{b2}) \end{aligned}$$

$A_1 F_{1 \rightarrow 2}$ étant identique à $A_2 F_{2 \rightarrow 1}$
pour des corps gris cette relation devient :

$$(q_1)_{\text{net}} = \frac{E_{b1} - E_{b2}}{\frac{1}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_1 F_{1 \rightarrow 2}} + \frac{1}{\epsilon_2 A_2}}$$

Rayonnement Solaire

Le soleil est un corps noir rayonnant à une température de 5762°K . Ainsi l'énergie totale émise par le soleil est évaluée à 3.8×10^{26} W dont une partie est reçue par la terre. De là on définit la constante solaire I_{cs} comme l'énergie solaire par unité de temps reçue par unité de surface de la terre perpendiculaire aux radiations à une distance égale à la distance moyenne terre-soleil et en absence de l'atmosphère. 99% du rayonnement direct émis par le soleil se situe entre les longueurs d'onde de $0.1 \mu\text{m}$ et $4 \mu\text{m}$. Dès à la traversée de l'atmosphère, une partie de l'énergie est absorbée. L'énergie solaire qui atteint la terre est composée du rayonnement direct et du rayonnement diffus. La somme de ces deux composants est dite énergie globale de rayonnement.

Nous appelons insolation l'énergie globale reçue par unité de surface de la terre et par unité de temps.

L'insolation est fonction de la hauteur du soleil sur l'horizon; de ce fait pour chaque période de l'année il est possible de représenter sur un graphique la puissance instantanée reçue par la terre au cours d'une journée.

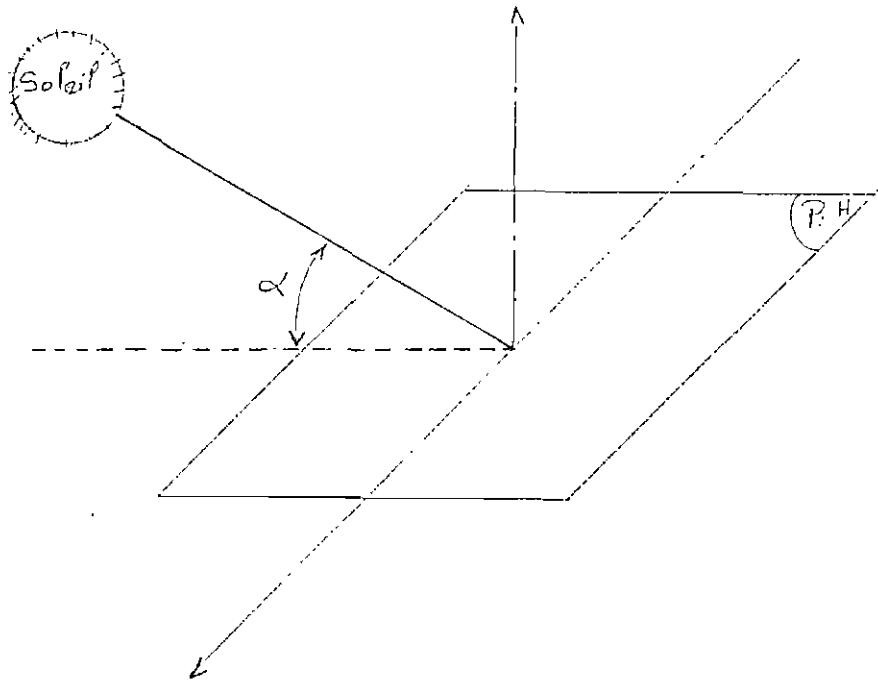
$$G = I \sin \alpha + D$$

G: energie globale reçue par la terre

I: rayonnement direct qui frappe la terre

D: rayonnement diffus

$\sin \alpha \rightarrow \alpha$ hauteur du soleil sur l'horizon.



$$\sin \alpha = \sin L \sin \delta_s + \cos L \cos \delta_s \cos h_s$$

L: latitude du lieu

δ_s : déclinaison solaire

h_s : angle solaire qui est le déplacement angulaire du soleil par rapport à sa position à midi: 1 heure correspondant à $\frac{\pi}{12}$ ou $15'$ d'angle.

L'energie globale maximale constitue une caractéristique du site (latitude) et du plan de captage (Inclinaison & orientation). Certaines inclinaisons privilégient certaines époques de l'année. Une étude réalisée sur le sujet

Pour une orientation azimut 180° permet de constater que l'inclinaison des plans de captage de 60° par rapport à l'horizontale est en moyenne plus favorable sur l'année.

ETUDE DU DEUXIEME PROTOTYPE

Constitution

Pour faciliter la réalisation nous avons choisi une section rectangulaire à la place des section circulaires caractérisant le premier cuiseur.

Le cuiseur est composé en principal de deux parties à savoir :

- a) le corps du cuiseur et
- b) le réflecteur

Le corps est constitué d'une cuve (en acier de 1 mm d'épaisseur) de forme parallélépipédique.

Les dimensions de cette cuve sont 460 x 460 x 500 mm mesurées intérieurement.

La cuve est contenue dans une boîte en bois. De la laine de verre sépare la paroi externe de la cuve et les parois internes de la boîte en bois. L'épaisseur d'isolant est approximativement de 50 mm.

le réflecteur

Du fait de la part non négligeable de l'énergie captée, fournie par le réflecteur, nous nous proposons d'utiliser

des miroirs inclinés à 30° par rapport à la verticale, en considération du coefficient de réflexion élevé de ces derniers. Les réflecteurs, plus précisément les miroirs, sont supportés par un cadre en bois; le tout s'ajustant sur le corps du cuiseur par le biais de charnières qui doivent permettre le montage facile de la superstructure.

Cette même superstructure porte le verre d'accumulation qui provoque l'effet de serre dans le four.

Un composant qui fera rôle d'accessoire est le couvercle thermique qui permet de maintenir la chaleur accumulée dans le four en minimisant les pertes vers l'extérieur.

fonctionnement du cuiseur

La radiation provenant du soleil atteint le verre et miroirs de réflexion. Une partie de l'énergie reçue par les miroirs est concentrée sur le verre.

Le rayonnement solaire reçu par la terre se fait à une température de 5762 °K et dans la bande des longueurs d'onde se situant entre $0.29 \mu\text{m}$ et $2.5 \mu\text{m}$, une fois le verre traversé, est absorbé par le gravier. La réémission et la réflexion qui s'ensuivent se font avec un faible niveau d'énergie qui ne permet pas la transmission de cette radiation à l'intérieur. Ainsi l'accumulation se produit à l'intérieur.

du four, permettant ainsi le réchauffement du gravier et de l'air confiné.

Il serait cependant trop optimiste de le dire par là que des pertes par rayonnement ne se font pas du gravier vers le verre.

insolation de la vitre

$$E_v = E_1 + E_2$$

E_v : énergie globale reçue par le verre

E_1 : rayonnement direct sur le verre

E_2 : rayonnement réfléchi sur le verre.

$$E_1 = G A_{\text{verre}}$$

$$E_2 = G \rho_{\text{ref}} A_{\text{ref}} \cos \theta$$

G : Insolation de la terre

θ : angle d'inclinaison des miroirs par rapport à l'horizontale.

ρ_{ref} : réflectivité des miroirs.

$$E_v = G A_v + \rho_{\text{ref}} G A_{\text{ref}} \cos \theta$$

évaluation des températures

$$\bar{T}_a \quad \bar{T}_g \quad \bar{T}_v$$

bilan sur le verre

$$q_{IN} = q_{out}$$

$$q_{IN} = E_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v)$$

$$q_{out} = h_o A_v (T_v - T_o) + \rho_v E_v + \zeta_v E_v + \epsilon_v A_v \sigma (T_v^4 - T_{\infty}^4) + q_{v \rightarrow g}$$

Nous obtenons après arrangement

$$\alpha_v E_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v) = h_o A_v (T_v - T_o) + \epsilon_v A_v \sigma (T_v^4 - T_{\infty}^4)$$

$$\alpha_v E_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v) = h_o A_v (T_v - T_o) + \epsilon_v A_v \sigma (T_v^4 - T_{\infty}^4)$$

bilan sur le gravier

$$q_{IN} = q_{out}$$

$$q_{IN} = \alpha_g \zeta_v E_v + q_{v \rightarrow g}$$

$$q_{out} = q_a + q_c + q_{g \rightarrow v}$$

$$\alpha_g \zeta_v E_v = q_a + q_c + q_{g \rightarrow v}$$

$$q_a = h_g A_g (T_g - T_a)$$

$$q_{g \rightarrow v} = \frac{E_{b_g} - E_{b_v}}{\frac{\rho_g}{\epsilon_g A_g} + \frac{1}{A_g F_{g \rightarrow v}} + \frac{\rho_v}{\epsilon_v A_v}}$$

d'évaluation de q_c ne fera en ne tenant compte que de l'épaisseur d'isolant. Certes c'est là une

estimation grossière des pertes par conduction; Cependant
 vue que nous serons dans les pires conditions en adoptant
 cette procédure nous ne pouvons qu'en tirer profit

bilan sur l'air confiné

Le gain d'énergie au niveau de l'air confiné est une
 résultante du transfert par convection d'une part sur le
 gravier et d'autre avec le verre. A l'équilibre nous
 avons comme résultat:

$$h_g A_g (T_g - T_a) = h_v A_v (T_a - T_v)$$

Nous négligeons l'émission de l'air de même que sa
 réflexion et son absorption. En effet les propriétés des
 gaz face au rayonnement sont, jusqu'à certains ordres
 de grandeurs de l'énergie mise en jeu, très négligeables.

