

RÉPUBLIQUE DU SÉNÉGAL



ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE THIÈS

**PROJET  
DE  
FIN D'ÉTUDES**

Gm. 9406

Titre AMÉLIORATION DU CONFORT  
THERMIQUE A LA BIBLIOTHEQUE

Auteur : BOUBACAR DIAÏTÉ

Génie Mécanique

Date : JUIN 1982

## DÉDICACE

Gm. 9406

Ce projet est dédié à :

Ma femme Mourina N'Dione

Mes enfants Cherif et Abdou Diaté

Ma mère Patoumata Demba

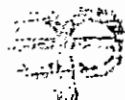
Mes frères :

Amadou Diaté

Bassirou Diaté

Bourama Diaté

A tous les professeurs qui ont participé à  
ma formation, ainsi que tous les amis  
de l'école et de l'extérieur

 École Polytechnique  
de UNES

Ecole Polytechnique de Thies

Département : Génie mécanique

Année scolaire : 81.82

PROJET  
DE  
FIN D'ÉTUDES

Titre : Amélioration du confort

Thermique à la Bibliothèque

Auteur : Boubacar Dioite'

Directeur : Prof: MICHEL PETITEAU

CHAPITRE    PREMIER

PRÉLIMINAIRE

Handwritten scribbles at the top left margin.

Handwritten scribbles at the bottom left margin.

## REMERCIEMENTS

de confort thermique est un sujet vaste et complexe. C'est pour cela, dans le cadre de ce projet, il a fallu le soutien et les conseils de gens aussi bien expérimentés que maîtrisant le sujet. Pour tous ces efforts, je remercie très vivement mon directeur de projet, M<sup>r</sup> Michel Petiteau professeur en air climatisé, réfrigération et transmission de chaleur, pour sa collaboration permanente tout au long de ce projet.

Je remercie aussi tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce travail; en particulier :

M<sup>r</sup> y. A. Yousoef, professeur en éléments de machines, mécanismes, implantation et manutention, pour le relevé de température au sein du campus qu'il a bien voulu me fournir.

M<sup>r</sup> François Houmaire, technicien à l'E.P.T, pour sa collaboration à l'évaluation des solutions.

M<sup>r</sup> Isam Kfoury, professeur en plomberie et application de la tuyauterie, pour ses suggestions sur les solutions proposées.

Le service météorologique de Thies pour sa

disponibilité à fournir les renseignements nécessaires à l'avancement de ce projet.

MR Gilles Belanger, technicien à la salle de calcul, pour les facilités accordées à l'ordinateur à fin de mener les calculs à bien.

## SOMMAIRE

L'objectif de ce projet est de rechercher les moyens de réduire la charge de refroidissement au sein de la bibliothèque, de façon à économiser l'énergie nécessaire au fonctionnement du système de climatisation en place et en même temps d'améliorer les conditions de confort thermique actuelles.

La méthode utilisée pour l'évaluation de la charge de refroidissement, est celle exposée dans "ASHRAE HANDBOOK" au chapitre 25 page 25.3. Les résultats obtenus sont les suivants :

Charge totale  $Q = 230\,000 \text{ BTU/hr} = 67 \text{ Kw} = 19 \text{ tonnes}$   
avec :

43%	à partir des vitres
13%	à partir du toit
3%	à partir des murs
1%	à partir de la cloison
3%	à partir des lumières
13%	à partir des personnes
24%	à partir des infiltrations



## Table des matières

	<u>Page</u>
Page titre	i
Remerciements	iii
Sommaire	v
Introduction	2
hypothèses utilisées dans le programme	4
Paramètres de calcul	5
Résultats du calcul	15
Les solutions	25
Evaluation des solutions	26
Evaluation du coût de fonctionnement de la centrale de climatisation	38
Conclusion	40
Discussion et recommandations	41
Plan de la bibliothèque	48
Dessin d'une persienne	49
Programme de calcul	50
Bibliographie	58

CHAPITRE

DEUX

TEXTE

## INTRODUCTION

La bibliothèque de l'école Polytechnique, véritable mémoire technique et scientifique, est aujourd'hui l'objet d'une assez triste constatation : en période de chaleur, elle constitue l'un des blocs les moins fréquentés par les étudiants et coopérants. Les raisons évoquées sont nombreuses, cependant une raison ne cesse de revenir : l'inconfort thermique de la bibliothèque en période de chaleur.

Pourtant un système complet de climatisation y est installé qui ne fonctionne malheureusement pas. Toutes les tentatives de réparations et de mise en marche ont jusqu'ici échoué et les difficultés semblent insurmontables.

La pertinence du problème que pose cette situation réside dans le souci constant des autorités de former de bons ingénieurs. Or, pour cela, il faut que les étudiants et leurs professeurs puissent tout le temps se mettre au courant des nouvelles techniques que la science met à leur service. Soit l'impérieuse nécessité d'une fréquentation soutenue de la bibliothèque.

Notre objectif est alors de trouver une solution intermédiaire acceptable qui va consister en la réduction de la charge de refroidissement c'est à dire le taux de chaleur qui entre dans la bibliothèque.

Eependant, déterminer la charge de refroidissement peut s'avérer très difficile car tout organisme réagit de façon spécifique devant le confort thermique. Il s'agit alors de trouver un compromis.

Pour cette raison, nous allons prendre des valeurs de température intérieure moyennes que nous jugeons raisonnables à fin d'aboutir à une bonne estimation de la charge de refroidissement.

C'est connaissant la charge et ses provenances que nous allons analyser les différentes solutions qui s'imposent.

## Programme pour le calcul de la charge

Le programme est conçu pour calculer la charge de refroidissement maximale pour les mois de Mars, Avril, Mai et Juin. Les températures extérieures étant prises à :

- température sèche :  $91^{\circ}\text{F}$ ,  $93^{\circ}\text{F}$  et  $95^{\circ}\text{F}$

- température humide :  $80^{\circ}\text{F}$ ,  $80^{\circ}\text{F}$  et  $81^{\circ}\text{F}$ .

voir table 3 page 23-21 Conditions climatiques pour le Sénégal (DAKAR).

La température intérieure étant choisie égale à :

- température sèche :  $78^{\circ}\text{F}$

- humidité absolue : 0.01.

Le programme est élaboré pour un calcul de la charge de refroidissement sur chaque mois et à toutes les heures. Il effectue un tri sur les vingt quatre valeurs de charge et affiche la valeur maximale ainsi que la répartition en pourcentage selon les sources de chaleur.

Dans le but de pouvoir nous servir des tables, nous avons supposé que la bibliothèque fonctionne huit heures de temps continues.

## Parametres de calcul

### I) GAIN à partir du toit

$$Q = U.A.CLTD$$

$$U = 1/R_T$$

$R_T$ : resistance thermique totale de la structure

$U$ : coefficient de transfert de chaleur

Unité de  $U$ :  $BTU/h \cdot R^2 \cdot ^\circ F$

$$R_T = 1/h_o + 2 \times R(\text{air}) + R(\text{terrasse}) + R(\text{isolant}) + R(\text{Allum})$$

$$1/h_o = .17 \quad \text{air extérieur}$$

$$R(\text{air}) = .68 \quad \text{air entre plafond et toit}$$

$$R(\text{terrasse}) = 2.225$$

$$R(\text{isol}) = 4.26 \quad \text{pour l'isolant}$$

$$R(\text{Allum}) = 7.8 \cdot 10^{-3} \quad \text{pour les plaques d'aluminium}$$

Au niveau de la bibliothèque ONA:

$$R_{T_1} = 8.62 \quad h \cdot R^2 \cdot ^\circ F / BTU$$

$$U_1 = .116 \quad BTU/h \cdot R^2 \cdot ^\circ F$$

Au niveau de salle de catalogage:

$$R_{T_2} = 10.5 \quad h \cdot R^2 \cdot ^\circ F / BTU$$

$$U_2 = .095 \quad BTU/h \cdot R^2 \cdot ^\circ F$$

$$R(\text{Tuile}) = 1.89$$

CLTD

table 5 page 25.7 ASHRAE

$A$  : surface d'échange de chaleur

$$A_1 = 6294 \text{ ft}^2 = 584.7 \text{ m}^2$$

$A(\text{catalogage}) = C_1$

$$C_1 = 1456 \text{ ft}^2 = 135.3 \text{ m}^2$$

- Correction du CLTD Par rapport aux températures extérieures et intérieures.

