

I- GÉNÉRALITÉS

I.1- TRANSFERT DE CHALEUR

Comme la chaleur s'écoule toujours d'un point plus chaud vers un point plus froid, le phénomène nous paraît simple au premier abord. Mais en réalité, il est complexe et ne peut être décrit mathématiquement qu'avec difficulté. Nous devons distinguer plusieurs aspects du transfert de la chaleur très différents physiquement:

I.1.1- CONDUCTION

C'est le transfert de chaleur à l'intérieur d'un corps, de particule à particule sans qu'il y ait aucun déplacement de celle-ci.

I.1.2- CONVECTION

Transfert de chaleur par le mouvement des particules d'un corps liquide ou gazeux.

I.1.3- RAYONNEMENT

Transfert de chaleur par ondes électromagnétique, entre deux corps sans contact direct et sans déplacement de matière.

I.2- COEFFICIENT DE TRANSMISSION DE CHALEUR K

Le coefficient de transmission global K caractérise les éléments de construction du point de vue thermique.

Il détermine ou il traduit la quantité de chaleur transmise à travers une paroi par unité de temps, par unité de surface et par degré d'écart de température.

Le coefficient de transmission global K d'une paroi plane comportant une ou plusieurs couches se est déterminé par la formule de PECLLET :

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} \quad (\text{I-1})$$

où :

K : coefficient de transmission de chaleur en [Kcal/h.m²°C].

e_i : épaisseurs des matériaux constituant la paroi en [m].

λ_i : coefficients de transmission de chaleur par conduction [Kcal/h.m°C].

avec :

$$h_i = \alpha_i + r_i \quad (I-2)$$

$$h_e = \alpha_e + r_e \quad (I-3)$$

où :

h_i, h_e : coefficients de transmission superficiels.

$-r_i, r_e$: coefficients de rayonnement.

α_i, α_e : coefficients de convection.

I.3- ENVIRONNEMENT EXTÉRIEUR

L'environnement extérieur est l'ensemble des facteurs climatiques qui ont une influence directe ou indirecte sur le milieu dans lequel nous vivons.

Les facteurs climatiques qui influent indirectement sur notre environnement sont:

I.3.1- TEMPÉRATURE HUMIDE

Elle a plus d'importance en climatisation puisqu'elle a une influence directement sur le degré hygrométrique des locaux à conditionner. La température humide à l'air est étroitement liée à la température sèche extérieur.

I.3.2- TEMPÉRATURE SÈCHE EXTÉRIEUR

La température sèche extérieur est une donnée fondamentale du calcul des déperditions (en hiver).

Il existe de nombreuses données météorologiques sur les températures sèche extérieures en un lieu donné. Aussi, en hiver, on constate au cours d'une journée que la valeur minimale de la température sèche est atteinte vers 04 heures du matin.

La valeur minimale de la température sèche extérieur est influencée surtout par:

- L'altitude du lieu considéré.
- Sa latitude.
- L'ensoleillement...etc.

I.3.3- L'ÉNERGIE SOLAIRE

Le soleil émet une grande quantité d'énergie sous forme d'ondes électromagnétiques, dont certaines sont visibles et les autres ne le sont pas.

La distance moyenne terre-soleil est $d = 149$ millions de kilomètre. Au solstice d'été, la terre s'éloigne du soleil et la distance est maximale $d_{\max} = 1.017.d$.

Au solstice d'hiver, la distance sera minimale $d_{\min} = 0.983.d$.

a- Bilan du rayonnement solaire:

L'atmosphère joue le rôle d'un régulateur thermique, cet effet de régulation n'est autre que l'effet de serre et sans lequel la température moyenne du sol serait inférieure à 0°C .

Le bilan varie considérablement selon la tranche d'atmosphère considérée et selon la latitude.

Il faut tenir compte aussi des échanges d'énergie par conduction, convection et par le cycle évaporation-condensation de la vapeur d'eau, la figure (I-3) représente un tableau des échanges radiatifs.

Si l'on admet qu'à la limite de l'atmosphère, la terre reçoit du soleil $8.6 \text{ kWh/m}^2.\text{jour}$ représentée par 100% , le sol reçoit 74% dont 31% ont traversé directement l'atmosphère et 16% ont été diffusés par elle vers le bas.

La réflexion sur les différentes couches atmosphériques en élimine 23% , la réflexion sur le sol 7% , la diffusion par les aérosols 6% d'où une perte de 36% ; l'absorption par l'air représente 17% .