Pour les pertes par convection, sur le dessus du verre nous
 supposons que la température de ce dernier est uniforme
 et qu'à l'extérieur la valeur de la température est
 identique à celle à l'intérieur.

Resolution numerique

$$T_0 = 35^\circ \text{C} \quad \& \quad T_\infty = -50^\circ \text{C}$$

$$\alpha_v \epsilon_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v) = h_o A_v (T_v - T_0) + \epsilon_v \sigma A_v (T_v^4 - T_\infty^4)$$

$$0.06 \times 455.76 = 10.91 \times 0.2116 (T_v - 308) + 6.35 \times 0.2116 (T_v - T_a)$$

$$+ 0.9 \times 0.2116 \times 5.67 \times 10^{-8} (T_v^4 - 223^4) - q_{g \rightarrow v}$$

ou encore

$$27.346 + 0.209 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4) + 1.344 (T_a - T_v) =$$

$$2.309 (T_v - 308) + 1.08 \times 10^{-8} (T_v^4 - 223^4)$$

$$\text{avec } q_{g \rightarrow v} = 0.209 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4)$$

$$\text{Posons } t_g = \frac{T_g}{100} ; \quad t_v = \frac{T_v}{100} ; \quad t_a = \frac{T_a}{100}$$

nous aboutissons dès lors à l'équation caractéristique suivante

$$t_g^4 - 6.17 t_v^4 - 1748 t_v + 643 t_a + 3661 = 0$$

$$\alpha_g \epsilon_v E_v = h_g A_g (T_g - T_a) + q_c + q_{g \rightarrow v}$$

$$356.86 = 1.524 (T_g - T_a) + 1.04 (T_g - 308) + 0.209 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4)$$

ou encore

$$356.86 = 152.4 (t_g - t_a) + 104 (t_g - 3.08) - (308 \times 1.04)$$

$$+ 0.209 (t_g^4 - t_v^4)$$

d'où

$$t_g^4 - t_v^4 + 1227 t_g - 729 t_a - 3240 = 0$$

$$h_g A_g (T_g - T_a) = h_v A_v (T_a - T_v)$$

$$1.523 (T_g - T_a) = 1.344 (T_a - T_v)$$

Et comme résultat :

$$t_a = 0.53 t_g + 0.47 t_v$$

Recapitulation:

$$t_g^4 - 6.17 t_v^4 - 1748 t_v + 643 t_a + 3661 = 0 \quad \text{I}$$

$$t_g^4 - t_v^4 + 1227 t_g - 729 t_a - 3240 = 0 \quad \text{II}$$

$$0.53 t_g + 0.47 t_v - t_a = 0 \quad \text{III}$$

Après simplification nous aboutissons ainsi aux équations :

$$t_g^4 - 6.17 t_v^4 - 1445.79 t_v + 340.79 t_g + 3661 = 0 \quad \text{I}'$$

$$t_g^4 - t_v^4 - 342.63 t_v + 840.63 t_g - 3240 = 0 \quad \text{II}'$$

leur résolution donne comme résultat :