- l'écart journalier à DAKAR est de  $13^\circ\text{F}$

$R_1$  : est la température extérieure

$R_2$  : est la température intérieure

$$Z_1 = (R_1 - 13/2) - 85$$

$$Z_2 = 78 - R_2$$

Où  $85^\circ\text{F}$  est la température extérieure à laquelle

il n'est pas nécessaire de corriger le CLTD

et  $78^\circ\text{F}$  étant la température intérieure à laquelle

il n'y a besoin de corriger le CLTD

d'où

$$Q_1 = [U_1 \cdot A_1 + U_5 \cdot C_1] [\text{CLTD} + Z_1 + Z_2]$$

## II) GOIN à partir des murs

Il est obtenu à partir de la formule :

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD$$

$$R_T = 2.188 \text{ h } R_i \cdot F / \text{BTU}$$

$$U = 1/R_T = .457 \text{ BTU/h } \cdot R_i \cdot F$$

$$1/h_o = .17 \quad R(\text{conduit}) = .15 \quad R(\text{parpin}) = 1.04 \quad 1/h_i = .68$$

- Surface des murs

$$\text{Mur Nord-Est : } A = 59.14 \text{ m}^2 = 636 R_i^2$$

$$\text{Mur Sud-Ouest } A = 18 \text{ m}^2 = 193.7 R_i^2$$

$$\text{Mur Sud-Est } A = 45 \text{ m}^2 = 484.2 R_i^2$$

$$\text{Mur Nord-Ouest } A = 2.52 \text{ m}^2 = 27.15 R_i^2$$

- Difference de temperature

CLTD : table 7 chapitre 25 (ASHRÉ)

- Correction par rapport au mois et à la latitude

$$D = \frac{IDT - NEW - 1}{IDT - 22}$$

$$T = TEA - TOA$$



la Bibliothèque est située à la latitude  
16 degré Nord

IDT-NEW - Intensité solaire pour toute la  
journée.

- est fonction de la latitude, du mois  
et de l'orientation. - table 19 p. 26.19

IDT-22 - se lie pour la latitude 40 degré  
le 21 juillet - table 22 p. 26.22

T : - est la correction pour la température  
Sol-AIR au 21 juillet à 40°N de latitude.  
- est fonction de la couleur, de la posi-  
tion vertical ou Horizontal du mur

- couleur blanche  $\Rightarrow \alpha/h_0 = .15$

TOA - Température moyenne pour toute la  
journée = 83°F table 2 p. 25.5

TEA - Temperature moyenne de la journée  
à l'orientation du mur  
table 2 p. 25.5

### III) GAIN A PARTIR des VITRES

#### A) PAR CONDUCTION

$$Q = U \cdot A \cdot [CLTD + z_i + z_e]$$

$$U = 1.04 \text{ BTuh/R}^2 \cdot \text{F} \quad \text{table 13 P. 26.10}$$

$$A = 1175.3 \text{ R}^2 = 109.2 \text{ m}^2$$

$$CLTD \quad \text{table 9 P. 25.11}$$

épaisseur des vitres 5 mm soit .2 pouces  
 $z_i$  et  $z_e$  étant les correction par rapport aux températures

#### B) PAR RAYONNEMENT

$$Q = A \cdot SC \cdot SHGF \cdot CLF$$

$$SC = .79 \quad \text{table 28.A.P. 26-27}$$

Obtenue par interpolation entre  
 1/8 inch et 1/4 inch - Heat absorbing

SC: est le coefficient d'ombrage

SHGF: est le facteur de gain solaire  
 table 10 p 25.12 16° N latitude

CLF : est le facteur de charge de  
refroidissement

table 11 p. 25.13

Surface des vitres

VITRE N-EST  $A = 79.6 \text{ m}^2$

VITRE S-OUEST  $A = 503.7 \text{ m}^2$

VITRE N-OUEST  $A = 107.6 \text{ m}^2$

VITRE S-EST  $A = 484.37 \text{ m}^2$

## IV GAIN A PARTIR de la CLOISON

$$Q = U \cdot A \cdot TD$$

$$U = .457 \quad \text{BTU/h R}^2 \cdot \text{F}$$

= U des murs

$$A = 549.0 \quad \text{R}^2 = 51 \text{ m}^2$$

$$TD = Z_3 - Z_4 - 5$$

c'est la difference de temperature entre l'exterieure de la cloison et son interieur.

A cette difference on retranche 5°F par pièce intermédiaire entre la cloison et l'exterieur

$$Z_3 = R_1 - 5$$

$$Z_4 = R_2$$

## V CONDITIONS INTÉRIEURES

### A) LES LUMIÈRES

$$Q = \text{INPUT} \times \text{CLF} \times E$$

INPUT : c'est le wattage total

218 Lampes fluorescentes de 40 Watts

2 Lampes à incandescence de 150 Watts

Special allowance factor

2.2 pour lampe à NÉON

1.2 pour lampe à incandescence

Facteur de Conversion

$$3.41 \frac{\text{BTu/h}}{\text{Watt}}$$

CLF : Facteur de charge de refroidissement

Table 15 p. 25.16  $a = .45$   $b = C$

E : Facteur d'utilisation des lampes = .49

Temps d'allumage = 8 heures

## B) LES PERSONNES

### b<sub>1</sub>) Par chaleur sensible

$$Q_s = N_o \times \text{Sens.HG} \times \text{CLF}$$

$N_o$ : est nombre d'occupants

$\text{Sens.HG}$ : Facteur de chaleur sensible  
par individu

table 16 p. 25-17

$\text{CLF}$ : facteur de charge de refroidissement  
table 17 p. 25-17

### b<sub>2</sub>) Par chaleur Latente

$$Q_L = N_o \times \text{Lat.HG}$$

$\text{Lat.HG}$ : Facteur de chaleur Latente par  
individu

Table 16 p 25-17

## VII GAIN A PARTIR des INFILTRATIONS

$$Q = 4.5 \times CFM \times \Delta H \times N_0$$

CFM: debit d'air qui entre en  $\text{pi}^3/\text{minute}$   
 Valeur standard peronne

$$CFM = 11$$

table 6 p. 21-16

$\Delta H$ : difference d'enthalpie entre  
 l'intérieure et l'extérieure  
 en BTu/lb d'air sec

H à l'intérieur de la pièce étant obtenu  
 à partir de la valeur d'humidité absolue

$$W = .01$$

## RESULTATS    du    CALCUL

des résultats qui vont suivre sont obtenus pour les conditions suivantes:

- 75 personnes à l'intérieur de la Bibliothèque
- Un coefficient d'utilisation des lampes de .49
- Une température extérieure sèche de  $95^{\circ}\text{F}$
- une température extérieure humide de  $81^{\circ}\text{F}$
- Une température intérieure sèche de  $78^{\circ}\text{F}$
- Une humidité absolue intérieure de 0.01

La durée maximale de séjour à l'intérieur de la Bibliothèque est estimée à 8 heures; cela pour donner un plus grand facteur de sécurité à nos résultats.

La charge de refroidissement est exprimée en  $\text{BTU}/\text{heure}$  et un facteur de conversion de  $3.41 \frac{\text{BTU}/\text{h}}{\text{Watt}}$  permet de la ramener en Watt.

ecole Polytechnique  
de l'Ontario



- Q1 EST LE GAIN A PARTIR DU TOIT
- Q2 EST LE GAIN A PARTIR DES MURS
- Q3 EST LE GAIN PAR CONDUCTION DES VITRES
- Q4 EST LE GAIN PAR RAYONNEMENT DES VITRES
- Q5 EST LE GAIN A PARTIR DE LA CLOISON
- Q6 EST LE GAIN A PARTIR DES LUMIERES
- Q7 EST LE GAIN EN CHAL. SENSIBLE DES PERSONNES
- Q8 EST LE GAIN EN CHAL. LATENTE DES PERSONNES
- Q9 EST LE GAIN A PARTIR DES INFILTRATIONS
- Q EST LA CHARGE DE REFROIDISSEMENT TOTAL

- B1 EST LE GAIN A PARTIR DE LA VITRE NLE
- B2 EST LE GAIN A PARTIR DE LA VITRE SE
- B3 EST LE GAIN A PARTIR DE LA VITRE NLE
- B4 EST LE GAIN A PARTIR DE LA VITRE SE

NBRE D OCCUPANTS = 75  
 COEFFICIENT D UTILISATION = .5

GAIN DE CHALEUR EN BTU/HR

POUR LE MOIS DE MARS

95 OF 78 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE EQUILIBRE

A 16 HEURES DE LA JOURNEE

- Q = 228343.6
- Q1= 29092.2 SOIT 12.7 %
- Q2= 7715.8 SOIT 3.4 %
- Q3= 21390.5 SOIT 9.4 %
- Q4= 77630.1 SOIT 34.0 %
- Q5= 1756.3 SOIT .8 %

Q6= 6331.3 SOIT 2.6 0/0  
 Q7= 14490 SOIT 6.3 0/0  
 Q8= 14250 SOIT 6.1 0/0  
 Q9= 55687.5 SOIT 24.6 0/0

B1 = 2289.0 SOIT 1.0 0/0  
 B2 = 45466.7 SOIT 19.9 0/0  
 B3 = 4998.2 SOIT 2.2 0/0  
 B4 = 24876.2 SOIT 10.9 0/0

POUR LE MOIS D AVRIL.