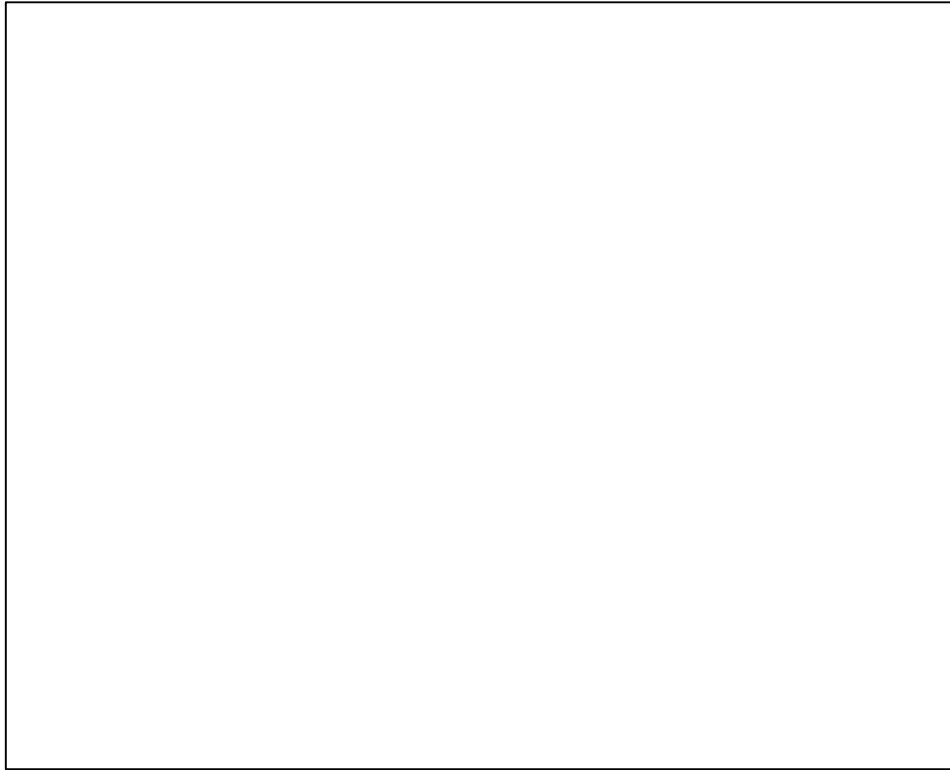


Fig. (I-1)

b- Longitude (L):

L'origine des longitudes est « GRINWICH » se trouvant en angle terre 0°. Les lieux situés à l'est sont comptés avec le signe (+), ceux situés à l'ouest le sont avec le signe (-).

c- Latitude (ϕ):

La latitude permet de repérer la distance angulaire d'un point quelconque à l'équateur. Elle varie de 0° (équateur) à (+90°), pour l'hémisphère Nord et 0° (équateur) à (-90°) pour l'hémisphère sud.

d- Déclinaison solaire (δ):

La terre tourne autour du soleil sur une trajectoire elliptique continue dans un plan: le plan de l'elliptique, la normale à ce plan et l'axe de rotation de la terre font un angle variable 'Delta' qui se calcul par la formule suivante:

$$\delta = 23.45 \sin \left[\left(\frac{N-80}{370} \right) \times 360 \right] \quad (\text{I-4})$$

où :

δ : En degré.

N : Numéro du jour à partir du premier janvier.

e- Angle horaire (ω):

Les angles horaires sont comptés avec le signe (+) de midi vrai jusqu'au coucher du soleil et avec le signe (-) du lever du soleil jusqu'à midi vrai.

Une heure de temps = 15° en angle horaire.

Une minute de temps = $15'$ d'arc.

Une seconde de temps = $15''$ d'arc.

L'angle horaire est déterminé par la relation suivante:

$$\omega = \text{TSV} - 12 \quad (\text{I-5})$$

Avec :

TSV : temps solaire vrais.

ω : angle horaire en heure.

f- Position du soleil:

La position du soleil dans le ciel varie selon le plan de référence choisi par l'observateur, et est représentée selon deux systèmes de coordonnées horizontales et équatoriales.

On détermine la position du soleil par les fig.(1) et fig.(2) ci-dessous:



g- Hauteur du soleil (h):

C'est l'angle fait par le rayon visuel de l'observateur allant vers le soleil avec le plan de l'horizon, il est calculé par:

$$h = \arcsin(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega) \quad (\text{I-6})$$

h- Azimut (a):

C'est l'angle que fait le plan vertical fixe (méridien) avec le plan vertical du soleil, il est calculé par la formule :

$$a = \arcsin\left(\frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos h}\right) \quad (\text{I-7})$$

i- Rayonnement direct:

Le rayonnement direct est donné par la formule suivante:

$$I_{\text{DIR}} = I_{\text{DN}} \cos \theta \quad (\text{I-8})$$

I_{DN} : Intensité de l'éclairement donnée en $[\text{W}/\text{m}^2]$ par la formule suivante:

$$I_{\text{DN}} = A \exp\left[-\left(\frac{P}{P_0}\right) \times \left(\frac{B}{\sin h}\right)\right] \quad (\text{I-9})$$

avec :

$$\frac{P}{P_0} = \exp(-0,0001184 \times \text{ALT}) \quad (\text{I-10})$$

où :

ALT : altitude.

$$A = I_{\text{SC}} \left[1 + 0,033 \cos\left(\frac{360 \times N}{370}\right)\right] \quad (\text{I-11})$$

où :

I_{SC} : constante solaire égale à $1353 [\text{w}/\text{m}^2]$.

B : voir annexe I tableau (I-1).