$$t_g = 4.776$$

$$t_v = 3.422$$

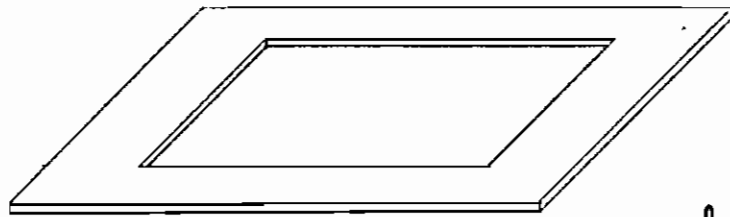
$$t_a = 4.140$$

$$T_g = 477.6^\circ\text{K}$$

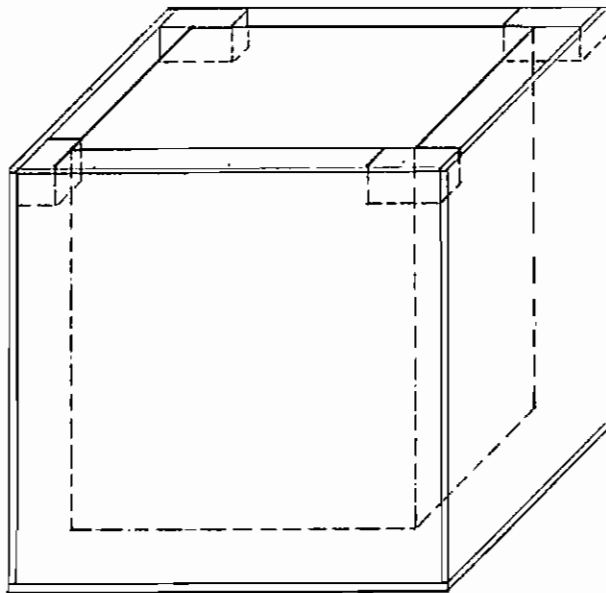
$$T_a = 414.0^\circ\text{K}$$

$$T_v = 342.2^\circ\text{K}$$

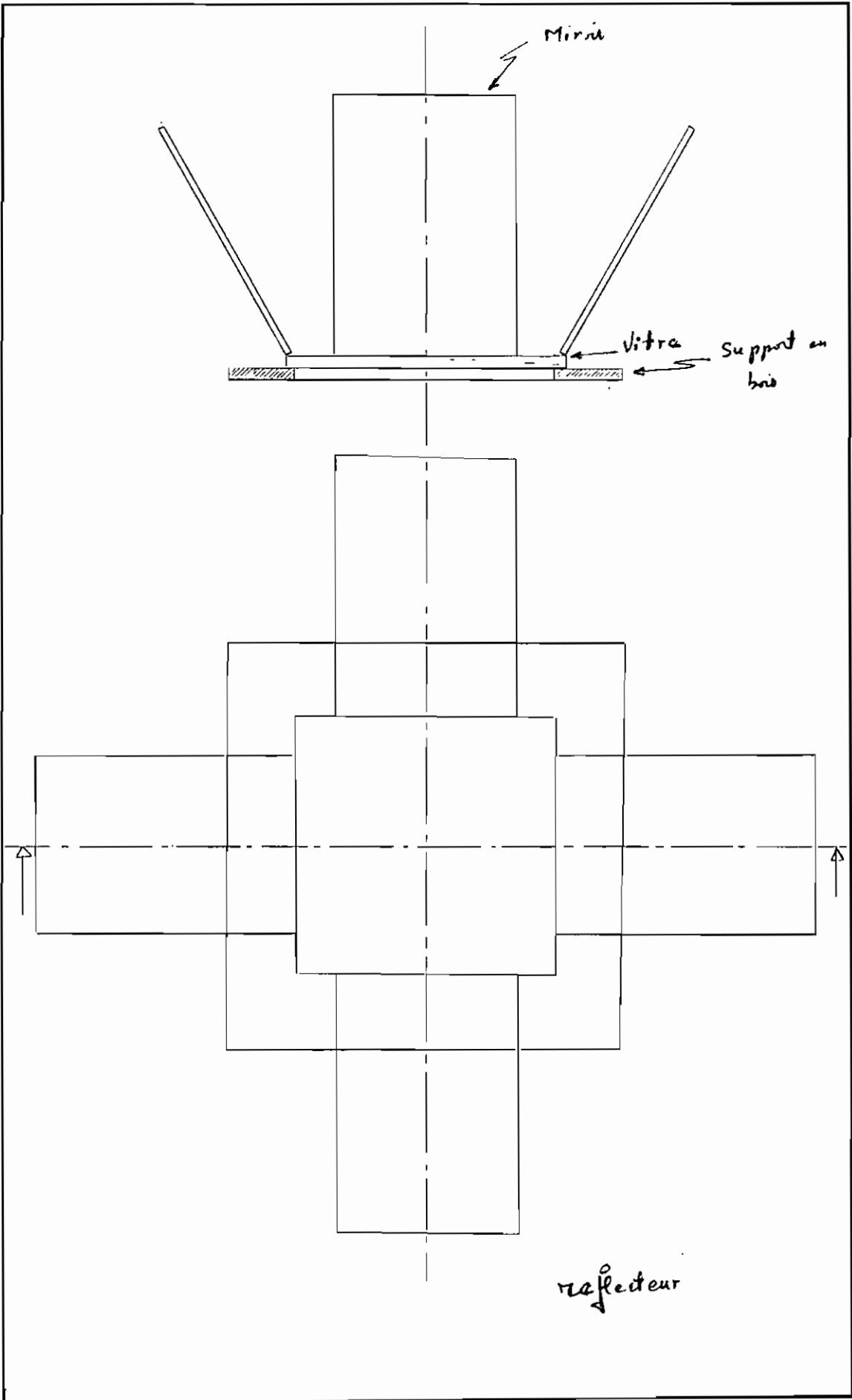
Soit

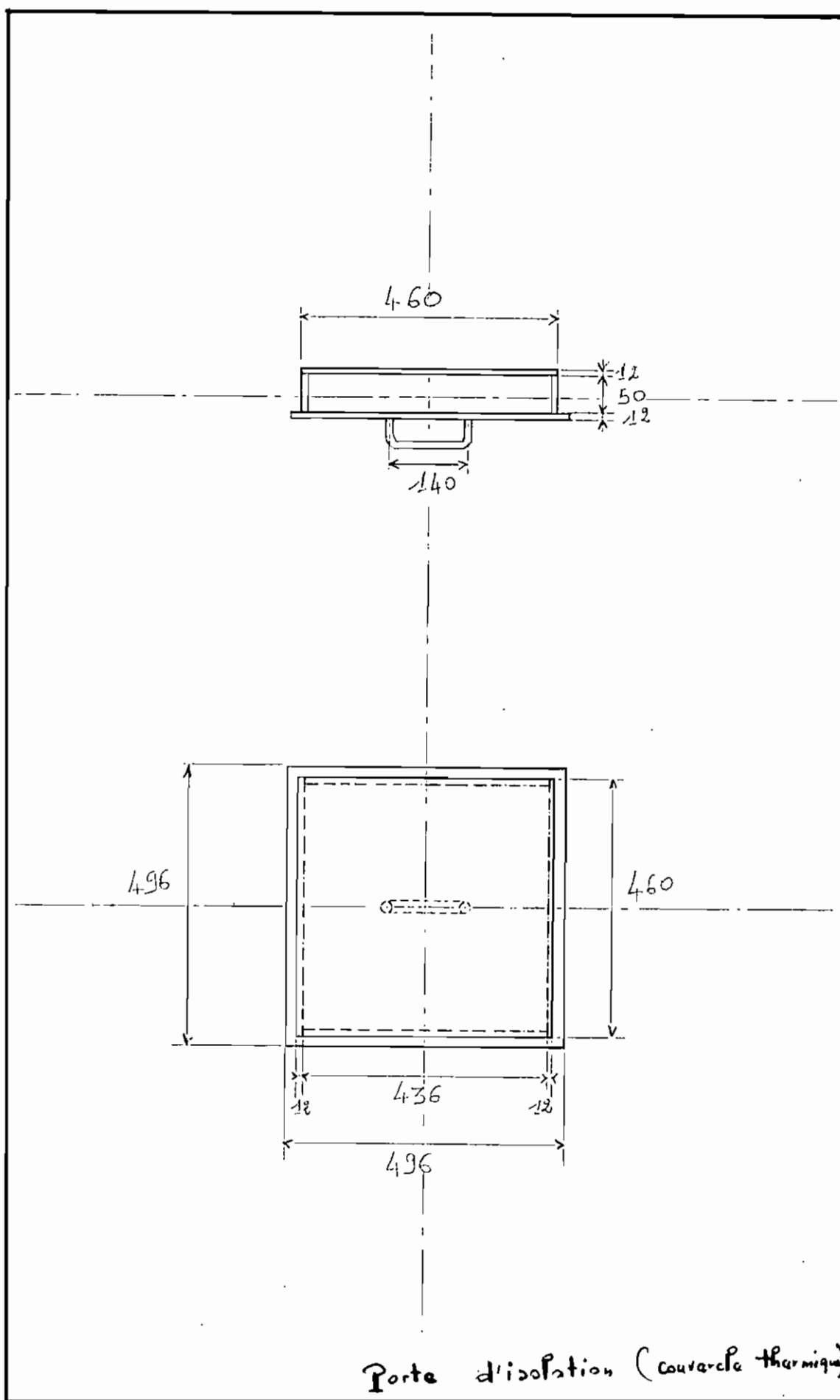


Couvercle supérieur.

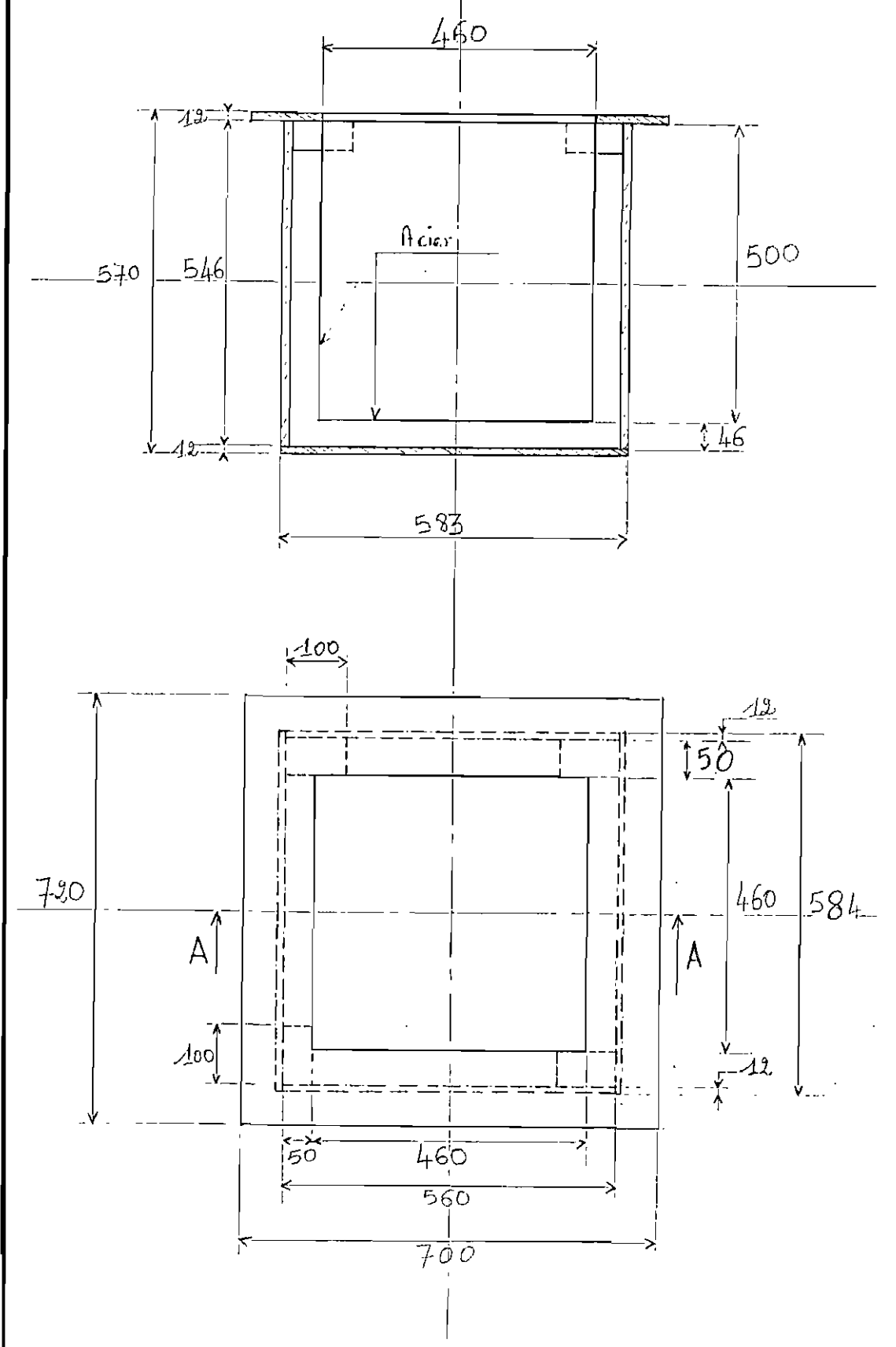


Corps du Cuisinier





Corps du Cuisneur



ETUDE DU PREMIER CUISEUR APRES MODIFICATION

La faiblesse de l'épaisseur d'isolant séparant les deux parois et la nature des parois (air), favorisaient à bien des égards les pertes d'énergie à l'extérieur. En outre le cône de concentration en aluminium poli est devenu à force de nettoyage complètement rayé au point où la réflexion sur la surface vitrée était devenue très négligeable. Pour améliorer le gain en isolation nous avons recouvert le cône avec de l'aluminium sur papier goudronné.

Le cuisinier original est contenu dans une boîte en bois avec une épaisseur supplémentaire d'isolant

Les dimensions de la boîte prises intérieurement sont de 700 mm x 700 mm pour une hauteur de 500 mm.

Insolation reçue par le verre

$$E_r = E_1 + E_2$$

$$E_1 = G A_v$$

$$E_2 = \rho_{ref} \times A_{ref} \times G \cos \theta$$

Dans le cas du cuisinier modifié, le réflecteur est en aluminium sur papier goudronné

$$\text{donc } \rho_{ref} = \rho_{\text{aluminium poli}}$$

Evaluation de \bar{T}_g \bar{T}_a \bar{T}_v

partant des résultats obtenus pour l'analyse du second cuiseur, nous poserons qu'à l'équilibre :

le bilan énergétique sur le verre est donné par :

$$\alpha_v \bar{E}_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v) = h_o A_v (T_v - T_o) + \epsilon_v A_v \sigma (T_v^4 - T_\infty^4)$$

bilan sur le gravier :

$$\alpha_g \epsilon_v \bar{E}_v = h_g A_g (T_g - T_a) + q_c + q_{g \rightarrow v}$$

$$q_{g \rightarrow v} = \frac{\bar{E}_{b_g} - \bar{E}_{b_v}}{\frac{\rho_2}{\epsilon_g A_g} + \frac{1}{A_g F_{g \rightarrow v}} + \frac{\rho_1}{\epsilon_v A_v}}$$

bilan sur l'air confiné

$$h_g A_g (T_g - T_a) = h_v A_v (T_a - T_v)$$

Resolution numerique

$$\begin{aligned} d_v E_v + q_{g \rightarrow v} + h_v A_v (T_a - T_v) &= h_o A_v (T_v - T_o) + \epsilon_v A_v \sigma (T_v^4 - T_o^4) \\ 0.06 \times 517.545 + 0.157 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4) + 6.35 \times 0.159 (T_a - T_v) &= \\ 10.01 + 0.159 (T_v - 308) + 0.9 \times 0.159 \times 5.67 \times 10^{-8} (T_v^4 - 223^4) & \end{aligned}$$

soit

$$\begin{aligned} 31.053 + 0.157 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4) + 1.01 (T_a - T_v) &= \\ 1.735 (T_v - 308) + 0.817 \times 10^{-8} (T_v^4 - 223^4) & \end{aligned}$$

