Ecole Normale Supérieure de Cachan
Département de Génie Mécanique et de génie Civil
Travaux Pratiques

Inertie thermique

Bertin Morgan

Cachan, le 18 juin 2009

Table des matières

I Cours **4**

1 Introduction **4**

2 Conduction thermique **4**
2.1 Présentation 4
2.2 Etude 5
2.2.1 Résultats 5
2.3 Théorie 6

3 Inertie thermique **7**
3.1 Introduction 7
3.2 Définitions 7
3.3 Approche quantitative 7
3.3.1 Posons le problème 7
3.3.2 Gain thermique 8
3.3.3 Conclusion 8
3.3.4 Amplitude de température intérieure 8
3.4 Conclusion 10

II Travaux pratiques **11**

4 Introduction **11**

5 Expériences **11**
5.1 Expérience 1 : Diffusivité, temps de refroidissement 11
5.2 Expérience 2 : Effusivité, température de contact 12
5.3 Expérience 3 : Comparaison d'inertie thermique 12
5.3.1 Objectif 12
5.3.2 Banc expérimental utilisé 12
5.3.3 Question 13

III Annexes **14**

6 valeurs **14**

7 expèrience **16**

8 Bibliographie **19**

Première partie
Cours

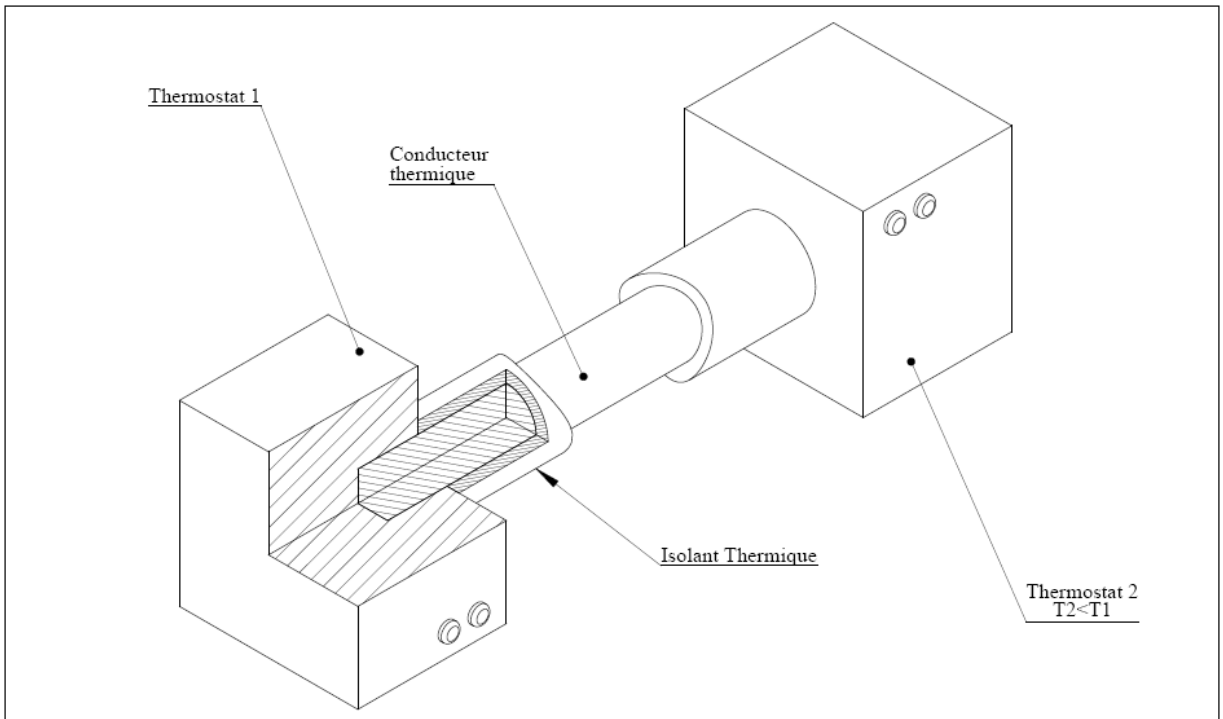
1 Introduction

L'objectif de ce cours et de ce TP est de faire comprendre à un niveau de terminale STI le mécanisme d'inertie thermique à travers une présentation théorique et une mise en pratique. Mais avant toute chose, il est bon de commencer par situer notre étude, en effet il est important de savoir en quoi la comprehension de ce principe peut nous être utile. Il faut voir dans ce principe une aide pour lutter e contre les pertes d'énergies et la sauvegarde de notre environement, mais comment ? L'Homme est un individu sédentaire, c'est à dire qu'il construit un habitat qui lui permet de rester sur place, cet habitat doit être adapté aux conditions de vie du milieux èxtérieurs. Aujourd'hui nos maisons le sont, malheuresement d'autres contraintes sont venus se rajouter, le coût de la vie et la notion de développement durable. Ainsi, il faut réaliser un habitat capable de maintenir notre niveau de vie actuel et ayant une empreinte environnementale la plus faible possible, et c'est là que réside toute la problématique de notre génération.

Notre étude scientifique se situera donc sur les matériaux composant les bâtiments d'aujourd'hui et de demain. Nous allons dans un premier temps comprendre le phénomène de conduction thermique, principe fondamental qui nous emmenera ensuite sur l'étude de l'inertie thermique à travers une expérience.

2 Conduction thermique

2.1 Présentation



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	Thermostat		2
2	tube conducteur	Cuivre	1
3	isolant		2

Fig. 1 – Présentation du schéma expérimental

Nous allons en premier lieu présenter une expérience qui permettra de situer le domaine de l'étude. Pour cette expérience vous disposez sur votre plan de travail d'un réchaud, de deux bacs d'eau. Vous devez calorifuger au mieux l'un des récipient avec de l'isolant afin que le milieu extérieur intérfère le moins possible sur celui-ci. Vous devez donc en premier lieu chauffer de l'eau dans le récipient et la maintenir pendant toute la durée de l'expérience à 60°C. Cela représentera notre premier thermostat qui jouera le rôle de la source chaude. Le second récipient présentera une eau renouvelée en permanence à la température de l'eau du robinet "froid" dans le but d'évacuer le flux thermique pour ainsi réaliser une expérience en régime permanent. Vous possédez aussi un tube en cuivre dont les extrémités seront placées dans les thermostats. Il vous faudra ensuite pacer deux thermomètres sur le tubes en cuivres, une a 1cm de la "source chaude" et un à 1 cm de la "source froide". Calorifugez le tube en cuivre et lancé l'expérience.