95 OF 73 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE ENTREE

A 16 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 214211.8  
 Q1= 29092.2 SOIT 13.6 0/0  
 Q2= 8700.7 SOIT 4.1 0/0  
 Q3= 21390.5 SOIT 10.1 0/0  
 Q4= 62513.5 SOIT 29.2 0/0  
 Q5= 1756.3 SOIT .8 0/0  
 Q6= 6331.3 SOIT 3.0 0/0  
 Q7= 14490 SOIT 6.8 0/0  
 Q8= 14250 SOIT 6.7 0/0  
 Q9= 55687.5 SOIT 26.0 0/0

B1 = 2812.2 SOIT 1.3 0/0  
 B2 = 34619.3 SOIT 16.2 0/0  
 B3 = 6140.7 SOIT 2.9 0/0  
 B4 = 18941.3 SOIT 8.8 0/0

POUR LE MOIS DE MAI

95 OF 78 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE LECTURE

A 17 HEURES DE LA JOURNEE

- Q = 202837.5
- Q1= 30829.1 SOIT 15.2 0/0
- Q2= 8970.9 SOIT 4.4 0/0
- Q3= 20168.1 SOIT 9.9 0/0
- Q4= 50687.6 SOIT 25.0 0/0
- Q5= 1756.3 SOIT .9 0/0
- Q6= 5998.1 SOIT 3.0 0/0
- Q7= 14490 SOIT 7.1 0/0
- Q8= 14250 SOIT 7.0 0/0
- Q9= 55687.5 SOIT 27.5 0/0

- R1 = 2733.6 SOIT 1.3 0/0
- B2 = 26999.1 SOIT 13.3 0/0
- B3 = 8193.5 SOIT 4.0 0/0
- B4 = 12761.5 SOIT 6.3 0/0

POUR LE MOIS DE JUIN

95 OF 78 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE LECTURE

A 17 HEURES DE LA JOURNEE

- Q = 197588.1
- Q1= 30829.1 SOIT 15.6 0/0
- Q2= 8964.3 SOIT 4.5 0/0
- Q3= 20168.1 SOIT 10.2 0/0
- Q4= 45944.8 SOIT 23.2 0/0
- Q5= 1756.3 SOIT .9 0/0
- Q6= 5998.1 SOIT 3.0 0/0

Q7= 14490     S011 7.3     0.00  
 Q8= 14250     S011 6.7     0.00  
 Q9= 55687.5     S011 5.0     0.00

B1 = 2805.9     S011 1.9     0.00  
 B2 = 23242.7     S011 11.0     0.00  
 B3 = 8410.5     S011 4.1     0.00  
 B4 = 10985.9     S011 5.2     0.00

GAIN DE CHALEUR EN MOIS

POUR LE MOIS DE MARS

93    HOURS DE CHALEUR EN MOIS  
 POUR 8    HEURES DE CHALEUR EN MOIS  
 A    16    HEURES DE CHALEUR EN MOIS

Q = 217151.1  
 Q1= 37355.4     S011 17.5     0.00  
 Q2= 6919.1     S011 3.2     0.00  
 Q3= 18945.8     S011 8.7     0.00  
 Q4= 77630.1     S011 36.0     0.00  
 Q5= 12581.5     S011 5.8     0.00  
 Q6= 43311.3     S011 20.0     0.00  
 Q7= 14490     S011 6.6     0.00  
 Q8= 14250     S011 6.7     0.00  
 Q9= 51775     S011 2.4     0.00

B1 = 2064.0     S011 1.1     0.00  
 B2 = 45466.7     S011 20.2     0.00  
 B3 = 4228.2     S011 1.9     0.00  
 B4 = 24876.2     S011 11.4     0.00

Q5= 1254.5    SOIT 1.7    0/0  
 Q6= 5998.1    SOIT 3.1    0/0  
 Q7= 14490    SOIT 7.7    0/0  
 Q8= 14250    SOIT 7.6    0/0  
 Q9= 51975    SOIT 27.8    0/0

B1 = 2733.6    SOIT 1.4    0/0  
 B2 = 26999.1    SOIT 13.9    0/0  
 B3 = 8193.7    SOIT 4.2    0/0  
 B4 = 12761.5    SOIT 6.5    0/0

POUR LE MOIS DE JUIN

93 OF 72 01

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE TRIPPI

A 17 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 188395.4  
 Q1= 29092.2    SOIT 15.4    0/0  
 Q2= 8167.6    SOIT 4.3    0/0  
 Q3= 17723.5    SOIT 9.4    0/0  
 Q4= 45444.8    SOIT 24.1    0/0  
 Q5= 1254.5    SOIT 1.7    0/0  
 Q6= 5998.1    SOIT 3.1    0/0  
 Q7= 14490    SOIT 7.7    0/0  
 Q8= 14250    SOIT 7.6    0/0  
 Q9= 51975    SOIT 27.8    0/0  
 B1 = 2803.7    SOIT 1.5    0/0  
 B2 = 23242.7    SOIT 12.3    0/0  
 B3 = 8416.3    SOIT 4.5    0/0  
 B4 = 10925.9    SOIT 5.8    0/0

*Handwritten notes:*  
 1000000  
 1000000

GAIN DE CHALEUR EN MOIS

POUR LE MOIS DE MARS

91 OF 30 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE ENTREE

A 16 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 213671.2

Q1= 25618.5 SOIT 12.0 0/0

Q2= 6122.4 SOIT 2.9 0/0

Q3= 16501.2 SOIT 7.7 0/0

Q4= 77630.1 SOIT 36.3 0/0

Q5= 752.7 SOIT .4 0/0

Q6= 6331.3 SOIT 3.0 0/0

Q7= 10490 SOIT 4.9 0/0

Q8= 14250 SOIT 6.7 0/0

Q9= 51975 SOIT 24.3 0/0

B1 = 2289.0 SOIT 1.1 0/0

B2 = 45466.7 SOIT 21.3 0/0

B3 = 4998.2 SOIT 2.3 0/0

B4 = 24876.2 SOIT 11.6 0/0

POUR LE MOIS D AVRIL

91 OF 30 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE ENTREE

A 16 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 199537.4

Q1= 25618.5 SOIT 12.8 0/0

Q2= 7107.2 SOIT 3.5 0/0

Q3= 16501.2 SOIT 8.3 0/0

Q4= 62513.5 SOIT 31.3 0/0  
 Q5= 752.7 SOIT .4 0/0  
 Q6= 6331.3 SOIT 3.2 0/0  
 Q7= 14490 SOIT 7.3 0/0  
 Q8= 14250 SOIT 7.1 0/0  
 Q9= 51975 SOIT 26.0 0/0

B1 = 2812.2 SOIT 1.4 0/0  
 B2 = 34619.3 SOIT 17.3 0/0  
 B3 = 6140.7 SOIT 3.1 0/0  
 B4 = 18941.3 SOIT 9.5 0/0

POUR LE MOIS DE MAI

91 OF 78 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE ENTREE

A 17 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 188165.0

Q1= 27355.4 SOIT 14.5 0/0  
 Q2= 7377.4 SOIT 3.9 0/0  
 Q3= 15278.9 SOIT 8.1 0/0  
 Q4= 50687.6 SOIT 26.9 0/0  
 Q5= 752.7 SOIT .4 0/0  
 Q6= 5998.1 SOIT 3.2 0/0  
 Q7= 14490 SOIT 7.7 0/0  
 Q8= 14250 SOIT 7.6 0/0  
 Q9= 51975 SOIT 27.6 0/0

B1 = 2733.6 SOIT 1.5 0/0  
 B2 = 26999.1 SOIT 14.3 0/0  
 B3 = 8193.5 SOIT 4.4 0/0  
 B4 = 12761.5 SOIT 6.8 0/0

POUR LE MOIS DE JUIN

91 OF

78 OF

POUR 8 HEURES APRES CHAQUE ENTREE

A 17 HEURES DE LA JOURNEE

Q = 182915.7

Q1= 27355.4 SOIT 15.0 o/o

Q2= 7370.9 SOIT 4.0 o/o

Q3= 15278.9 SOIT 8.4 o/o

Q4= 45444.8 SOIT 24.8 o/o

Q5= 752.7 SOIT .4 o/o

Q6= 5998.1 SOIT 3.3 o/o

Q7= 14490 SOIT 7.9 o/o

Q8= 14250 SOIT 7.8 o/o

Q9= 51975 SOIT 28.4 o/o

B1 = 2805.9 SOIT 1.5 o/o

B2 = 23242.7 SOIT 12.7 o/o

B3 = 8410.3 SOIT 4.6 o/o

B4 = 10985.9 SOIT 6.0 o/o



## LES SOLUTIONS

Les résultats du calcul montrent que 56% de la charge de refroidissement maximale proviennent des vitres et du toit. C'est alors sur ces deux éléments de la structure que nous allons concentrer la recherche pour réduire la charge de refroidissement.