Poseons $t_g = \frac{T_g}{100}$; $t_v = \frac{T_v}{100}$; $t_a = \frac{T_a}{100}$

Nous aboutissons alors à un résultat tel que :

$$t_g^4 - 6.20 t_v^4 - 1748 t_v + 643 t_a + 3730 = 0$$

$$d_g \epsilon_v E_v = h_g A_g (T_g - T_a) + q_c + q_{g \rightarrow v}$$

$$405.24 = 1.145 (T_g - T_a) + 0.339 (T_g - 308) + 0.157 \times 10^{-8} (T_g^4 - T_v^4)$$

$$0 = 0.157 t_g^4 - 0.157 t_v^4 + 148.4 t_g - 114.5 t_a - 509.65$$

d'où

$$t_g^4 - t_v^4 + 945 t_g - 729 t_a - 3246 = 0$$

$$h_g A_g (T_g - T_a) = h_v A_v (T_a - T_v)$$

$$1.145 (T_g - T_a) = 1.01 (T_a - T_v)$$

soit

$$t_a = 0.53 t_g + 0.47 t_v$$

Récapitulation

$$t_g^4 - 6.20 t_v^4 - 1748 t_v + 643 t_a + 3730 = 0 \quad \text{I}$$

$$t_g^4 - t_v^4 + 945 t_g - 729 t_a - 3246 = 0 \quad \text{II}$$

$$0.53 t_g + 0.47 t_v - t_a = 0 \quad \text{III}$$

Après résolution et simplification nous obtenons comme équations:

$$t_g^4 - 6.20 t_v^4 - 1445.79 t_v + 340.79 t_g + 3730 = 0 \quad \text{I}'$$

$$t_g^4 - t_v^4 - 342.63 t_v + 558.63 t_g - 3246 = 0 \quad \text{II}'$$

soit

$$t_g = 5.43$$

$$T_g = 543 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_v = 3.422$$

ou encore

$$T_v = 342.2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$t_a = 4.49$$

$$T_a = 449 \text{ } ^\circ\text{K}$$

TABLEAU DES RESULTATS

cuiseur 2

Température d'équilibre	°K	°C
\bar{T}_g	477.6	204.6
\bar{T}_v	342.2	69.2
\bar{T}_a	414.0	141

cuiseur modifié

Température d'équilibre	°K	°C
\bar{T}_g	543	270
\bar{T}_v	342.2	69.2
\bar{T}_a	449	176

EXPERIMENTATION DES
CUISEURS

des expériences réalisées consistent en grande partie à des mesures de vitesse de réchauffement du gravier et particulièrement à la détermination des températures maximales susceptibles d'être atteintes. En plus nous essayerons de fixer les heures auxquelles ces températures maximales sont atteintes.

Le premier prototype sera expérimenté après que nous aurons apporté des correctifs à l'isolation de même qu'au réflecteur; on prendra soin d'augmenter la masse du gravier pour une évaluation de la capacité thermique du four.

En regard à ses impératifs de temps le deuxième cuiseur ne sera testé que par deux reprises: sa réalisation ayant été achevée à deux jours de la remise des projets.

Nous maintenons la même quantité de gravier utilisé durant l'expérimentation du cuiseur modifié.

TABLEAU DES MESURES

cuiseur 1

17 Avril 82

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
9 ^h 10 mn	22	18	27	27
10 ^h 00	47	58	44	28
10 ^h 30	56	72	56	29
11 ^h	80	78	75	31

27 Avril 82

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
15 ^h 20	53	66	72	33
16 ^h	53	64	70	33
17 ^h	42	52	60	29

12 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_0 °C
9 ^h 00	24	26	24	28
9 ^h 30	33	30	33	32
10 ^h 00	40	42	37	32
11 ^h 00	45	52	46	32
12 ^h 00	62	75	74	38
13 ^h 10	80	91	91	40
14 ^h 00	79	93	98	40
15 ^h 00	72	92	102	40
16 ^h	66	80	89	40

21 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_0 °C
10 ^h 00	28	28	28	28
11 ^h 00	50	64	41	28
12 ^h 00	77	96	56	30
15 ^h 00	62	86	92	34
16 ^h 00	60	78	92	34
18 ^h 00	42	57	75	24

22 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
8 ^h 00	18	22	22	22
9 ^h 10	28	32	24	22
10 ^h 00	42	53	34	25
12 ^h	105	145	69	30
13 ^h 00	86	132	89	34
15 ^h 15	72	100	114	32

23 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
10 ^h 30	38	46	32	32
12 ^h 00	60	78	52	32
14 ^h 00	75	98	82	34
16 ^h 00	57	76	90	32

24 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
9 ^h 00	23	28	26	23
11 ^h 00	40	50	34	28
15 ^h 10	64	85	90	34
17 ^h 00	48	64	81	30

31 Mai

heures	T_v °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
9 ^h 00	24	29	27	26
10 ^h 00	35	40	31	30
11 ^h 00	45	58	37	31
12 ^h 00	60	82	52	32
15 ^h 00	74	100	100	36
16 ^h 15	58	76	95	31
17 ^h 00	48	67	89	30
18 ^h 00	44	60	82	28

2 Juin

heures	T_v °c	T_a °c	T_g °c	T_o °c
9 ^h 00	26	30	28	29
11 ^h 00	44	58	36	32
12 ^h 30	69	102	61	33
14 ^h 30	72	100	95	32
15 ^h 15	67	93	99	33
17 ^h 30	46	63	84	27

5 Juin

heures	T_v °c	T_a °c	T_g °c	T_o °c
10 ^h 00	54	72	33	30
12 ^h 00	78	104	81	34
14 ^h 00	79	108	111	34
15 ^h 30	72	97	112	34
18 ^h	50	66	89	32

cuiseur 2
8 Juin

heures	T_r °C	T_a °C	T_g °C	T_o °C
9 ^h 00	29	29	25	28
10 ^h 00	34	36	24	27
11 ^h 00	43	49	36	28
12 ^h 00	56	70	56	30
15 ^h 00	73	87	96	34
16 ^h 00	72	67	81	32
18 ^h 00	59	55	66	28

Les températures maximales atteintes durant l'expérimentation du cuiseur varient entre les limites 80°C à 114°C , le cuiseur étant maintenu horizontal.

Ces dites températures sont mesurées sur environ de 15^{h} ou mn.

De là nous déduisons la capacité thermique du four, qui elle aussi va fluctuer entre deux valeurs et atteint son maximum à l'élévation maximale de température du gravier.

Nous prendrons pour C_p du gravier approximativement identique à $840 \text{ J/kg } ^{\circ}\text{K}$

$$\text{Capacité Thermique} = m_g C_p (T_{g\text{max}} - T_{gi})$$

$T_{g\text{max}}$ étant les températures maximales atteintes

T_{gi} étant les températures du gravier au début de l'exposition du cuiseur.

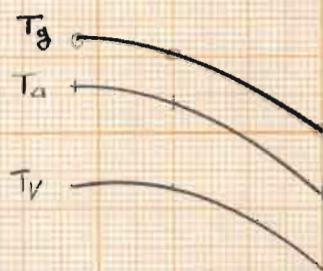
$$m_g = \text{masse de gravier} = 17.85 \text{ kg}$$