Le but de cette expérience est de créer une différence de température entre deux endroits, ceci s'appelle un gradient de température. Vous pouvez entendre ce mot quand vous regardez la météo lorsque la présentatrice parle de gradient de pression, c'est exactement la même chose, la pression n'est pas la même en tout point du territoire et dans notre expérience la température n'est pas la même en tout point du tube en cuivre.

Nous utilisons ici comme thermostat de l'eau car la chaleur peut être aisément répartie à l'intérieur de celui-ci et enfin car l'eau est un trés bon conducteur de chaleur (l'eau est d'ailleurs utilisé dans les circuits fermés des centrales nucleaires comme élément principal avec d'autres additifs, ou encore dans les systèmes de chauffage !)

2.2 Etude

Il éxiste trois différents modes de transfert thermique, voici lesquels :

Le rayonement	Transfert de chaleur par rayonement d'un corps c'est à dire par ondes
La convection	Déplacement macroscopique de fluide
La conduction	Augmentation de l'agitation thermique sans déplacement

Pour revenir au rayonement, c'est de cette façon que l'homme dégage de la chaleur, il rayonne en infrarouge.

<u>Définition</u> : Enfin notre étude se déroule en régime permanent, ce qui équivaut à dire qu'il y a équilibre entre les quantités d'énergie entrante et sortante.

2.2.1 Résultats

On obtient la courbe suivante lors de l'expérience :

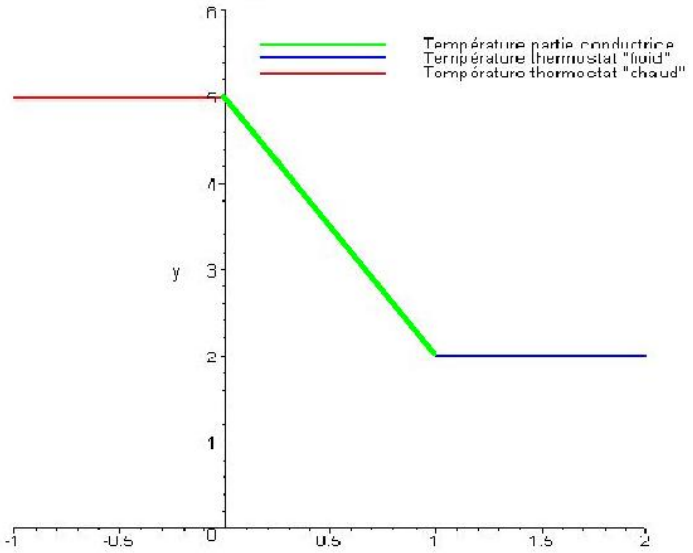


FIG. 2 – Evolution de la température en fonction de l'abscisse

2.3 Théorie

On suppose la conduction unidirectionnelle, ainsi que les paramètres intensifs du problème ont à un instant donné même valeur en tout point d'une même section droite. $T = f(x,t)$. (indépendant de y et de z). On suppose qu'il existe un flux thermique Φ_q qui traverse une section droite du tube (comme de l'eau le ferai dans une canalisation), ainsi :

$$\phi_q = \frac{\delta_Q}{dt}$$

Ou δ_Q est la quantité élémentaire de chaleur traversant (S) entre t et t+dt.

On introduit maintenant le vecteur densité de flux thermique :

$$\Phi_q = \int\int_{section} \vec{j_q} \cdot \vec{ds}$$

Enfin on à la relation de fourrier :

$$\vec{j_q} = -\lambda \vec{grad} T$$

Ou λ est la conductivité thermique en $W.m^{-1}.K^{-1}$ et j_q la flus thermique par unité de surface en $W.m^{-2}$. Donc lorsque la section droite est constante comme c'est le cas ici, en régime permanent le flux thermique ne dépend pas du temps, d'ou l'hypothèse de départ.

Or la température grâce aux hypothèses choisies ne dépend que de l'abscisse du point d'observation, de plus nous sommes en régime permanent donc :

$$T = f(x) \quad et \quad grad(T) = \frac{\partial T}{\partial x} + \underbrace{\frac{\partial T}{\partial y}}_{=0} + \underbrace{\frac{\partial T}{\partial z}}_{=0}$$

Ainsi : $grad(T) = \frac{dT}{dx}$ Ainsi en faisant l'approximation sur la longueur du tube on peut admettre l'expression suivante :

$$\Phi_q = j_q \cdot S, \quad \frac{Q}{S} = \lambda \frac{\Delta T}{-\Delta L}$$

et finalement :

$$\lambda = \frac{Q \cdot L}{S \cdot \Delta T}$$

Avec Q la puissance dissipé par effet joule par la résistance qui permet de maintenir le thermostat à température.

Ainsi pour réaliser une mesure de la conductivité thermique il faut mesurer la tension au borne de la résistance en régime permanent grâce à un voltmètre, lire la valeur de la tension et calculer ainsi la puissance dissipée par effet joule. Pour comparaison voici quelques valeurs de conduction thermique pour d'autres matériaux.

Matériau	Conduction $W.m^{-1}.K^{-1}$
cuivre	300
Carbone	129
Air (100 kPa)	0,0262
Aluminium (pureté de $99,9\%$)	237
Brique (terre cuite)	0,84
Béton	0,92
Or	317
Paille (perpendiculaire aux fibres)	0,04
Diamant	1000-2600

Un isolant est un matériaux ayant une trés faible inertie thermique, on remarque ainsi que l'air est un des meilleurs isolant sachant que le meilleur est le vide. On comprend donc pourquoi les vitres aujourd'hui sont en double ou triple vitrage.