### a) Au niveau des vitres

On a 34 % de la charge totale qui y proviennent, par rayonnement, et 94 % par conduction. Pour cela nous proposons l'installation de persiennes en bois à fin d'arrêter les rayonnements solaires et des rideaux clairs à l'intérieur pour réduire le gain par conduction.

### b) Au niveau du toit

On a 13 % de la charge totale qui y proviennent et pour réduire cette valeur, nous proposons la pose d'une couche supplémentaire d'isolant. Le rôle de cette couche sera d'augmenter la résistance thermique et de ce fait de réduire le coefficient de transfert de chaleur  $U$  du toit.

## EVALUATION DES SOLUTIONS

### I - DU POINT DE VUE APPORT

#### a) Pour Les Vitres

- L'installation des persiennes supprime du même coup le gain de chaleur par rayonnement, soit 34 % de la charge totale.

- La pose de rideaux noirs à l'intérieur ramène le coefficient de transfert de chaleur de 1.04 à 0.81 BTU/h/R<sup>2</sup>·F soit une réduction du gain de chaleur de :

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{1.04 - 0.81}{1.04} = 22\%$$

Soit déjà une réduction de la charge totale de 34 % + 22% de 9.4 % = 36%

#### b) Pour Le toit

La résistance initiale du toit au niveau de la bibliothèque est de :  $R_1 = \frac{1}{U_1} = \frac{1}{.116} = 8.62$

au niveau de la salle de catalogage elle est de :

$$R_5 = \frac{1}{U_5} = \frac{1}{.095} = 10.53 \text{ h R}^2 \cdot \text{F} / \text{BTU}$$

A la table 3B page 22-18, on peut choisir soit du Polystyrène extrudé ou du Polyuréthane.

Pour des planches d'isolant de cinq centimètres (50m) d'épaisseur (ou deux pouces: 2 inch) et à une température moyenne de 75°F, on obtient les résistances suivantes :

Pour le Polystyrène extrudé à 2.2 lb/pi<sup>3</sup>

$$R = \frac{2}{.20} = 10 \text{ h pi}^2 \cdot \text{F} / \text{BTU}$$

Pour le Polyuréthane de 1.5 à 2.5 lb/pi<sup>3</sup>

$$R = \frac{2}{.16} = 12.5 \text{ h pi}^2 \cdot \text{F} / \text{BTU}$$

Les résistances initiales du toit étant de :

- Bibliothèque ...  $R_1 = \frac{1}{.116} = 8.62 = \frac{1}{U_1}$

- Salle de catalogage  $R_2 = \frac{1}{U_2} = \frac{1}{.095} = 10.53$

Avec l'addition d'isolant, les résistances thermiques deviennent :

$$R_{T_1} = 8.62 + 10 = 18.62 \text{ h pi}^2 \cdot \text{F} / \text{BTU}$$

$$R_{T_2} = 10.53 + 10 = 20.53 \text{ "}$$

Et les coefficients de transfert deviennent :

$$U'_1 = \frac{1}{R_{T_1}} = \frac{1}{18.62} = 0.0537 \quad \text{BTU/h}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{F}$$

$$U'_5 = \frac{1}{R_{T_5}} = \frac{1}{20.53} = 0.0487 \quad \text{"}$$

Soit une réduction du gain à partir du toit, de :

$$\begin{aligned} \Delta Q &= \frac{A_1(U_1 - U'_1) + C_1(U_5 - U'_5)}{A_1 U_1 + C_1 U_5} = \\ &= \frac{6294 \times 0.0623 + 1456 \times 0.0463}{6294 \times 0.116 + 1456 \times 0.095} = \frac{459.529}{868.424} \end{aligned}$$

Soit 53% avec le Polystyrène

Avec le Polyuréthane on a :

$$R_{T_1} = 8.62 + 12.5 = 21.12 \quad \text{h}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{F}/\text{BTU}$$

$$R_{T_5} = 10.53 + 12.5 = 23.03 \quad \text{"}$$

$$\text{et } U'_1 = \frac{1}{R_{T_1}} = 0.047 \quad \text{BTU/h}\cdot\text{ft}^2\cdot\text{F}$$

$$U'_5 = \frac{1}{R_{T_5}} = 0.0434 \quad \text{"}$$

Soit une réduction du gain à partir du toit, de :

$$\Delta Q = \frac{A_1(U_1 - U'_1) + C_1(U_5 - U'_5)}{A_1 U_1 + C_1 U_5} = \frac{509.4}{868.424}$$

49 = 58,6% avec le Polyuréthane

Donc le Polystyrène donne une réduction de la charge totale de :  $53\% \times 13 = \boxed{7\%}$

Quant au Polyuréthane il donne une réduction de :  $58,6\% \times 13 = \boxed{8\%}$

## II DU POINT DE VUE NECESSITÉS

### a) Pour les vitres

Avec la pose des rideaux à l'intérieur, le coefficient d'utilisation des lampes va rester inchangé, car les rideaux seront de type transparent de manière qu'ils puissent laisser passer la lumière extérieure.

Donc l'impact de cette solution est de réduire la charge totale de  $22\% \times 9,4 = 2\%$ .

Cette solution nécessite en outre  $1200 \text{ Pi}^2$  de tissu, c'est à dire  $109 \text{ m}^2$ , soit un coût de.

81 900 FCFA à raison de 1200 FCFA pour  $1,6 \text{ m}^2$ .

Pour l'installation des persiennes, nous devons d'abord évaluer la nécessité en bois pour support et en bois pour les volet avant d'évaluer le coût.

EVALUATION de LA SURFACE de BoisSURFACE des SUPPORTSPour La vitre SUD\_OUEST

Le support de persienne est incliné de  $1/3$ m

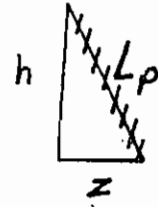
$$\text{largeur} = 2,5 \text{ m}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$z = 1 \text{ m}$$

nombre de persienne = 6

$$L_p = \sqrt{1^2 + 3^2} = 3,16 \text{ m}$$



Longueur totale de support nécessaire

$$L = 3,16 \times 2 \times 6 = \underline{38 \text{ m}}$$

Pour La vitre SUD\_EST

Inclinaison du support  $1/3$

$$\text{largeur} = 4,5 \text{ m}$$

$$h = 3 \text{ m}$$

$$z = 1 \text{ m}$$

nombre de persienne = 3

$$L_p = 3,16 \text{ m}$$

Longueur totale de support

$$L = 3,16 \times 2 \times 3 = \underline{19 \text{ m}}$$

Pour La vitre NORD-OUEST

Inclinaison = 0

largeur = 3,6 m

h = 0,6 m

z = 0

nombre de persienne = 2

$L_p = 0,6 \text{ m}$

Longueur totale de support

$L = 0,6 \times 2 \times 2 = \underline{2.4 \text{ m}}$

Pour La vitre NORD-EST

Inclinaison = 0

largeur = 2,6 m

h = 1,43 m

z = 0

nombre de persienne = 2

$L_p = 1.43 \text{ m}$

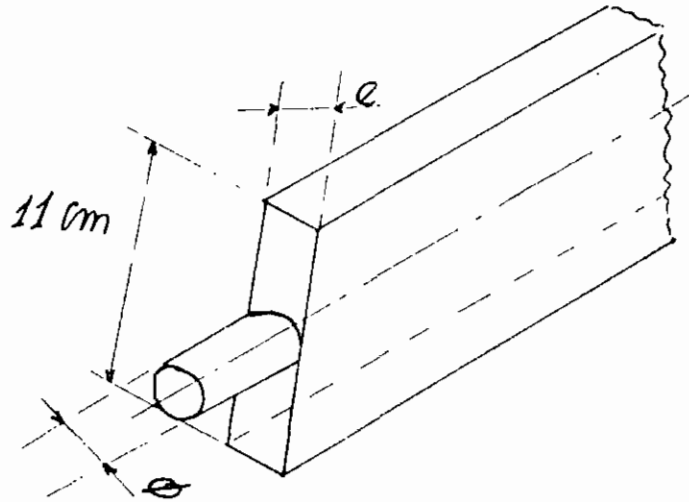
Longueur totale de support

$L = 1.43 \times 2 \times 2 = \underline{5.7 \text{ m}}$

Soit au total:  $38 + 19 + 2,4 + 5,7 = \underline{\underline{65.1 \text{ m}}}$

une épaisseur de : 40 mm

Une hauteur de 10 m  $\Rightarrow \boxed{6.51 \text{ m}^2}$

SURFACE NECESSAIRE Pour les volets

$e$  : épaisseur des volets = 27 mm

$\varnothing$  : diamètre de l'axe = 27 mm

largeur des volets = 11 cm

largeur exposée par volet = 8 cm

VITRES SUD-OUEST

nombre = 6

nombre de volets par persienne =  $\frac{38}{e} \times \frac{1}{0.08} = 238$

longueur individuelle = 2.5 m

longueur nécessaire =  $238 \times 2.5 = \underline{600 m}$

VITRES SUD-EST

nombre = 3



33

$$\text{Nombre de volets par ferronnerie} = \frac{19}{2} \times \frac{1}{0.08} = 118.75$$

$$\text{longueur individuelle} = 4.5 \text{ m}$$

$$\text{longueur necessaire} = 118.75 \times 4.5 = \underline{534.375 \text{ m}}$$