$$\text{Capacité Thermique MAX} = 1304.48 \text{ KJ}$$

$$\text{Capacité Thermique Mini} = 794.68 \text{ KJ}$$

27 Avril

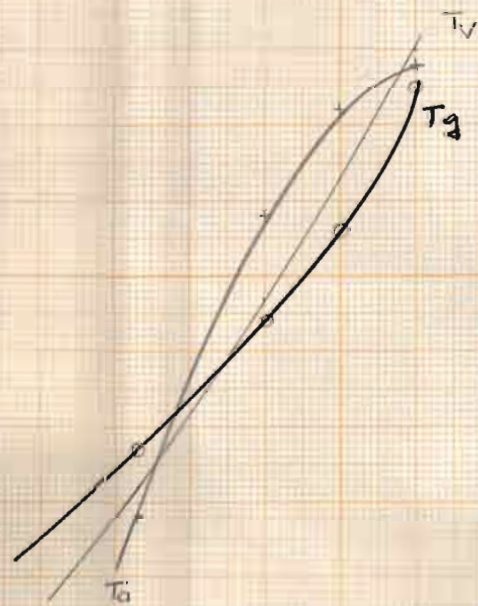
37



17 Avril

1 hours

10°



8h

13h

17h

12 Mai

10°C
1 heure

Tg

Ta

Tv

21 Mai

Ta

Tv

Tg

Tg

Ta

Tv

h

8h

13h

17h

°C

°C

A

A

O

O

22 Mai

39

1 hora

10°C

T_g

T_a

T_v

h

23 Mai

T_g

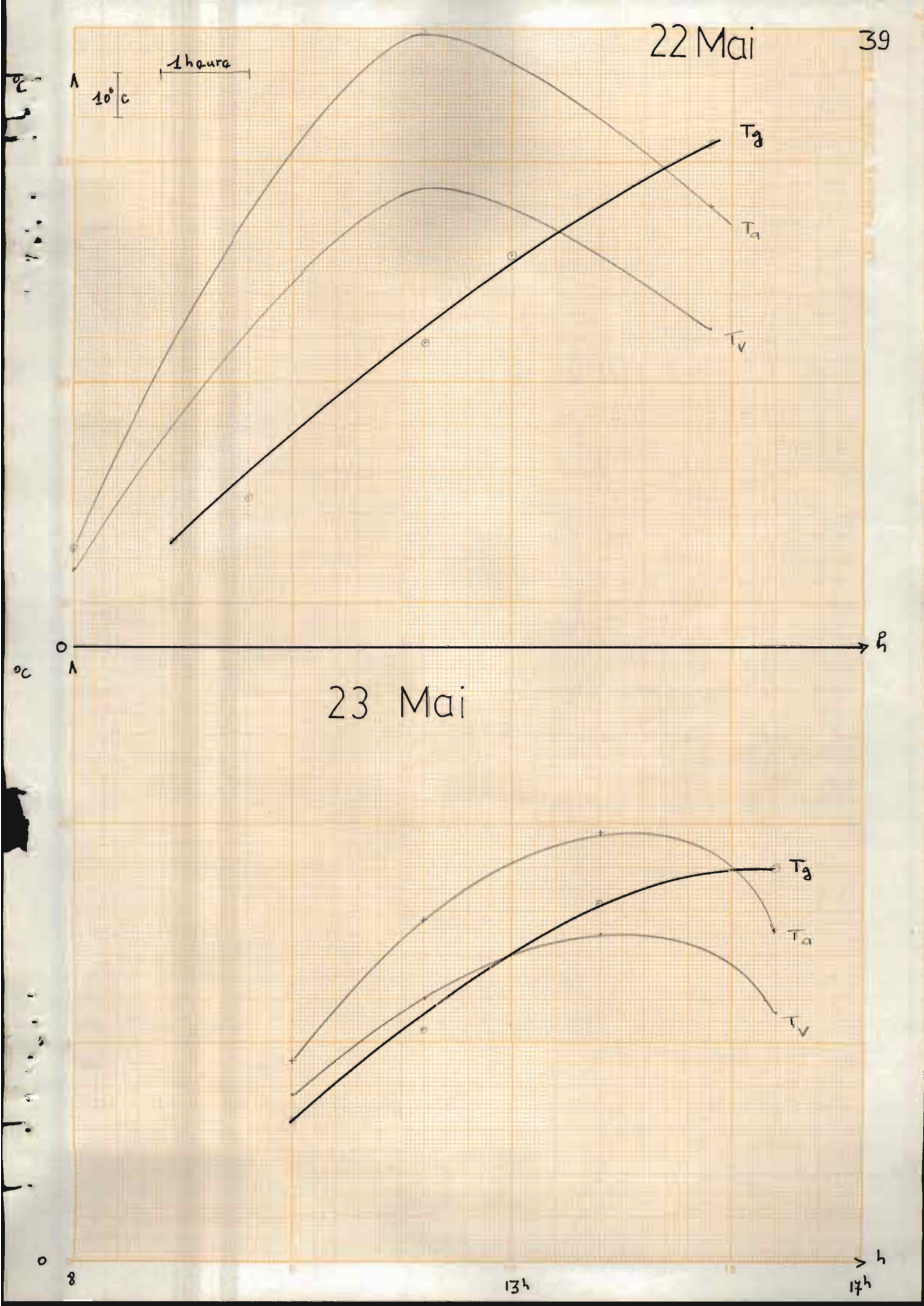
T_a

T_v

h

13h

17h



24 Mai

10 °C

1 heure

°C

h

T_g

T_a

T_v

0

°C

h

31 Mai

T_g

T_a

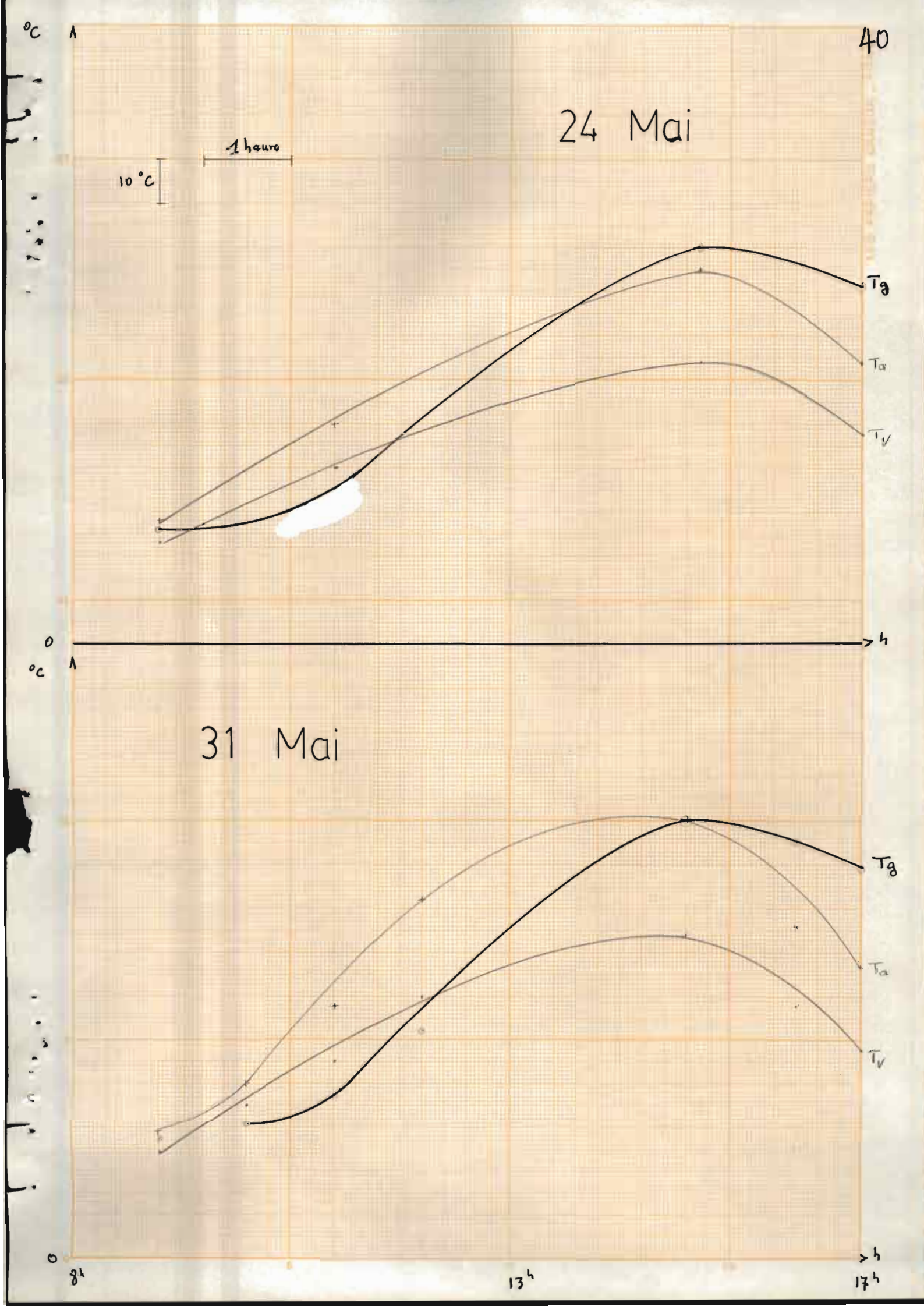
T_v

8^h

13^h

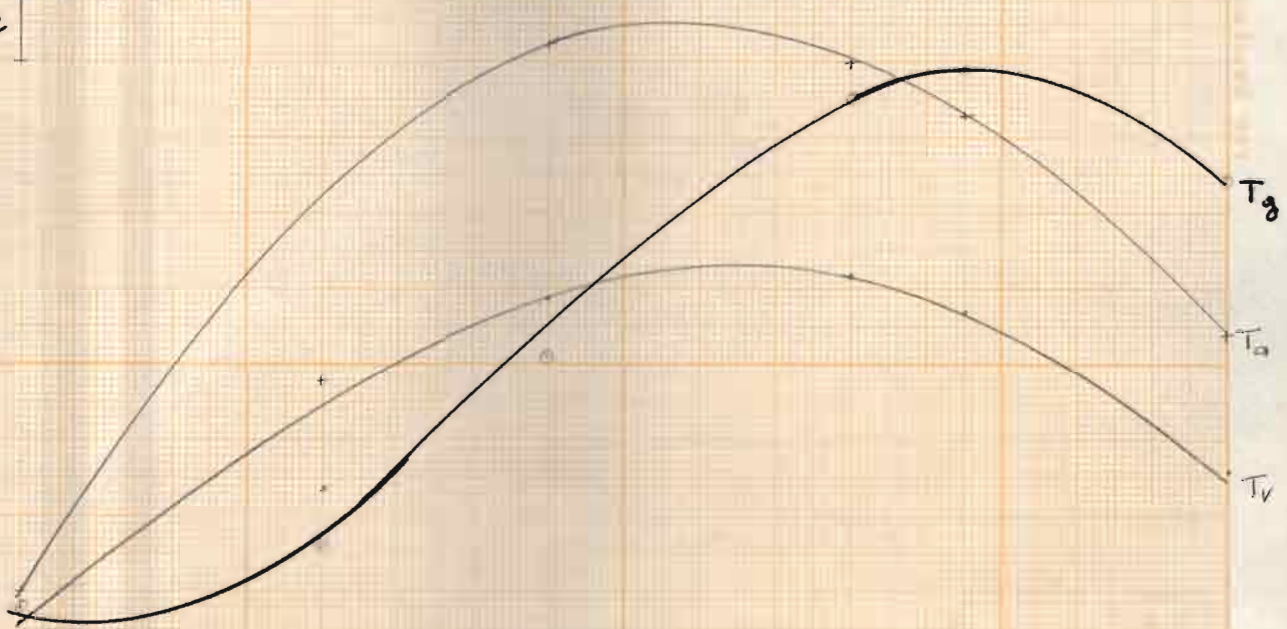
> h

17^h



2 Juin

10°C
1 heure



5 Juin



8h

13h

17h

8 Juin

10°C

1 heure

°C

0

8^h

13^h

17^h

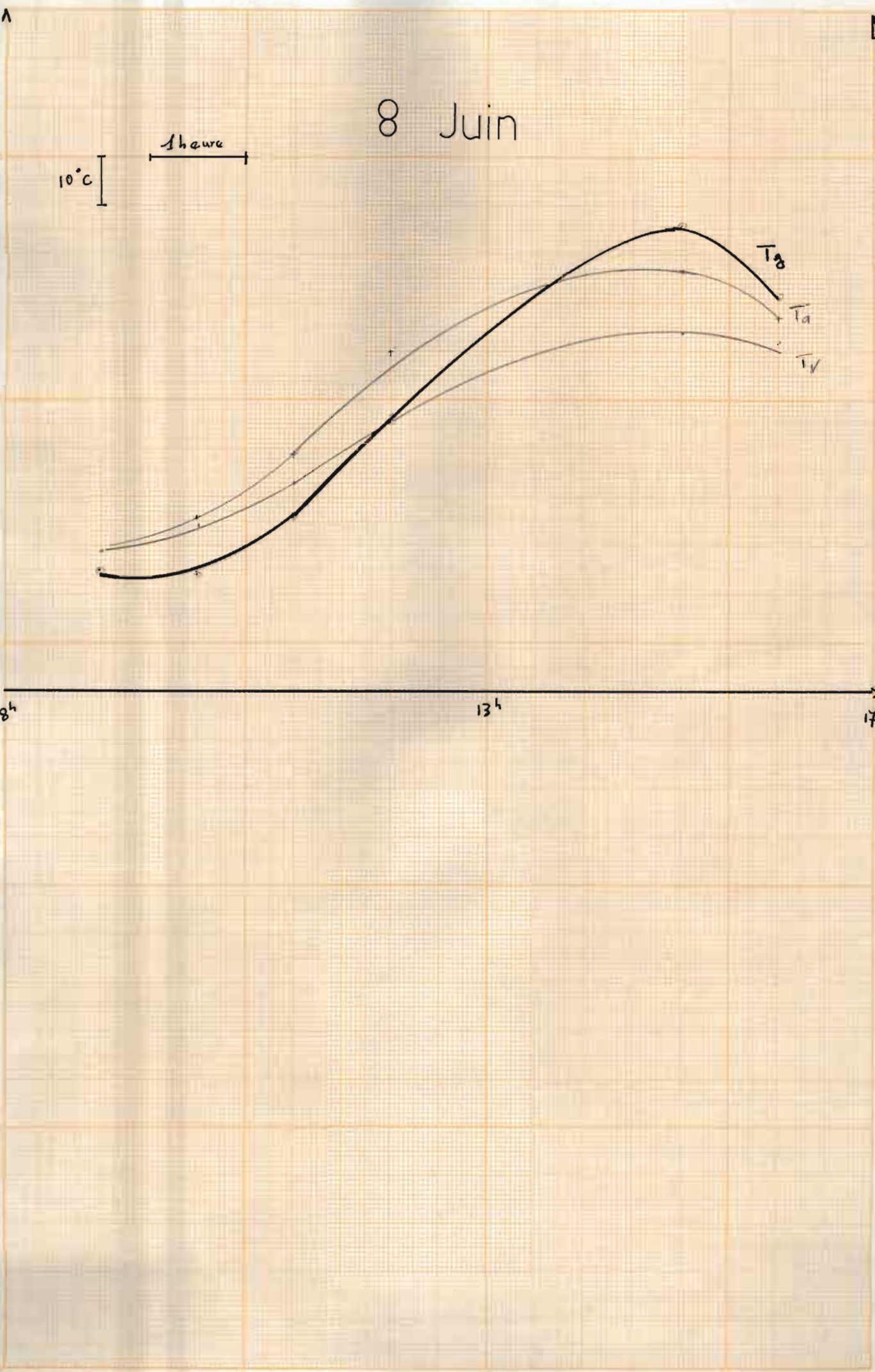
heure

T_B

T_a

T_v

LES FOLIOLES CANSON - FR.



ANNEXE

RAYONNEMENT

Concept de corps noir

Il est défini comme le seul corps susceptible d'absorber ou d'émettre, à une température donnée, le maximum d'énergie possible. Le corps noir est dès lors un idéal dont nous essayons de nous approcher par des modifications d'états de surface et de formes des corps.

Planck décrit le comportement d'un corps noir par l'énergie qu'il pourrait émettre à une température T et à une longueur d'onde λ .

$$\bar{E}_{b\lambda} = \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{C_2/\lambda T} - 1 \right)}$$

$$E_{b\lambda} : \text{W/m}^3$$