3 Inertie thermique

3.1 Introduction

Il faut tout d'abord savoir que l'inertie thermique n'a de sens que dans l'hypothèse où les phénomènes thermiques sont périodiques. En effet la température d'un hâbitat oscille autour d'une température moyenne avec une certaine amplitude. Enfin la température intérieur du bâtiment T_{int} est égale à la somme d'une température moyenne et d'une température périodique.

3.2 Définitions

• INERTIE : « Propriété qu'ont les corps de ne pouvoir d'eux-mêmes changer l'état de repos ou de mouvement où ils se trouvent » (Petit Robert).
• « force d'inertie : résistance que les corps, en raison de leur masse, opposent au mouvement » (Petit Larousse).

On peut donc relier cette définition à notre centre d'intérêt qui est celui des bâtiments :

• INERTIE THERMIQUE : « Propriété qu'ont les murs des bâtiments de s'opposer aux changements de température ».
• « L'inertie thermique d'un logement peut être définie comme la capacité qu'il offre de maintenir stable sa température intérieure malgré les variations des températures extérieures ou de l'ensoleillement ».

3.3 Approche quantitative

3.3.1 Posons le problème

Nous allons définir de manière quantitative la température à l'intérieur d'un habitat, nous pouvons utiliser pour cela le principe de superposition. En effet la température à l'intérieur d'un habitat sera égal à la somme des quantités de chaleur venant agir sur notre habitat. Comme nous l'avons dit précedement, la température peut se décrire suivant une valeur moyenne et une amplitude périodique.

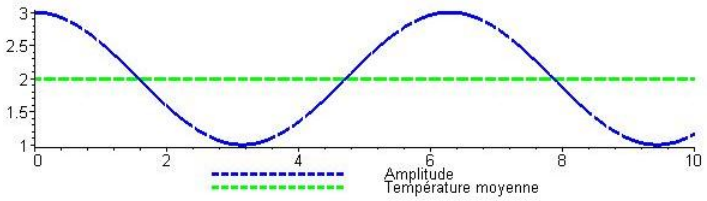


FIG. 3 – Caractérisation d'une température

Que faut-il donc considérer pour d'écrire la température intérieure d'un habitat ? :

- La température extérieure
- Les apports internes (occupation, chauffage...)
- Les apports solaires par les ouvertures
- Les apports solaires par les parois opaques

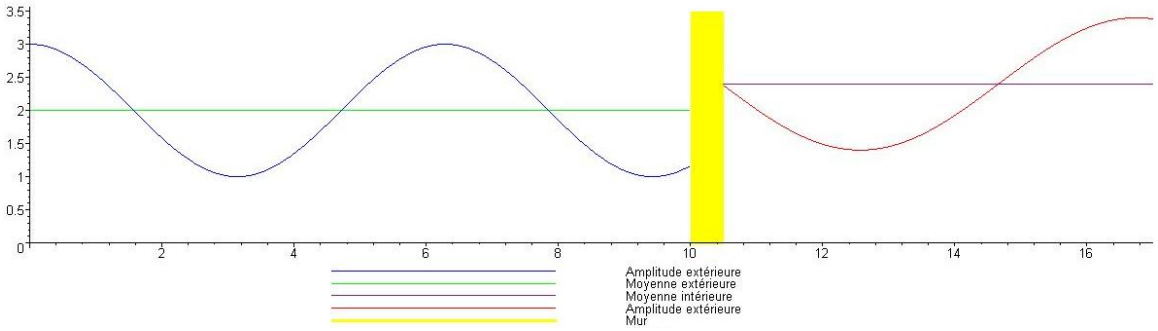


FIG. 4 – Caractérisation d'une température

On a donc un "supplément de température moyenne" CSTB, ou gain thermique. On peut donc définir la valeur de température intérieure comme suit :

$$T_i = T_{emoy} + \Delta T + A_i \cdot cos(\omega t)$$

On remarque dans cette formule que nous pouvons influer sur deux paramétres : ΔT et A_i car T_{ext} est une valeur de milieu extérieur que l'on ne peut changer. (même si aujourd'hui...) Nous allons donc étudier ses deux termes un à un et définir ce qu'ils apportent et comment agir sur eux.

3.3.2 Gain thermique

Interessons nous au gain de température car c'est lui qui va permettre le confort en été ou en hiver et faire diminuer les consommations d'énergies suivant sa valeur. Notre étude se situe toujours en régime permanent. On peut écrire le gain de température comme suit :

$$\Delta T = \frac{P_{entrant}}{P_{perdue}}$$

Quelles peuvent être alors les puissances entrantes et les puissances perdues par notre habitat :

$P_{entrant}$

P_i : puissance interne (chauffage, occupation)
P_{sv} : puissance solaire transmise par les vitrages.
P_{sp} : puissance solaire transmise par les parois opaques.

P_{perdue}

U_e : Pertes du à la conductance thermique de l'enveloppe
A_q : Pertes du au débit de renouvellement d'air

Ainsi le gain de température s'écrit :

$$\Delta T = \frac{P_i + P_{sv} + P_{sp}}{U_e + 0,34A_q}$$

3.3.3 Conclusion

Ainsi en confort d'été il faut faire diminuer δT :

- Diminuer P_i, ne pas chauffer l'habitat.
- Diminuer P_{sv}, puissance solaire transmise par les vitrages.
- Diminuer P_{sp}, puissance solaire transmise par les parois opaques.
- Augmenter U_e, isoler la maison.
- Augmenter A_q (Watt), bien aérer la maison.

Et en confort d'hiver il faut faire augmenter δT :

- Augmenter P_i, chauffer l'habitat.
- Augmenter P_{sv}, puissance solaire transmise par les vitrages.
- Augmenter P_{sp}, puissance solaire transmise par les parois opaques.
- Diminuer U_e, isoler la maison pour maintenir la température.
- Diminuer A_q, cloisoner la maison.