### VITRES NORD-EST

$$\text{nombre} = 2$$

$$\text{nombre de volets par ferronnerie} = \frac{5.7}{2} \times \frac{1}{0.08} = 35.6$$

$$\text{longueur individuelle} = 2.6 \text{ m}$$

$$\text{longueur necessaire} = 35.6 \times 2.6 = \underline{92.56 \text{ m}}$$

### VITRES NORD-OUEST

$$\text{nombre} = 2$$

$$\text{nombre de volets par ferronnerie} = \frac{2.4}{2 \times 0.08} = 15$$

$$\text{longueur individuelle} = 3.6 \text{ m}$$

$$\text{longueur necessaire} = 15 \times 3.6 = \underline{54 \text{ m}}$$

### BESOIN TOTAL

$$\text{Pour les supports : } \underline{6.51 \text{ m}^2} \quad e = 40 \text{ mm}$$

Pour les volets :

$$\text{longueur total} = 600 + 534.375 + 92.56 + 54 = \underline{1281 \text{ m}}$$

$$\begin{aligned} \text{largeur} &= 11 \text{ cm} && \overset{34}{=} 0.11 \text{ m} \\ \text{Soit une surface de} & && \\ & 1221 \times 0.11 && = \underline{141 \text{ m}^2} \\ \text{épaisseur} & && e = 27 \text{ mm} \end{aligned}$$

Comme qualité de bois, nous retiendrons le bois "SAMBA". Ce bois coûte :

$$\begin{aligned} 650 \text{ FCFA} & \text{ pour } 0,22 \text{ m}^2 \text{ de } e = 27 \text{ mm} \\ 960 \text{ FCFA} & \text{ pour } 0,22 \text{ m}^2 \text{ de } e = 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

d'où, le coût des supports sera :

$$960 \times \frac{6.51}{0.22} = 28407 \text{ FCFA}$$

coût des volets

$$650 \times \frac{141}{0.22} = 417000 \text{ FCFA}$$

Soit un total de

445000 FCFA



COLE HUNTER KALE  
de l'INSA

b) Pour le toit

On rencontre généralement, sur le marché, les isolants sous forme de planche. En choisissant des planches de quatre pieds sur deux (4' x 2') on peut évaluer notre besoin comme suit :

$$\text{Surface à couvrir : } A_1 + C_1 = 6294' + 1456' = 7750' \text{ e}$$

$$\text{Surface d'une planche : } 4' \times 2' = 8' \text{ e}$$

nombre de planches nécessaires :

$$\frac{7750' \text{ e}}{8' \text{ e}} = 968.75$$

soit 969 planches de 2 pouces d'épaisseur réparties comme suit

787 planches pour la bibliothèque

182 planches pour la salle de catalogue

la planche est vendue 3 à 4 \$ au Canada soit au maximum 1000 FCFA. Une bonne estimation de son prix de vente au Sénégal, serait de le tripler soit 3000 F la planche, d'où un investissement pour les 969 planches

de 2 907 000 FcFA. En utilisant du Polystyrène dont 242 planches existent dans le campus, on réduit ce coût de 25% soit 726 000 F d'économie. Donc cette solution nécessitera un déboursement de 2 181 000 F.

Investissement : 2 181 000 F

## COÛT GLOBAL des SOLUTIONS

Le coût global pour la mise en pratique de nos solutions faut être évalué ainsi :

Coût des rideaux = 81 900 F

Coût des perçonnies = 445 000 F

Coût des isolants = 2 181 000 F

Coût global = 2 707 900 F

soit 2 710 000 FCFA

EVALUATION du COÛT de FONCTIONNEMENT  
de LA CENTRALE de CLIMATISATION

La centrale est équipée d'un compresseur et de trois ventilateurs. La charge de refroidissement étant estimée à 67 kw soit 19 tonnes à raison de 3.5  $\frac{\text{kw}}{\text{tonne}}$  alors la puissance du compresseur faut être estimée à 19 kw. En supposant un rendement du compresseur 0.9 on trouve une puissance consommée de 21 kw. Les trois ventilateurs ont ensemble une puissance de 10.83 HP soit 8.08 kw et un rendement 0.9 leur donne une puissance consommée de 8.98 kw. Ce qui nous amène à une puissance consommée de l'installation de 30 kw.

D'autre part on suppose que l'installation est faite pour fonctionner 19 heures (80% du temps) par jour d'où une consommation électrique journalière de 570 kwh. Sachant qu'en basse tension, le coût électrique de l'énergie est de 75F/kwh, on aboutit à un coût variable de l'installation de 42750 FCFA par jour de fonctionnement.

Avec la réduction de la charge de refroidissement de 43.0% due à la pose de polystyrène

sur le toit, de rideaux et de persiennes en bois sur les vitres, on aboutit à une réduction du coût variable de l'installation de climatisation de 43.0% soit de 18000F par jour.

## CONCLUSION

A la situation d'inconfort dans la bibliothèque due au gain de chaleur de 230 000 BTU/h soit 67 kW, nous proposons une solution qui conduira à une assez bonne amélioration de la situation en réduisant la charge de refroidissement de 43.0%.

Cette solution a été obtenue grâce à l'évaluation de la charge maximum, qui du même moment a permis de voir que 56% de la chaleur proviennent des vitres et du toit; la plus grande partie provenant des vitres par rayonnement, en particulier des vitres sud-ouest.

C'est pour tous ces facteurs que nous avons proposé l'installation de persiennes en bois et de rideaux sur les vitres; alors que sur le toit, nous proposons la pose d'isolant en Polystyrène de 4' x 2' et de 2" d'épaisseur.

Cette solution nécessitera un investissement brut de 2,71 millions de francs et permettra, si jamais la centrale de climatisation est remise en marche, de réduire sa dépense énergétique de 18 000 F par jour de fonctionnement.



## DISCUSSION et RECOMMANDATIONS

Il faut préciser tout de suite que la solution adoptée et décrite plus haut n'est pas la seule qu'on puisse appliquer à fin de réduire la charge de refroidissement. A celle-ci pourraient se substituer d'autres types de solution dont l'analyse est la suivante

### 1) Installation de climatiseur de fenêtre

Cette solution nécessiterait, pour réduire la charge de 43.0%, vingt six (26) climatiseurs de 2 CV (1,104 kw). Pour des climatiseurs de marque "NATIONNALE" coûtant 278 400 FCFA l'unité, cette solution nécessitera un investissement de 7 000 000 FCFA.

Bien que simple à réaliser, cette solution présente l'inconvénient de nécessiter un investissement très élevé en plus d'avoir des coûts variables dus à la consommation d'énergie. Elle ne présente non plus aucun intérêt si on doit envisager une remise en marche de la centrale de climatisation.

### 2) Pose de film teinté sur la surface des vitres Le film teinté, collé sur la surface extérieure

rapidement en poids.

- Le pourrissement de la paille, d'où son tassement, après la saison des pluies. Ce facteur réduit fortement la résistance thermique de la paille et entraîne un renouvellement annuel de la couche de paille ce qui lui confère un coût variable.

- La paille sèche est un matériau très inflammable

#### 4°) Installation d'un circuit de gicleurs au toit

Cette solution nécessite une pompe, une réserve d'eau, une tuyauterie pour la canalisation et une série de gicleurs qui vont arroser la terrasse chaque fois que la température aura atteint une certaine valeur, pré-réglée.

C'est une solution qui nécessite un très important investissement pour ne réduire que 17% de la charge de refroidissement. Elle présente en plus un coût variable provenant de la consommation d'énergie électrique par la pompe, ainsi que la consommation d'eau.

Elle n'est d'aucun intérêt si la remise en marche de la centrale de climatisation est envisagée.

des vitres, réfléchit les rayons solaires. Malheureusement, les informations reçues sur le film teinté restent insuffisantes pour permettre une analyse correcte de la solution.

### 3°) Installation d'un faux toit

Cette solution consiste en l'installation d'un toit, de charpente horizontale, en paille ou en natte de bambou. La charpente doit être installée à une certaine hauteur au dessus de la terrasse pour permettre l'écoulement libre du courant d'air.

Cette solution présente comme avantage, qu'une fois la charpente installée, de ne nécessiter qu'un très faible investissement. En effet, un mètre carré de bambou coûte 400 F alors que celui de la paille n'en coûte que 250 F.

Elle présente comme inconvénients :

- de maintenir en saison pluvieuse une humidité entre le toit et la terrasse, ce qui peut présenter, à long terme, des conséquences sur le reste de la structure de la terrasse.