$$C_1 = 3.7418 \times 10^{-16} \text{ W/m}^2$$

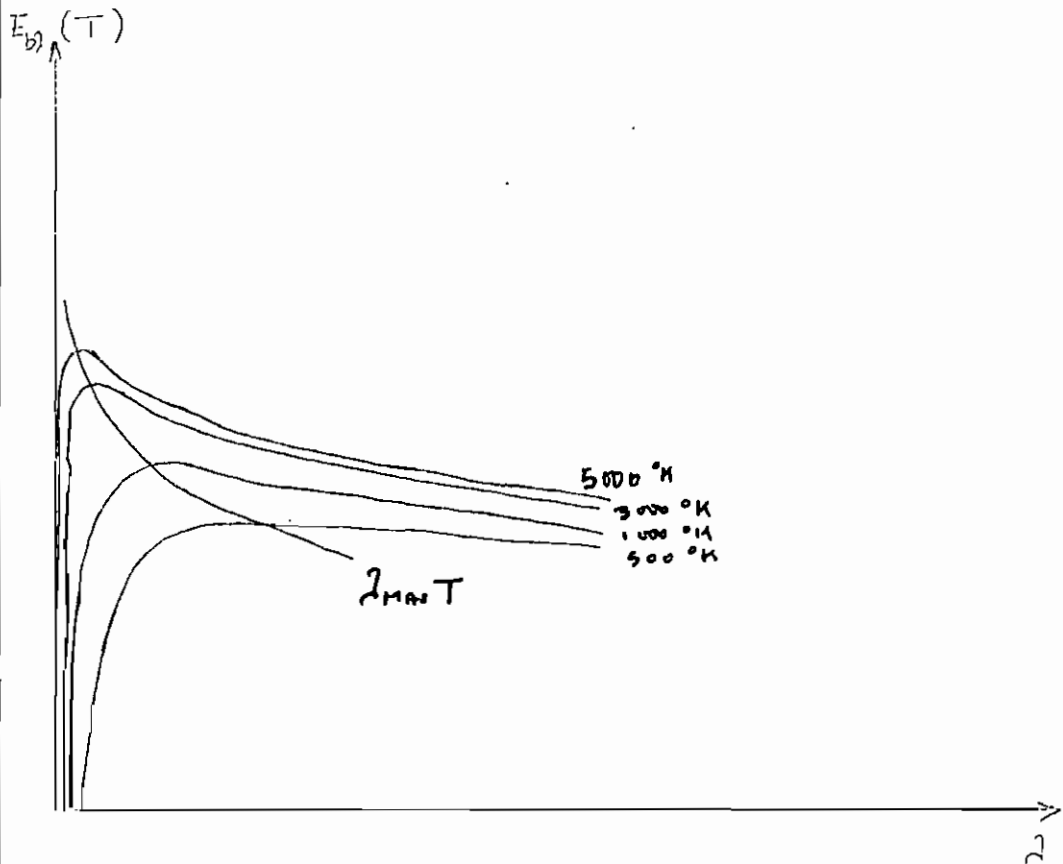
$$C_2 = 1.4388 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{°K}$$

La loi de déplacement de Wien permet de prédire, pour une température, la longueur d'onde à laquelle le rayonnement d'un corps noir atteint sa valeur maximale. Le résultat étant donné par :

$$\lambda_{\text{max}} T = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{°K}$$

Une représentation graphique de l'équation de Planck

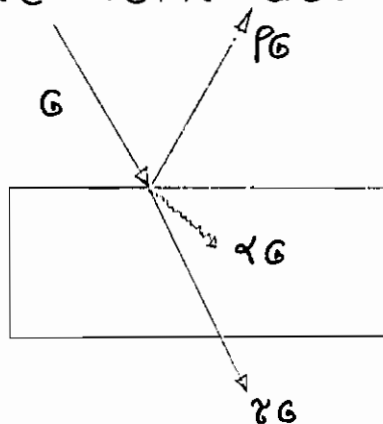
donne une visualisation du resultat obtenu par Wien



Une consequence de la loi de Wien est que le rayonnement monochromatique d'un corps noir peut atteindre au maximum une valeur $(E_{b\lambda})_{\text{max}} = 1.287 \times 10^{-5} T^5$

$$E_{b\lambda} : \text{W/m}^3$$

Comportement des materiaux



Un corps est caractérisé par ses propriétés ρ , α , τ

ρ = coefficient de réflexion

α = absorptivité

τ = transmissivité.

Quand un rayonnement G atteint le corps, une partie du rayonnement est absorbée, une autre réfléchi et le reste transmis. À l'équilibre $\alpha G + \rho G + \tau G = G$

$$\text{ou } \alpha + \rho + \tau = 1$$

Un corps noir est caractérisé dès lors par sa capacité d'absorber toute l'énergie du rayonnement incident soit:

$$\alpha = 1; \quad \tau = \rho = 0.$$

Une propriété aussi importante que les premières est l'émissivité d'un corps.