3.3.4 Amplitude de température intérieure

A_i dépend de l'amplitude extérieure A_e et de l'inertie thermique de l'enveloppe. De plus on peut relier A_i et A_e avec les grandeurs qui définissent l'inertie thermique. Ainsi :

$$\frac{A_i}{A_e} = f(a, b)$$

où a est la diffusivité thermique et b est l'éffusivité.

Définition : La diffusivité thermique a exprime la capacité d'un matériau à transmettre une variation de température.

$$a = \frac{\lambda}{\rho C}$$

λ : conductivité thermique
ρ : masse volumique
C : chaleur massique
ρC : chaleur volumique

Grâce aux valeurs situées en annexes donnez les diffusivités du béton, du bois, de l'or, de l'air, de l'eau. Nous allons maintenant réaliser une expérience mettant en jeu la diffusivité des matériaux, se reporter à la première l'éxpèrience situé à la page 10.

Conclusion sur la diffusivité

Augmenter la diffusivité, c'est faciliter la diffusion de la température à l'intérieur du matériau. Pour augmenter la diffusivité, il faut :
- Soit augmenter la conductivité thermique
- Soit diminuer la chaleur volumique

La température du matériau s'élève d'autant plus rapidement que la chaleur peut plus facilement l'atteindre (conductivité élevée) : a évolue dans le même sens que l.

Mais sous l'effet d'une puissance thermique, sa température s'élève d'autant plus lentement qu'il faut beaucoup plus de chaleur pour l'élever (chaleur volumique élevée) : a évolue dans le sens de l'inverse de ρC.

Définition : L'effusivité d'un matériau exprime sa capacité à résituer la puissance thermique. L'effusivité s'exprime de la façon suivante :

$$b = \sqrt{\lambda C}$$

l	conductivité (W/m.°C)
r	masse volumique (kg/m3)
C	chaleur massique (kJ/kg.°C)

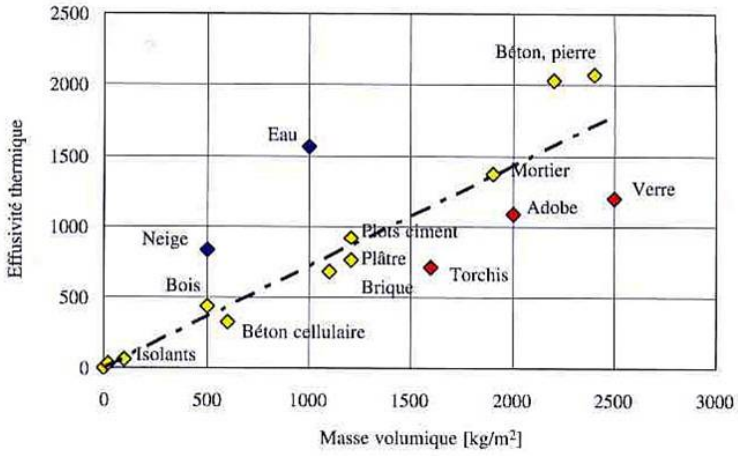


FIG. 5 – Effusivité des matériaux et masse volumique

• Un matériau absorbe d'autant plus la puissance thermique que la chaleur peut plus facilement l'atteindre (conductivité élevée) : e évolue dans le même sens que l.

• Mais il absorbe d'autant plus facilement la puissance thermique que sa température s'élève peu sous l'effet de la chaleur (chaleur volumique élevée) : e évolue dans le même sens que de ρC.

Exemple d'application : sensation de chaud et de froid

Tout le monde sait par expérience que l'on ressent une sensation de plus grande fraîcheur si l'on pose la main sur une plaque d'acier que si on la pose sur une table en bois (la plaque et la table étant à la même température : celle de la pièce). L'explication physique réside dans la valeur de la température de contact différente dans les deux cas due à la différence entre les effusivités thermiques des deux solides en contact.

Voici une modélisation simple de ce phénomène : La « température de contact » est donnée par l'expression :

$$T_c = \frac{T_1 \cdot b_1 + T_2 \cdot b_2}{b_1 + b_2}$$

Où T_1 et b_1, T_2 et b_2 sont respectivement la température et l'effusivité thermique du solide 1 et du solide 2.

Conclusion

D'une manière générale, on peut dire que la « température de contact » est imposée par le matériau qui possède l'effusivité la plus forte. Pour diminuer les sensations de froid ou de chaleur lors du contact, il est donc nécessaire de recourir à des matériaux de faible effusivité. Par exemple, dans un sauna, le meilleur matériau possible est le bois, dont la température de surface peut sans danger monter à 60°C. Marcher sur des braises...

3.4 Conclusion

On on défini donc la valeur de température intérieure comme suit :

$$T_i = T_{emoy} + \Delta T + \frac{A_i}{A_e} \cdot A_e \cdot cos(\omega t)$$

Deuxième partie

Travaux pratiques

4 Introduction

L'objectif de ce TP à pour finalité la compréhension du principe d'inertie thermique. Tout d'abord on peut remarquer le problème se pose de deux manières différentes : L'inertie thèrmique que possèdent un liquide ou un solide à se refroidir et celle qu'ils possèdent à augmenter leurs températures. Le principe d'inertie a été utilisé dans bien des domaines tels que l'élctronique avec l'avènement des condensateurs et des bobines qui ont joués un rôle vital dans la création de la radio. Il ne faut donc pas associer ce phénomène à une idée de lenteur mais bien à un fait scientifique trés intéressant et utile. En effet le confort dans un logement est directement lié à l'inertie thermique du bâtiment.

En été tout le monde sait qu'une trop forte chaleur à l'intérieur d'une habitation est un facteur d'inconfort important. Cela est souvent vu comme une fatalité mais il existe des façons très concrètes pour obtenir un environement climatique intérieur maîtrisé, tout au long de l'année. C'est en ce sens que ce TP va essayer de vous faire comprendre comment l'inertie thermique fonctionne et en quoi elle est utile.