- la résistance thermique de la paille augmente avec l'épaisseur, alors que la paille mouillée augmente très

## la solution adoptée

Elle nécessite peut-être un déboursé d'argent assez important (2,71 millions), mais en contre partie, elle a l'avantage d'être de longue durée et de n'avoir de coût qu'à l'installation. Elle permettra, en cas de remise en marche de la centrale de climatisation, de réaliser une économie de 18000 F par jour sur la consommation d'énergie électrique.

Cette économie permettra d'amortir l'investissement réalisé pour la solution au bout d'une durée d'environ une demi-année de chaleur - soit au bout d'une année réelle.

## Recommandations

Pour augmenter la durée de vie de la solution, on propose :

- Que les ferronneries soient protégées par un vernis

- Que les planches d'isolants soient maintenues sur le toit par des blocs de pierre ou tout autre système qui permettra de contrer la pression hydrolyque pendant les pluies.

Qu'un rideau d'arbres à grand feuillage soit planté tout autour de la bibliothèque. Et ce pour qu'à terme le rideau serve d'écran au rayonnement solaire et qu'il adoucisse les conditions de température dans l'environnement immédiat de la bibliothèque. Cette solution intermédiaire servira, à long terme, de substitut à la pose des perrines ou à leur renouvellement. Son avantage réside dans son efficacité et son caractère naturel. Le rideau permettra aussi de réduire sinon d'éliminer le gain de chaleur par infiltration qui est dû spécialement à l'effet du vent sur les ouvertures.

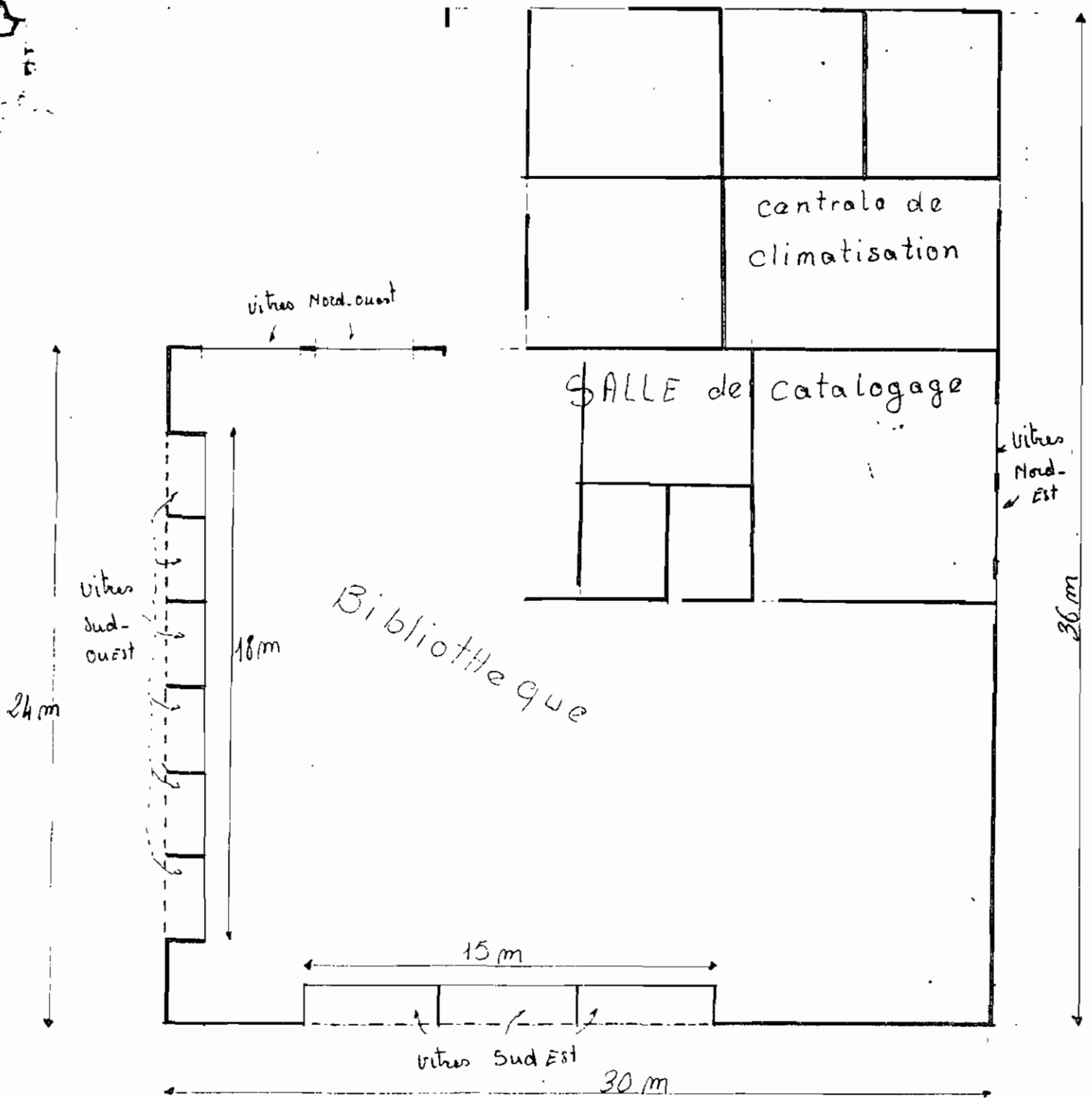
En outre, on propose que la solution qui consiste en la pose de film teinté sur les vitres, pour arrêter le rayonnement, soit retenue jusqu'à ce que les recherches prouvent la non validité de cette solution qui, à première vue, paraît très intéressante.

Qu'un projet soit proposé, l'année prochaine, qui consistera à évaluer la résistance thermique de la natte de bambou et des différentes pailles utilisées dans la toiture au Sénégal. Cette résistance doit être évaluée en fonction de l'épaisseur et du temps en

essayant au maximum de se mettre dans les conditions climatiques au Sénégal. On se préoccupera aussi du poids spécifique de la paille mouillée. L'un des objectifs du projet sera d'améliorer la résistance de la paille à l'attaque du feu.