L'émissivité d'une surface est définie comme étant le rapport de l'énergie totale qu'elle émet à l'énergie totale émise par un corps noir à la même température.

$$\epsilon = \frac{E(T)}{E_b(T)} = \frac{E(T)}{\sigma T^4}$$

À l'équilibre thermique, l'absorptivité d'un corps est égale à son émissivité. (Loi de Kirchhoff)

Les propriétés que nous venons de définir décrivent le comportement global du matériau face au rayonnement.

Il est opportun de signaler que pour un même corps

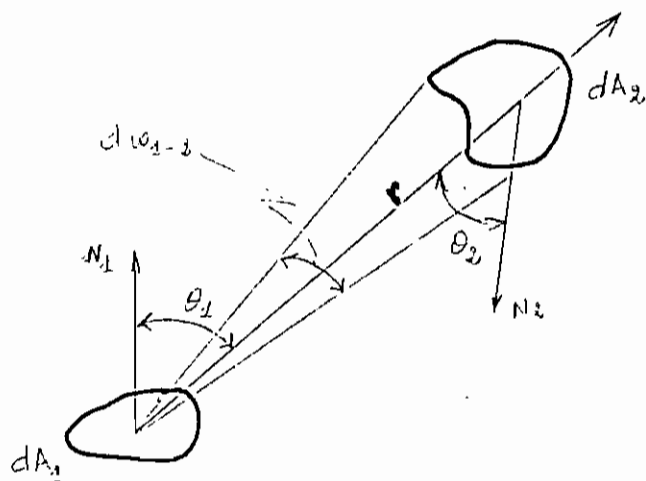
son comportement par rapport aux différents rayonnements n'est pas pareil. Ainsi nous parlerons de propriétés monochromatiques d'un corps α_λ , ρ_λ , ϵ_λ et τ_λ .

Concept de corps gris

Il simplifie à plus d'un titre les calculs de transfert par rayonnement. Les propriétés monochromatiques d'un corps gris sont identiques à ses propriétés globales; en un mot elles sont indépendantes de la nature du rayonnement. Ainsi les propriétés d'un corps gris sont constantes et ne dépendent pas de la longueur d'onde du rayonnement.

Facteur de forme

Le facteur de forme détermine le rayonnement entre deux surfaces. Il caractérise la fraction de l'énergie totale rayonnée par une des surfaces et captée par l'autre.



nous discutons de surfaces diffuses; d'où

$$F_{1-2} = \frac{1}{A_1} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2 dA_2 dA_1}{\pi r^2}$$

Le facteur de forme ainsi défini est une simplification du phénomène de rayonnement et ne dépend que la forme géométrique des surfaces considérées.

La détermination du facteur de forme de certaines géométries simples est faite à l'aide de diagrammes établis à cette fin.

Rayonnement entre surfaces

Dans le cas de corps noirs le rayonnement est donné par

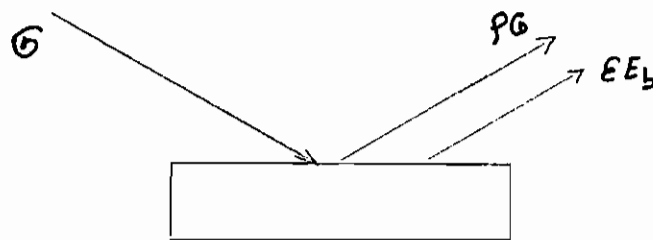
$$q_{1 \rightarrow 2} = A_1 \bar{F}_{1 \rightarrow 2} E_{b1}$$

le transfert net d'énergie est dès lors $q_{1 \rightarrow 2} = q_{1 \rightarrow 2} - q_{2 \rightarrow 1}$

$$= A_1 \bar{F}_{1 \rightarrow 2} E_{b1} - A_2 \bar{F}_{2 \rightarrow 1} E_{b2}$$

$$= A_1 \bar{F}_{1 \rightarrow 2} (E_{b1} - E_{b2})$$

Pour les corps gris le problème est rendu plus complexe par la présence de la réflexion



de finissons $J = \epsilon E_b + \rho G$

le flux de chaleur sur une surface grise i est de ce

bit : $(q_i)_{net} = A_i (J_i - G_i)$

$$(q_i)_{net} = \frac{E_{bi} - J_i}{\rho / \epsilon_i A_i}$$

faisons une approximation dans le cas de deux surfaces grises.

Nous poserons que ces deux surfaces sont opaques, diffusives et forment une enceinte fermée.

$$(q_1)_{net} = \frac{E_{b1} - E_{b2}}{\frac{\rho}{\epsilon_1 A_1} + \frac{1}{A_2 F_{12}} + \frac{\rho}{\epsilon_2 A_2}}$$

%

EVALUATION DE CERTAINS PARAMETRES

h_0

Coefficient de transfert par convection au-dessus du verre.

La vitesse des vents à Thies pouvant atteindre et des fois dépasser la valeur de 4 m/s, nous considérons que la convection sur la plaque de verre est une convection forcée.

Les dimensions de la vitre sont de 460 mm x 460 mm pour le deuxième prototype et de $\phi = 460$ mm comme diamètre de l'ouverture pour le cuiseur modifié.

Pour déterminer h_0 nous utilisons les résultats obtenus par les études réalisées sur le coefficient de transfert sur une surface plate tangentielle à l'écoulement.

$$Re = \frac{V_{\infty} \rho_f L}{\mu_f}$$

$$V_{\infty} = 4 \text{ m/s}$$

$$L = 460 \text{ mm}$$

le fluide est de l'air supposé à 35°C

$$\rho_f = 1.092 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_f = 19.123 \cdot 10^{-6} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$Re \cong 1.05 \times 10^5 \cong 10^5$$

$J_H = 0.002$ (fig 13.3-3 Transport Phenomena : Bird, Stewart & Lightfoot.)

$$J_H = \frac{h_m}{\rho_f \hat{c}_{p_f} v_{\infty}} \left(\frac{\hat{c}_p \mu}{k} \right)_f^{2/3}$$

$$h_m = \frac{J_H \times \rho_f \hat{c}_{p_f} v_{\infty}}{\left(\frac{\hat{c}_p \mu}{k} \right)_f^{2/3}}$$

$$\hat{c}_p = 1014 \text{ J/kg} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$k = 0.0365 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$h_m = 10.91 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$h_o = h_m = 10.91 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K} \quad \text{au sens du verre.}$$

h_v Coefficient de transfert par convection du verre à l'air confiné.

La convection à l'intérieur du four est une convection qu'il est difficile de cerner et l'interprétation du phénomène en bois est d'avance compliquée par le

fait qu'il n'est dû ni à un écoulement de fluide, pas plus on ne pourrait le qualifier de convection naturelle en tant que telle.

En effet la circulation de l'air sur le verre est moins une résultante de la différence de température entre ce dernier et l'air qu'une conséquence de l'élévation de température de l'air au niveau du gravier.

Pour une détermination approchée du coefficient de transfert par convection nous utilisons une corrélation développée dans des techniques de l'Ingénieur qui ne tient en compte que des différences de température.

La différence de température sera prise égale au maximum qui puisse exister entre le verre et l'air confiné.

Nous utiliserons cette même corrélation pour trouver le coefficient de convection h_g par le gravier.

$$h = 2.44 (\Delta T)^{1/4} \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$(\Delta T)_{\max}$ air - verre membrane = 46°

$$h_v = 2.44 \times (46)^{0.25} = 6.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_v = 6.35 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

h_g Coefficient de transfert par convection sur le gravier.

ΔT_{\max} : quiescent - air measured = 76°

$$h_g = 2.44 (76)^{0.25} = 7.20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$h_g = 7.20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

VALEUR DE QUELQUES PARAMETRES

Surface du verre: A_v

$$460 \times 10^{-3} \times 460 \times 10^{-3} = 0.2116 \text{ m}^2$$

$$A_v = 0.2116 \text{ m}^2$$

Surface du réflecteur en miroir

$$A_{ref} = 4 \times 310 \times 10^{-3} \times 460 \times 10^{-3} = 0.5704$$

$$A_{ref} = 0.5704 \text{ m}^2$$

$$\theta = 60^\circ$$

$$f_{ref} = 0.78$$

$$G = 1050 \text{ W/m}^2$$

$$E_1 = 1050 \times 0.2116 = 222.18 \text{ W}$$

$$E_2 = 1050 \times 0.5704 \times \cos 60 \times 0.78 = 233.5788$$

$$E_v = 455.7588 \text{ W}$$

$$E_v \cong 455.76 \text{ W}$$

Insolation reçue par

le deuxième prototype.

$$E_v = 0.90$$

$$f_g = 0.10 = 1 - \alpha_g$$

$$\alpha_g = 0.90$$

$$E_g = 0.90$$

$$\tau_v = 0.87$$

$$f_v = 0.07$$

$$\alpha_v = 0.06$$

$F_{g \rightarrow v} = 0.18$ dans le cas des deux cuiseurs

insolation du cuiseur modifié

$$A_v = \frac{\pi d_r^2}{4} = \frac{\pi \times (450 \times 10^{-3})^2}{4} = 0.159 \text{ m}^2$$