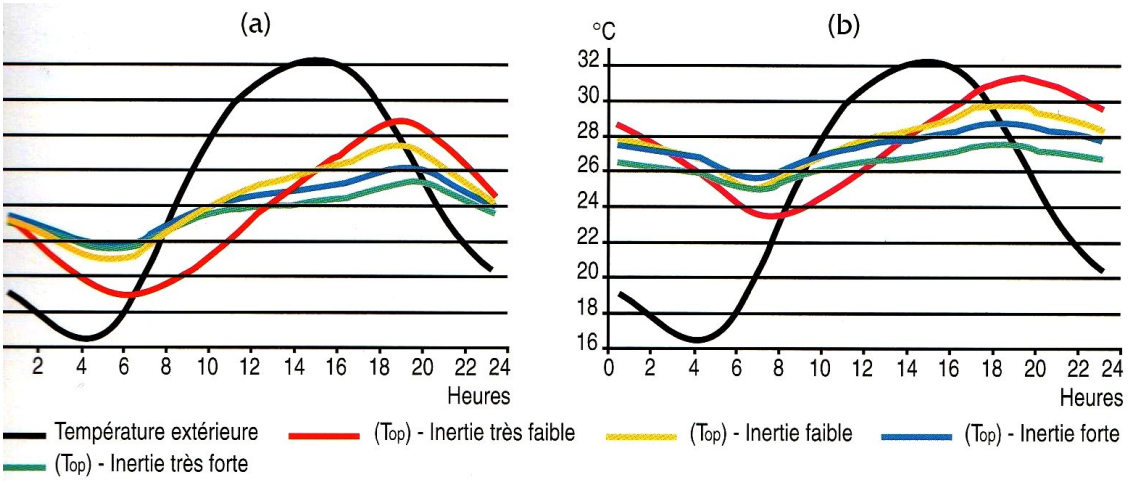


Figure A : exemples d'évolution des températures pour un logement collectif (a) et pour une maison individuelle (b).

Avant de commencer notre étude, il est bon de raconter une anedocte concernant notre sujet. Les maisons qui sont contruits actuellements présentent une très mauvaise inertie thermique sans apport de matériaux qui remplissent cette fonction. Ainsi certaines personnes ayant des convictions assez fortes dans le respect de l'environnement conçoivent des maisons ayant une inertie thermique extrèmement plus importante avec des matériaux peu connus du grand public utilisé dans le domaine de la construction individuelle. Nous allons dans ce TP tenter d'aboutir à une solution concrète de construction respectueuse de l'environement et possédant des capacités thermiques identiques ou supérieures à celles èxistantes.

5 Expériences

5.1 Expérience 1 : Diffusivité, temps de refroidissement

Le but de cette expérience est de mettre en évidence le phénomène de diffusivité thermique, pour cela faites chauffer de l'eau jusqu'à ébullition, et plonger deux matériaux différents, acier et bois. Laisser les chauffer 10 minutes pour qu'il soient chaud à coeur et retirez-les. Placer un thermomètre dans l'orifice du centre pour prendre la température "à coeur" et enregistrer la température au cours du temps.

Tracer un graphique représentant la température en fonction du temps pour chacun des matériaux et conclure concernant le matériau qui possède la plus grande diffusivité thermique. Indiquer en quoi chacun de

ces matériaux peut être utile si le critère de diffusivité thermique est choisi. Donner des exemples et expliquer vos choix.

5.2 Expérience 2 : Effusivité, température de contact

Le but de cette expérience est de mettre en évidence le phénomène d'éffusivité thermique, pour cela, faites chauffer l'eau jusqu'à ébulition, et plonger le morceau de bois et celui de verre, ils n'ont pas besoins d'être complètement refroidis. Les faire chauffer 10 minutes.

Voulez-vous plonger un de vos doigts dans l'eau ? Pourquoi ?

Retirer les deux matériaux, sécher les et attendre qu'ils refroidissent 3 minutes, les prendre à pleine main. Que se passe t-il ? Expliquer votre sensation d'une manière simple puis d'une manière scientifique avec les données situées en annexes. Revener au cas de l'eau.

5.3 Expérience 3 : Comparaison d'inertie thermique

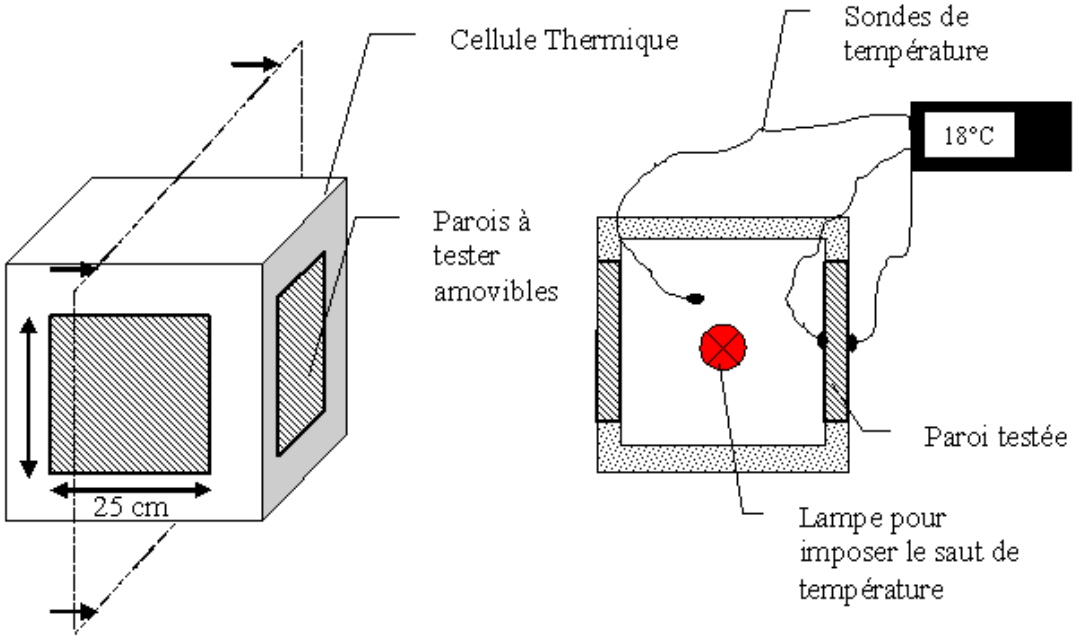
5.3.1 Objectif

Comparez l'inertie thermique de parois de différents matériaux dont le bois, le béton, la paille. L'inertie thermique est mesurée par mesure du temps nécessaire pour passer d'un état stationnaire à un autre lorsque l'on soumet la paroi à un saut de température.