CHAPITRE TROIS

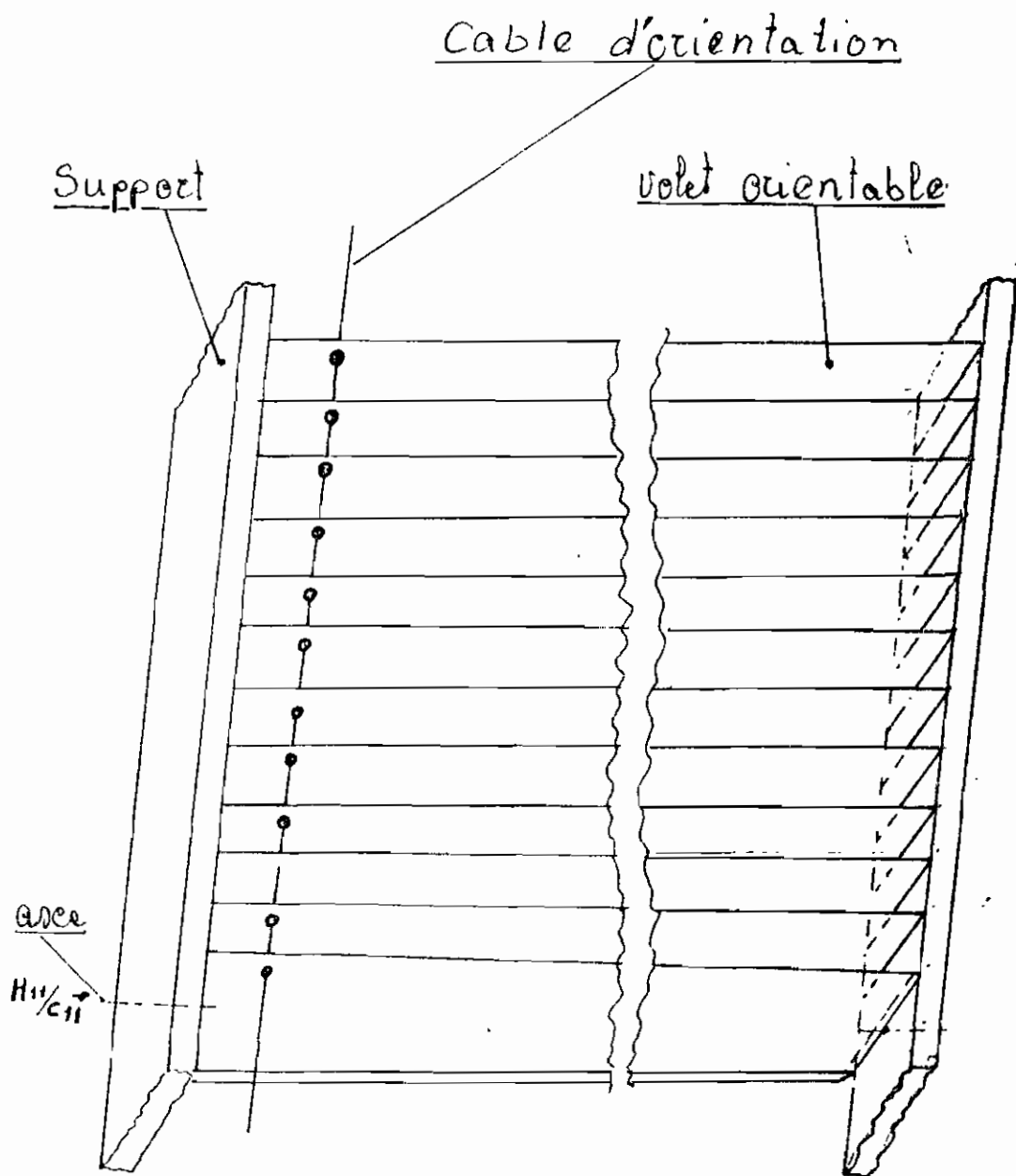
REFÉRENCES



Plan de Bibliothèque  
échelle 1/200





Dessin d'une persienneFIG: 1

0010 REM EPT ANNEE SCOLAIRE 81 82

0020 REM POUR PROJET CONFORT THERMIQUE BIBLIOTHEQUE

0030 REM

0040 REM AUTEUR BOUBACAR DIAITE S. N. NLE 242

0050 REM

0060 REM REF ASHRE FUNDAMENTALS 1977

0070 REM

0080 REM DEFINITION DES TERMES UTILISES

0090 REM

0100 REM Q DEBIT DE CHALEUR

0110 REM QS DEBIT DE CHALEUR SENSIBLE

0120 REM QL CHALEUR LATENTE

0130 REM U(N) COEFFICIENT DE TRANSFERT DE CHALEUR

0140 REM A SURFACE

0150 REM CLTD DIFF DE TEMPERATURE

0160 REM SC COEFFICIENT D'OMBRAGE

0170 REM SHGF FACTEUR DE GAIN SOLAIRE

0180 REM CLF FACTEUR DE CHARGE DE REFRIGERATION

0190 REM TD DIFF DE TEMPERATURE

0200 REM NO NOMBRE D'OCCUPANTS

0210 REM SENS HG CHAL HG GAIN DE CHALEUR SENSIBLE ET LATENT

0220 REM CFM DEBIT VOLUMIQUE D'AIR

0230 REM AT DIFF DE TEMPERATURE ENTRE INTERIEURE ET EXTERIEURE

0240 REM FC

0250 REM E FRACTION D'UTILISATION DES LAMPES

0260 REM

0270 REM U DUREE D'UNE HEURE APRES CHARGE ENTREE

0280 REM

0290 REM

0300 REM

0310 REM

0320 REM

0330 PRINT FLP, 'Q1 EST LE GAIN A PARTIR DU TOIT

0340 PRINT FLP,

0350 PRINT FLP, 'Q2 EST LE GAIN A PARTIR DES MURS

0360 PRINT FLP,

0370 PRINT FLP, 'Q3 EST LE GAIN PAR CONDUCTION DES VITRES

0380 PRINT FLP,

0390 PRINT FLP, 'Q4 EST LE GAIN PAR RAYONNEMENT DES VITRES

0400 PRINT FLP,

0410 PRINT FLP, 'Q5 EST LE GAIN A PARTIR DE LA CLOISON

0420 PRINT FLP,

0430 PRINT FLP, 'Q6 EST LE GAIN A PARTIR DES LUMIERES

0440 PRINT FLP,

0450 PRINT FLP, 'Q7 EST LE GAIN EN CHAL SENSIBLE DES PERSONNES

0460 PRINT FLP,

0470 PRINT FLP, 'Q8 EST LE GAIN EN CHAL LATENTE DES PERSONNES

0480 PRINT FLP,

0490 PRINT FLP, 'Q9 EST LE GAIN A PARTIR DES INFILTRATIONS

0500 PRINT FLP,

0510 PRINT FLP, 'Q EST LA CHARGE DE REFRIGERATION TOTALE

0520 REM

0530 REM

0540 DIM P(5,24),G(5,24),M(4,4),L(8),N(24)

```

0550 REM
0560 REM
0570 DATA 29,28,27,26,25,24,23,22,21,20,19,18,17,16,15,14,13,25,26,28,30,32,33
0580 DATA 34,34,34,33,32,31,30,29,28,27,26,25,24,23,22,21,36,44
0590 DATA .45,.47,.38,.33,.31,.33,.37,.39,.26,.26,.21,.17
0600 DATA .15,.13,.14,.19,.16,.15,.13,.12,.11,.09,.09,.1,.12
0610 DATA .13,.15,.17,.23,.25,.44,.57,.56,.52,.53,.41,.33,.28
0620 DATA .24,.21,.18,.14,.12,.11,.09,.08,.09,.1,.11,.13,.14,.16
0630 DATA .17,.16,.21,.23,.42,.51,.53,.39,.32,.26,.22,.19,.16,.09
0640 DATA .08,.07,.06,.05,.14,.16,.38,.43,.54,.55,.51,.45,.4,.36
0650 DATA .33,.29,.25,.21,.18,.16,.14,.12,.11,.19,.18,.17,.16,.15,.14
0660 DATA 13,12,11,13,14,15,16,17,18,19,19,20,20,21,21,21,20,20
0670 DATA 27,26,25,24,22,21,17,18,15,15,14,13,13,14,15,17,20
0680 DATA 22,25,27,28,28,28,23,22,21,20,16,17,16,15,14,14,15,16
0690 DATA 18,20,21,23,24,25,26,26,25,26,25,19,23,22,21,20,19,18
0700 DATA 17,15,14,13,12,12,11,11,12,13,15,17,19,21,22,23,23
0710 DATA 0,0,-1,-2,-2,-1,0,2,4,5,9,11,13,13,5,14,13,12
0720 DATA 10,8,6,4,3,2,833,829,973,1026,534,610,660,601,140,172
0730 DATA 109,194,177,150,115,79,61,61,72,76,8,82,84,
0740 DATA .11,.55,.16,.67,.66,.69,69,69,69,69,28,.26,.25,.23,.22
0750 DATA .2,.19,.17,.16,.19,.16,.13,.15,.12
0760 REM
0770 REM
0780 REM
0790 REM (R=30 P=0.15) (R=30) (R=30) (R=30) (R=30)
0800 REM
0810 PRINT FLP,
0820 PRINT FLP,
0830 REM LE TOIT ET LA TERRASSE
0840 REM U1 = 1/10 = .17, R (TERRAS) = 2.25, R(AIR) = .68
0850 REM R(ISO) = 4.86
0860 REM
0870 PRINT "INTRODUIRE LE VOLUME DE LA CHAMBRE"
0880 INPUT N
0890 REM
0900 REM CALCUL DU GAIN A PARTIR DE U1
0910 REM
0920 REM U1 = 1/10
0930 PRINT "INTRODUIRE LE COEFFICIENT D'UTILISATION"
0940 INPUT E
0950 REM N = 75, U1 = 1/10
0960 PRINT FLP,
0970 PRINT FLP, "NOMBRE D'OCCUPANTS = N"
0980 PRINT FLP,
0990 PRINT FLP, "COEFFICIENT D'UTILISATION = E"
1000 PRINT FLP,
1010 REM
1020 REM U1 = 1/10 = .17, R (TERRAS) = 2.25, R(AIR) = .68, R(ISO) = 4.86
1030 REM R(VOLUMINIQUE) = 7.9E-3
1040 LET U1 = .116
1050 LET U5 = .095
1060 A1 = 6294
1070 C1 = 1456
1080 REM C EST UNE SURFACE
1090 PRINT "INTRODUIRE LA TEMPERATURE EXT. RI"

```

```

1100 INPUT R1
1110 PRINT , 'INTRODUIRE LA TEMPERATURE INT R2'
1120 INPUT R2
1130 REM R2 = 78
1140 REM R1 = 91 93 95 VOIR TABLE 3 P 23.21
1150 REM
1160 REM ΔH : 14 14 15
1170 PRINT 'INTRODUIRE ΔH POUR R1 ET R2'
1180 INPUT H
1190 REM
1200 REM DAILY RANGE =13 TABLE 13 P 26.10
1210 Z1=(R1-13/2)-85
1220 Z2=78-R2
1230 REM LE PLAFOND EST ISOLE
1240 REM
1250 PRINT FLP.
1260 PRINT FLP.
1270 PRINT FLP. GAIN DE CHALEUR EN QD/HR
1280 PRINT FLP.
1290 PRINT FLP.
1300 REM
1310 FOR Y=1 TO 4
1320 REM
1330 IF Y=1 GOTO 1350
1340 PRINT FLP. POUR LE MOIS DE MARS
1350 GOTO 1440
1360 IF Y=2 GOTO 1370
1370 PRINT FLP. POUR LE MOIS D'AVRIL
1380 GOTO 1440
1390 IF Y=3 GOTO 1400
1400 PRINT FLP. POUR LE MOIS DE MAI
1410 GOTO 1440
1420 IF Y=4 GOTO 1430
1430 PRINT FLP. POUR LE MOIS DE JUIN
1440 REM
1450 PRINT FLP.
1460 PRINT FLP. R1 OF R2 OF
1470 PRINT FLP.
1480 REM
1490 FOR U=1 TO 8
1500 REM
1510 REM
1520 REM
1530 REM
1540 REM
1550 FOR I=1 TO 24
1560 REM
1570 REM P(I,I) PAGE 25 7 TABLE 5
1580 REM
1590 REM
1600 REM
1610 REM
1620 REM P(N,I) =CLTD OU CLF
1630 REM
1640 S1=P(1,I)+(Z1+Z2)