A_{ref} = réflecteur en papier d'aluminium

$$= \frac{\pi}{2} (D_r^2 - d_r^2) = \frac{\pi}{2} (900^2 - 450^2) \times 10^{-6}$$

$$= 0.954 \text{ m}^2$$

$$E_1 = 1050 \text{ W/m}^2 \times 0.159 \text{ m}^2 = 166.95 \text{ W}$$

$$E_2 = \rho_{al} \times G \times A_{ref} \times \cos \theta$$

$$= 0.7 \times 1050 \times 0.954 \times \cos 60^\circ = 350.595 \text{ W}$$

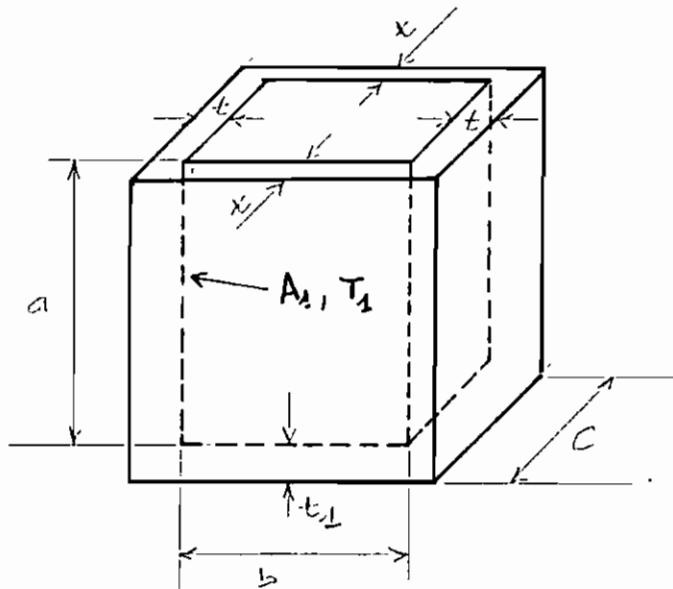
$$\bar{E}_v = 517.545 \text{ W} \approx 517.54 \text{ W}$$

R : conductibilité de la lame de verre = $0.04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$

PERTE PAR CONDUCTION

l'évaluation des pertes de chaleur par conduction sur les parois extérieures du corps du cuiseur se fera en conformité avec la méthode des facteurs de forme développés pour ce type de transfert.

Pertes sur le deuxième cuiseur



Pour q_c = pertes par conduction totales

$q_c = q_{c1} + q_{c2}$ où q_{c1} = aux pertes sur les parois latérales et q_{c2} les pertes par le bas.

$$q_{c1} = K S (T_1 - T_0) \quad \text{ici } T_2 = T_0$$

T_0 = température ambiante

$$S = \left[\frac{A_1}{t} + 2.16 (a + b + c) + 1.2t \right]$$

A_1 = surface de la paroi interne (en Acier)
 t épaisseur d'isolant

a, b, c dimensions de la cuve

$$q_{c2} = \frac{k A (T_1 - T_0)}{t_1}$$

A : surface du lit de gravier

k conductivité thermique de l'isolant.

$$k = 0.04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$A_1 = 4 \times 500 \times 10^{-3} \times 460 \times 10^{-3} = 0.92 \text{ m}^2$$

$$S = \left[\frac{0.92}{50 \times 10^{-3}} + 2.16 \left(500 \times 10^{-3} + 460 \times 10^{-3} + 460 \times 10^{-3} \right) + 1.2 \times 50 \times 10^{-3} \right]$$

$$S = 21.5272 \approx 21.53$$

$$A = (460 \times 10^{-3})^2 = 0.2116$$

$$q_{c1} = 0.04 \times 21.53 (T_g - T_0)$$

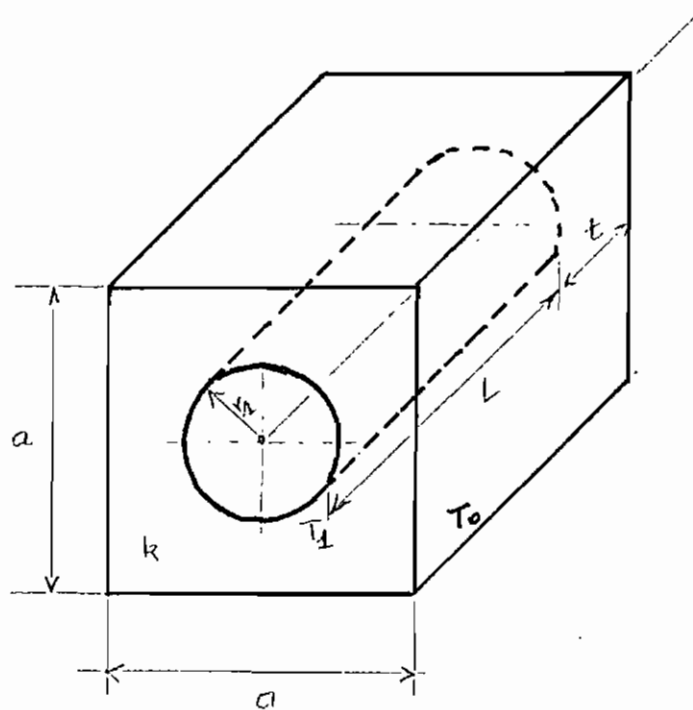
$$q_{c2} = \frac{0.04 \times 0.2116}{46 \times 10^{-3}} (T_g - T_0) =$$

$$q_{c1} \approx 0.86 (T_g - T_0)$$

$$q_{c2} = 0.18 (T_g - T_0)$$

$$\underline{q_c = 1.04 (T_g - T_0)}$$

Pertes sur le cuiseur modifié



D'une part nous négligeons la résistance des parois métalliques ; et d'autre nous assimilons l'épaisseur d'isolant initiale comme partie intégrante de la nouvelle couche d'isolant.

Ainsi les pertes par conduction q_c seront composées des parties sur les parois latérales et des pertes au bas du cuiseur.

$$q_c = q_{c1} + q_{c2}$$

$$q_{c1} = \frac{2\pi L}{\ln(0.5a/r_1)} k (T_1 - T_0)$$

$$\frac{2\pi L}{\ln(0.5a/r_1)} = S \hat{=} \text{facteur de forme}$$

$$q_{c2} = \frac{k A (T_1 - T_0)}{t}$$

A = surface du lit de gravier

t = épaisseur d'isolant entre la paroi interne (en acier) et la paroi interne (en bois)

k : conductivité de l'isolant

L : longueur du cylindre en acier

r_1 : diamètre de l'ouverture du cuiseur.

$$k = 0.04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$r_1 = 225 \text{ mm}$$

$$L = 500 \text{ mm}$$

$$a = 700 \text{ mm}$$

$$q_{c1} = \frac{2\pi \times 500 \times 10^{-3}}{\ln\left(0.5 \times \frac{700}{225}\right)} \times 0.04 (T_g - T_0)$$

$$t = 115 \text{ mm}$$

$$A = \pi r_1^2 = \pi \times (225 \times 10^{-3})^2 = 0.159 \text{ m}^2$$

$$q_{c2} = \frac{0.04 \times 0.159}{115 \times 10^{-3}} (T_g - T_0)$$

$$q_{c1} = 0.284 (T_g - T_0)$$

$$q_{c2} = 0.055 (T_g - T_0)$$

$$\underline{q_c = 0.339 (T_g - T_0)}$$

CONCLUSION

Les résultats expérimentaux auxquels nous aboutissons sont loin d'être de commune mesure avec les prévisions théoriques. La raison d'être de ceci reside sur le fait que nos calculs ont été effectués pour une insulation constante tout le long de la journée et supposée perpendiculaire à la surface captrice.

A un autre niveau, cette différence résiderait dans un écart considérable entre l'approche théorique de notre étude et le fonctionnement réel du cuisEUR.

En effet, une analyse critique des résultats, démontre un phénomène d'absorption au niveau de l'air confiné dans une première étape puis la restitution de l'énergie accumulée au gravier. Dépendamment de la climatologie nous pouvons ainsi avoir des pertes énormes vers l'extérieur au moment même où le transfert s'effectue de l'air confiné au gravier.

Ainsi sommes nous arrivés à la conclusion qu'une possibilité d'améliorer le rendement du cuisEUR serait de pouvoir circuler l'air confiné à travers le lit de gravier à l'aide d'un ventilateur incorporé au système et qui fonctionnerait lui aussi à l'aide du solaire.

Une autre question à soulever est de savoir à qui ce genre de cuisinier est destiné ! Bien sûr la réponse revient : à nos femmes, en majorité analphabètes, et quand même elles pourraient se servir d'instruments de mesure, cet élément supplémentaire rendrait plus onéreux l'investissement primaire.

Ainsi nous suggérons l'étude d'un moyen d'indication de la température atteinte : je pense à un système de lampe renseignant sur le niveau d'échauffement atteint dans le four.

Les mêmes remarques vont quant à l'utilisation pratique du cuisinier ; l'installation d'une porte latérale qui donnerait sur le niveau du lit de gravier faciliterait à bien des égards l'emploi du four en amoindrisant les risques de brûlures inhérentes à une non observation de certaines précautions à prendre vu que l'air confiné peut atteindre des températures allant au delà de 100°C .

Bref, nous retiendrons en principal, qu'il reste beaucoup à faire si le cuisinier doit être utilisé à un niveau plus général à la préparation de certains repas. Caractéristiques du SENE GAL. Cependant il est possible de s'en servir dès maintenant comme énergie d'appoint permettant de réchauffer certains aliments à des moments tardifs de la soirée.

REFERENCES

1) Basic heat Transfer

" FRANK KREITH & WILLIAM Z. BLACK

2) Solar Energy Thermal Process

" John . A . DUFFIE & William . A . BECKMAN

3) Planification habitat information Juin 1975

4) Cuisinière solaire Par Mamadou SOW Juin 80

5) Transmission de chaleur Par P. CARREAU

6) Handbook of heat transfer

" Warren M ROSENOW & James P HARTNETT "