5.3.2 Banc expérimental utilisé

Utilisation d'une cellule thermique :

Il s'agit d'un cube dont on peut changer une partie des faces latérales. Au centre de la cellule thermique, se trouve une source de flux thermique. Il s'agit en fait d'une boîte noire contenant une ampoule. Le flux thermique de la lampe est généré manuellement par un potentiomètre (on peut monter jusqu'à environ 70°C de température de lampe). Pour pouvoir mesurer la température de la surface intérieure et extérieure des parois, on a 9 thermocouples en total (8 pour 4 parois ,1 pour la source de chaleur).



Protocole opératoire :
" On impose dans la cellule le flux de chaleur maximal (montée en température de la lampe jusqu'à 70°C environ et stabilisation à cette température). " On mesure alors au cours du temps l'évolution des températures sur la surface extérieure et sur la surface intérieure de chacune des 4 parois de la cellule (constituées chacune

de matériaux différents dont le bois et la paille). " On compare les temps mis pour arriver à une stabilisation des températures pour chaque paroi testée. La paroi pour laquelle le temps est le plus long est celle qui a la plus grande inertie.

5.3.3 Question

tracez la température de chacun des matériaux pour chacunes des deux faces au cours du temps, conclure.

Troisième partie

Annexes

6 valeurs

Valeurs de conductivité thermique W/m.°C

380	cuivre
230	aluminium
160	duralumin
112	zinc
72	fer
56	fonte
52	acier
35	plomb
3,5	granit, basalte
2,9	marbre, pierre
2,1	ardoise
1,75	béton courant
1,15	enduit ciment, verre
0,95	amiante-ciment
0,7	plâtre serré
0,46	plâtre enduit
0,4	caoutchouc
0,23	bois durs
0,22	béton cellulaire
0,15	résineux
0,12	bois tendres
0,10	liège comprimé
0,058	panneaux de fibres
0,041	laines de verre et de roche
0,039	polystyrène expansé
0,029	mousse de polyuréthane
0,023	air immobile

Valeurs de chaleur massique J/kg.°C

Solide	
aluminium	890
argent	230
bois	2400
béton	1000
chlorure de sodium	880
ciment	830
cuivre	400
eau (glace)	2100
étain	220
fer	470
fibre de verre	835
granulats béton	830
or	130
marbre	880
nickel	443
polystyrène expansé	1380
plomb	130
soufre	750
verre ordinaire	800
zinc	390
Liquide	
benzène	1800
eau (liquide)	4180
éthanol (alcool)	2500
éther	1400
mercure	140
pétrole	2100
Gaz	
air	1000
argon	520
azote	1000
eau (vapeur)	1900
hélium	5200
hydrogène	1600
méthane	2200
néon	1000
oxygène	910

Valeurs de l'éffusivité b (J/m2.°C.s 1/2) :

Acier	14000
Maçonnerie	2000
Bois	350
Plastique alvéolaire	30
Peau	1800

7 expèrience

Temps minutes	Secondes	9 milieu milieu intérieur	0 milieu extérieur	6 béton béton interne	4 béton externe	2 bois bois interne	7 bois externe	5 bois + paille paille interne	8 paille externe
0	0	41	25	32.7	28.4	37.4	29.4	37.5	27.5
3	180	42.7	25.05	34.2	29.6	40.6	29.9	40.5	28.3
6	360	43.9	25.1	35.3	30.2	41.6	30.6	42	29.4
9	540	44.5	25.15	36.4	31.2	42.9	31.3	43.6	29.5
12	720	45.2	25.2	37.1	31.6	43.4	31.7	44.4	29.8
15	900	45.5	25.25	37.8	32.2	44.1	32.1	45.1	30.1
18	1080	46	25.3	38.5	32.7	44.6	32.5	45.8	30.4
21	1260	46.3	25.35	39.2	33.3	45.2	32.8	46.5	30.7
24	1440	46.9	25.4	39.8	33.7	45.5	33.1	46.9	30.9
27	1620	47.1	25.45	40.3	34.5	46.1	33.3	47.4	31.1
30	1800	47.6	25.5	40.7	35	46.3	33.5	47.8	31.2
33	1980	47.9	25.55	41.2	35.6	46.7	33.7	48.2	31.5
36	2160	48.1	25.6	41.6	35.9	46.9	33.9	48.5	31.5
39	2340	48.4	25.65	42.2	36.6	47.3	34.2	49	31.7
42	2520	48.6	25.7	42.5	36.7	47.5	34.3	49.1	31.9
45	2700	48.8	25.75	42.9	37.1	47.7	34.4	49.4	31.9
48	2880	49	25.8	43.2	37.4	47.9	34.5	49.6	32.1
51	3060	49.2	25.85	43.5	37.7	48.2	34.6	49.9	32.1
54	3240	49.4	25.9	43.7	37.8	48.3	34.7	50	32.2
57	3420	49.5	25.95	44.1	38.2	48.6	34.7	50.3	32.2
60	3600	49.8	26	44.3	38.3	48.7	34.7	50.4	32.3
63	3780	49.8	26.05	44.5	38.6	48.8	34.6	50.6	32.3
66	3960	50	26.1	44.7	38.8	49	34.7	50.7	32.3
69	4140	49.5	26.15	44.6	38.9	48.4	34.7	50.3	32.2
72	4320	47.5	26.2	43.8	39	47.3	34.6	49	32.4
75	4500	45.8	26.25	42.8	38.8	45	34.4	46.9	32.4
78	4680	44.2	26.3	42.2	38.6	44.1	34.1	45.5	32.3
81	4860	43.3	26.35	41.5	38.3	42.6	31.5	44.2	32.1
84	5040	42.3	26.4	41.1	38.1	42.1	31.1	43.4	32
87	5220	41.8	26.45	40.6	37.7	41.1	30.9	42.5	31.7
90	5400	40.5	26.5	39.8	37.4	40.3	30.6	41.4	31.2