```

Line	Value
1100	91
1110	93
1120	95
1130	78
1140	14
1150	14
1160	15
1170	13
1180	13
1190	13
1200	13
1210	13
1220	13
1230	13
1240	13
1250	13
1260	13
1270	13
1280	13
1290	13
1300	13
1310	13
1320	13
1330	13
1340	13
1350	13
1360	13
1370	13
1380	13
1390	13
1400	13
1410	13
1420	13
1430	13
1440	13
1450	13
1460	13
1470	13
1480	13
1490	13
1500	13
1510	13
1520	13
1530	13
1540	13
1550	13
1560	13
1570	13
1580	13
1590	13
1600	13
1610	13
1620	13
1630	13
1640	13

1650 REM S. EST LE CLTD  
1660 Q1=(U1\*A1+U5\*Q1)\*S1  
1670 REM  
1680 REM  
1690 REM GAIN A PARTIR DES MURS  
1700 REM  
1710 U2=.457  
1720 REM POUR LE MUR N-E  
1730 A2=636  
1740 REM IDT-22= 646 POUR N-E ET N-W  
1750 REM IDT-NEW=M(1,2,7) MOIS DE MARS, AVRIL, MAI, JUIN  
1760 D1=(M(1,Y)/848)-1  
1770 REM VALEUR APPROX DE CLTD  
1780 REM TOA = 83  
1790 REM TEA = 89  
1800 REM  
1810 REM G(N,I) = CLTD TABLE 7 CH 25  
1820 T1=89-83  
1830 S2=.65\*(G(1,1)+Z1+Z2)+D1\*T1  
1840 F1=U2\*A2\*S2  
1850 REM  
1860 REM POUR LE MUR S-W  
1870 REM  
1880 REM IDT 22=1062 POUR S-E ET S-W  
1890 A3=123.7  
1900 D2=(M(2,Y)/1062)-1  
1910 T2=90-83  
1920 S3=.65\*(G(2,1)+Z1+Z2)+D2\*T2  
1930 F2=U2\*A3\*S3  
1940 REM POUR LE MUR S-O  
1950 A4=484.2  
1960 D3=(M(2,Y)/1062)-1  
1970 S4=.65\*(G(3,1)+Z1+Z2)+D3\*T2  
1980 F3=U2\*A4\*S4  
1990 REM POUR LE MUR N-W  
2000 A5=27.15  
2010 D4=(M(1,Y)/848)-1  
2020 S5=.65\*(G(4,1)+Z1+Z2)+D4\*T1  
2030 F4=U2\*A5\*S5  
2040 REM GAIN A PARTIR DES MURS  
2050 Q2=F1+F2+F3+F4  
2060 REM  
2070 REM CALCUL DU GAIN A PARTIR DES VITRES  
2080 REM GAIN PAR CONDUCTION  
2090 U3=1.04  
2100 REM LES VITRES ONT UNE EPAISSEUR DE 5 MM = .2 INCH  
2110 A6=1175.3  
2120 REM CLTD = G(5,I) TABLE 9 P 25.11  
2130 Q3=U3\*A6\*(G(5,1)+Z1+Z2)  
2140 REM  
2150 REM GAIN PAR RAYONNEMENT  
2160 REM POUR LA VITRE N-E  
2170 REM  
2180 A7=79.6  
2190 REM SC = .79 TABL 28...P...26,27

```

2200 REM SHGF = M(3,Y)      TABLE 10 P 25.12
2210 REM CLF =P(2,I)      TABLE 11 P 25.13
2220 B1=A7*.79*M(3,Y)*P(2,I)
2230 REM POUR LA VITRE S_LW
2240 REM
2250 A8=503.7
2260 REM SHGF =M(4,Y)      TABLE 10 P 25.10
2270 REM CLF = P(3,I)      TABLE 11 P 25.13
2280 B2=A8*.79*M(4,Y)*P(3,I)
2290 REM REM REM      SC= .79
2300 REM
2310 REM
2320 REM POUR LA VITRE N_LW
2330 A9=107.6
2340 REM SC=.79
2350 B3=A9*.79*M(3,Y)*P(4,I)
2360 REM
2370 REM P(4,I)=CLF      TABLE 11 P 25.13
2380 REM POUR LA VITRE S_LE
2390 REM
2400 C2=484.37
2410 REM SC=.79
2420 B4=C2*.79*M(4,Y)*P(5,I)
2430 REM
2440 Q4=B1+B2+B3+B4
2450 REM
2460 REM P(5,I)= CLF      TABLE 11 P 25.13
2470 REM
2480 REM GAIN A PARTIR DE LA CLOISON
2490 Z3=R1-5
2500 Z4=R2
2510 U6=.457
2520 C3=549
2530 Q5=U6*C3*(Z3-Z4-5)
2540 REM
2550 REM
2560 REM
2570 REM
2580 REM
2590 REM CONDITIONS INTERIEURES
2600 REM
2610 REM
2620 REM POUR LES LUMIERES
2630 REM LE WATTAGE
2640 K3=40*218*2.2+150*2*1.2
2650 REM
2660 REM K3 = INPUT
2670 REM TEMPS D'ALLUMAGE      BH
2680 REM A= .45      B =C
2690 REM CLF =N (I)      TABLE 15 P 25.16
2700 Q6=K3*3.41*N(I)*E
2710 REM
2720 REM
2730 REM
2740 REM
2750 REM

```

2760 REM POUR LES PERSONNES  
 2770 REM  
 2780 REM SENS HG=230 TABLE 16 P 25.17  
 2790 REM CHALEUR SENSIBLE  
 2800 REM  
 2810 REM  
 2820  $K4=N*230$   
 2830 REM  
 2840 REM CLF = L(U) TABLE 17 FIGURE 23 P 17  
 2850 REM  
 2860  $Q7=K4*L(U)$   
 2870 REM  
 2880 REM  
 2890 REM CHALEUR LATENTE  
 2900 REM  
 2910 REM LAT H.G =190 TABLE 16 P 25.17  
 2920 REM  
 2930 REM  
 2940  $Q8=N*190$   
 2950 REM  
 2960 REM  
 2970 REM  
 2980 REM  
 2990 REM  
 3000 REM GAIN A PARTIR DE L'INFILTRATIONS  
 3010 REM  
 3020 REM  
 3030 REM  
 3040 REM CFM =11 TABLE 6 P 21.16  
 3050 REM  
 3060 REM ENTHALPIE DE LA PIECE EST CALCULEE POUR W =.01  
 3070 REM  
 3080 REM  $\Delta H$  EST PRIS POUR H  
 3090 REM  
 3100  $Q9=4.5*11*H*N$   
 3110 REM  
 3120 REM  
 3130 REM  
 3140 REM Q EST LA CHARGE DE REFROIDISSEMENT  
 3150 REM  
 3160  $Q=Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8+Q9$   
 3170 REM  
 3180 REM  
 3190 REM CALCUL DES GAIN EN OIO  
 3200 REM  
 3210  $W1=(Q1/Q)*100$   
 3220  $W2=(Q2/Q)*100$   
 3230  $W3=(Q3/Q)*100$   
 3240  $W4=(Q4/Q)*100$   
 3250  $W5=(Q5/Q)*100$   
 3260  $W6=(Q6/Q)*100$   
 3270  $W7=(Q7/Q)*100$   
 3280  $W8=(Q8/Q)*100$   
 3290  $W9=(Q9/Q)*100$





```
3870 PRINT FLP,  
3880 X=0  
3890 PRINT FLP,  
3900 PRINT FLP,  
3910 REM  
3920 REM  
3930 PRINT FLP,  
3940 REM  
3950 REM  
3960 REM  
3970 PRINT FLP,  
3980 NEXT Y  
3990 REM  
4000 REM  
4010 REM POSSIBILITE D'UTILISER D'AUTRES TEMPERATURES.  
4020 REM  
4030 PRINT "VOULEZ-VOUS INTRODUIRE D'AUTRES TEMPERATURES"  
4040 PRINT " OUI OU NON"  
4050 INPUT A$  
4060 IF A$="OUI" GOTO 1090  
4070 END
```

Bibliographie

- Ashrae Handbook of Product directory  
1977 Fundamentals

- Environmental Design For Tropical  
Climate : Accra 17-21st September, 1973