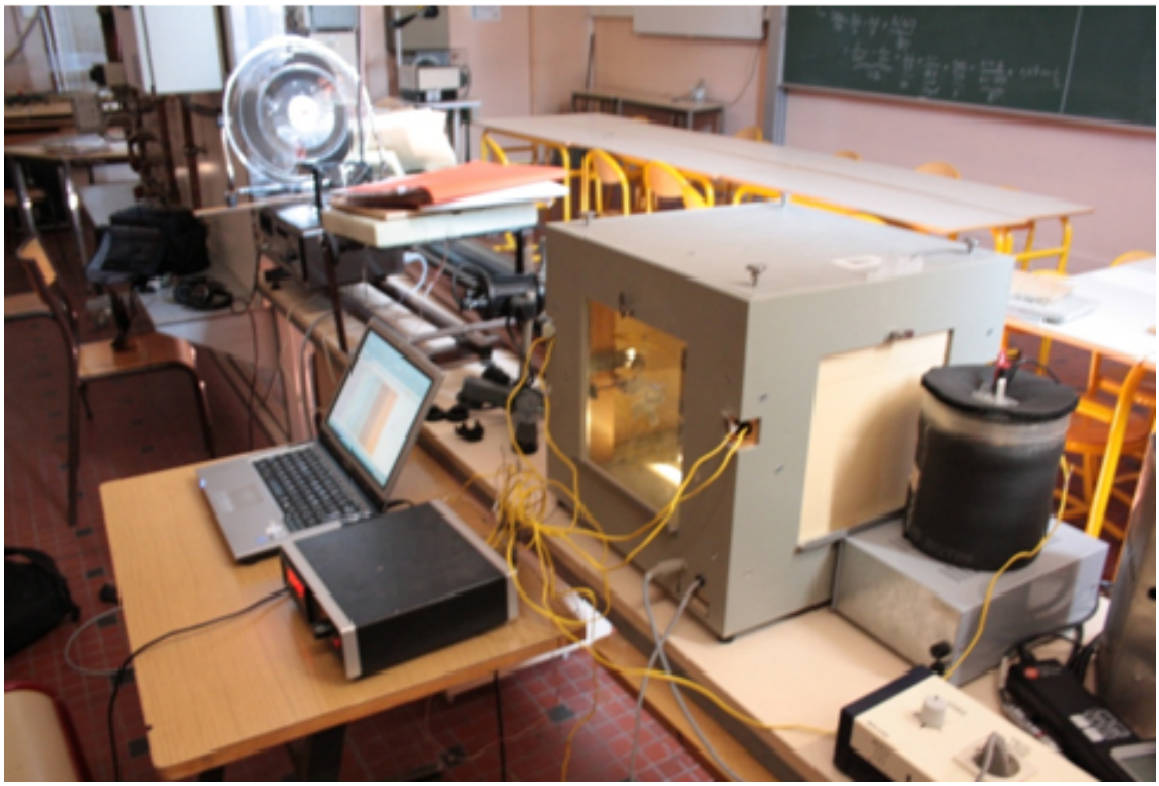


FIG. 6 – Expérience

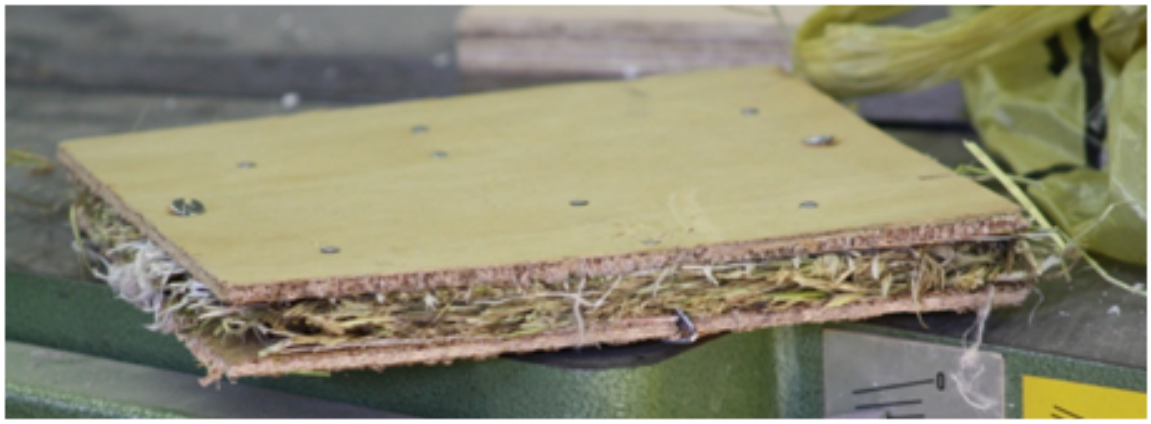


FIG. 7 – éprouvette

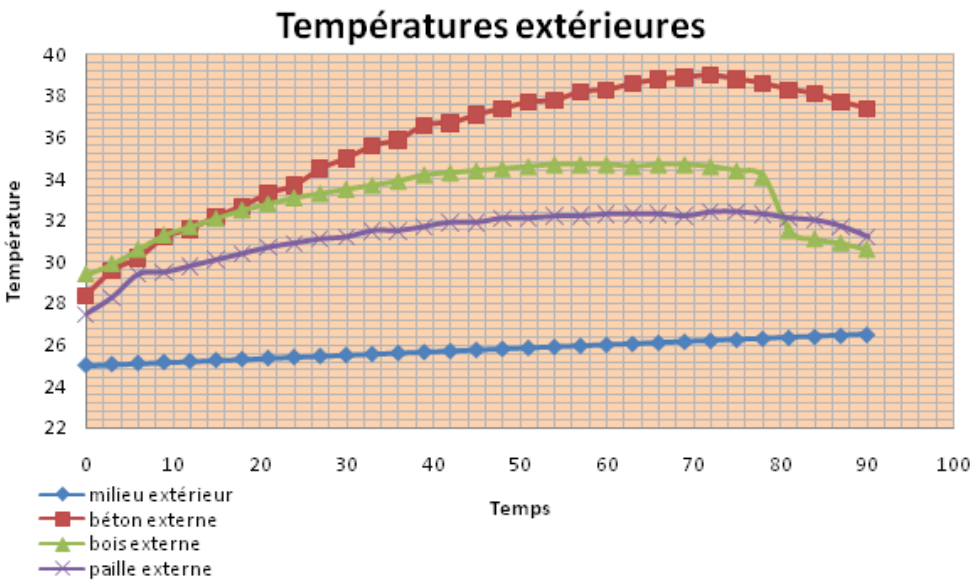


FIG. 8 – Températures extèrieures

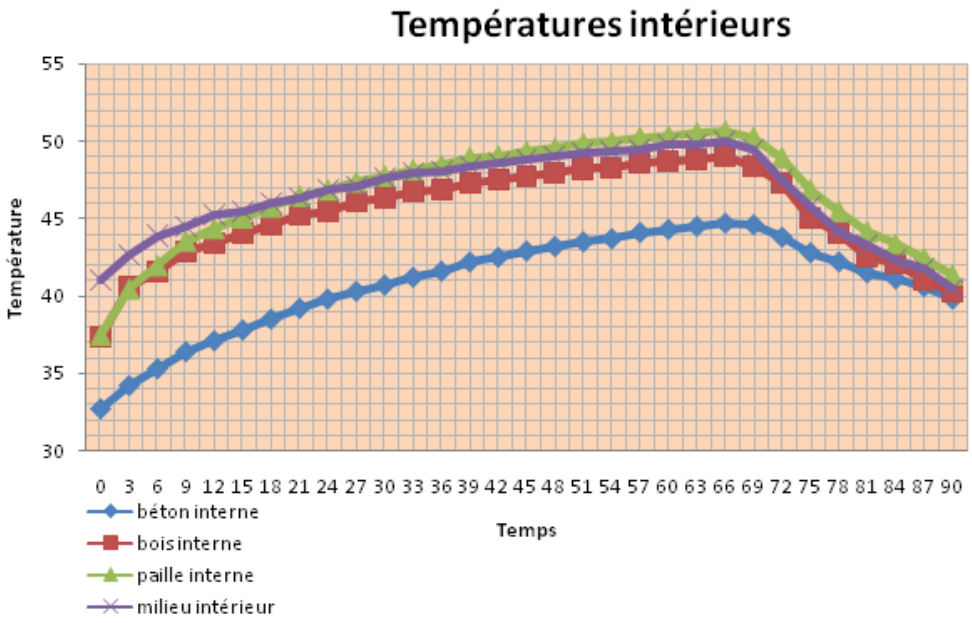


FIG. 9 – Températures extèrieures

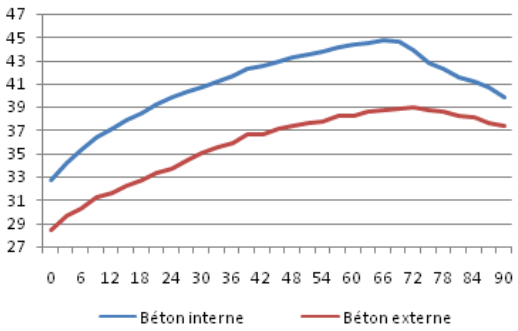


FIG. 10 – Température béton

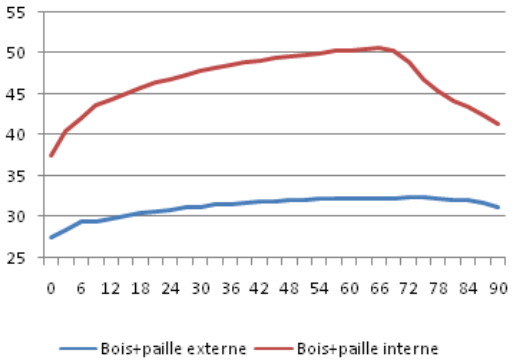


FIG. 11 – Température paille

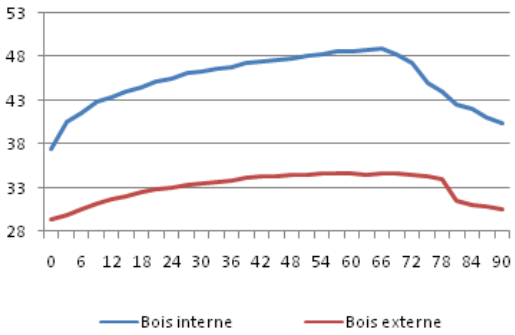


FIG. 12 – Température bois

8 Bibliographie

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
Traité d'architecture et de construction de maison bioclimatique
www.lamaisonenpaille.com
http ://www.ideesmaison.com/Construction/Petits-travaux-et-finitions/Inertie-thermique/Inertie-thermique.html
http ://fr.wikipedia.org/wiki/Inertie-thermique
http ://archi.climatic.free.fr/01questce.html
Travaux de monsieur Jean-Louis IZARD de l'école supérieure d'architecture de Marseille

Table des figures

1 Présentation du schéma expérimental 4
2 Evolution de la température en fonction de l'abscisse 5
3 Caractérisation d'une température 7
4 Caractérisation d'une température 7
5 Effusivité des matériaux et masse volumique 9
6 Expérience 17
7 éprouvette 17
8 Températures extèrieures 18
9 Températures extèrieures 18
10 Température béton 19
11 Température paille 19
12 Température bois 19