*Cas d'une paroi orientée vers le sud ($\gamma = 0$):

$$\cos \theta = \cos(\phi-i) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega + \sin(\phi-i) \cdot \sin \delta \quad (\text{I-12})$$

*Cas d'une paroi qui n'est orientée vers le sud ($\gamma \neq 0$):

$$\cos \theta = \cos h \cos (a-\gamma) \sin i + \sin h \cos i \quad (\text{I-13})$$

avec :

γ : orientation de la paroi, voir annexe II tableau (II-2).

i : l'angle d'inclinaison de la paroi ($I = 90^\circ$).

j- Rayonnement diffus:

Le rayonnement est donné par la formule suivante:

$$I_{\text{DIF}} = I_{\text{DN}} \left[C \times \left(\frac{1 + \cos i}{2} \right) + \rho \times (\sin h + C) \times \left(\frac{1 + \cos i}{2} \right) \right] \quad (\text{I-13})$$

avec :

ρ : Albédo.

C : voir annexe I tableau (I-1).

k- Rayonnement global:

Le rayonnement global est la somme des rayonnements directs et diffus.

$$I_G = I_{\text{DIR}} + I_{\text{DIF}} \quad (\text{I-14})$$

I.4- ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR

L'environnement intérieur est l'ensemble des facteurs physiques, physiologiques, biologiques et psychologiques susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect immédiatement ou à terme, sur les individus et leurs activités à l'intérieur d'un local déterminé.

L'étude et la connaissance de ces différents facteurs permettent, de déterminer les conditions de base d'un climat intérieur; dont on a trois types :

Climats intérieurs assurant le confort des occupants.

Climats intérieurs de type industriel.

Climats intérieurs spécifiques.

I.4.1- HYPOTHÈSES DES TEMPÉRATURES

On choisit ordinairement une température intérieure des locaux chauffés égale à 20°C. Pour des locaux aux exigences de températures plus fortes ou plus faibles, voir annexe I tableau (I-2).

II- CALCUL DES BESOINS CALORIFIQUES

II.1- BESOINS CALORIFIQUES

II.1.1- GÉNÉRALITÉ

Les besoins calorifiques d'un local sont une pure caractéristique de la construction, qui n'a rien à voir avec le système de chauffage projeté ou réalisé.

Ils dépendent des dimensions du local, du genre de construction de ses murs, des dimensions des fenêtres, ...etc.

II.1.2- BESOINS CALORIFIQUES POUR PERTES PAR TRANSMISSIONS

a- Principes de calculs:

On calcul les pertes calorifiques Q_T qui résultent d'un local de la somme des pertes par transmission global Q_0 de l'ensemble des éléments d'enveloppe; mais d'autres facteurs d'influence sont introduits sous forme de majorations (Z); qu'on aborde dans ce qui suit. Pour la valeur Q_T on a:

$$Q_T = Q_0 (1 + Z_U + Z_A + Z_H) \quad (\text{II-1})$$

b- Déperditions calorifiques par transmission:

Les déperditions calorifiques par transmissions q_0 se calculent pour chaque surface d'enveloppe d'un local ; d'après les lois de la transmissions globale de chaleur en régime établi, nous avons:

$$q_0 = K.S.(t_i - t_e) \quad (\text{II-2})$$

où :

- q_0 : déperditions calorifiques horaires de l'élément de construction en [kcal/h].
- S : surface de la paroi en [m^2].
- K : coefficient de transmission global de la chaleur en [$kcal/m^2h^\circ c$].
- t_i : température intérieure du local en [$^\circ c$].
- t_e : température extérieure en [$^\circ c$].

La somme des déperditions élémentaires q_0 , donne les déperditions par

transmission Q_0 de la totalité du local.

$$Q_0 = \Sigma q_0 \quad (\text{II-3})$$

II.1.3- MAJORATIONS

Toutes les majorations sont appliquées aux déperditions par transmission de tout le local ; une caractéristique importante pour les propriétés d'un local en matière de Chauffage est le coefficient désigné par D.

a- Coefficient D:

Physiquement, le coefficient D peut représenter la perméabilité moyenne de l'ensemble des éléments de l'enveloppe d'un local.

- Un coefficient D élevé signifie un mauvais isolement calorifique.
- Un coefficient D faible signifie un bon isolement calorifique.

Le coefficient D d'un local se calcul par la formule suivante:

$$D = \frac{Q_0}{S_{\text{TOT}}(t_i - t_e)} \quad (\text{II-4})$$

où :

- S_{TOT} : est la surface totale de toutes les enveloppes des locaux, donc les murs extérieurs avec les fenêtres, les murs intérieurs avec les portes, le plancher et la couverture (plafond).

b- Majorations (Z_U) pour interruption d'exploitations:

Nous avons trois modes d'exploitations :

- Mode d'exploitation I :
Exploitation continue avec toutefois réduction d'exploitation.
- Mode d'exploitation II :
Interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 8 à 12 heures.
- Mode d'exploitation III :
Interruption journalière de fourniture de chaleur d'une durée de 12 à 16 heures.

c- Majoration (Z_A) pour compensation des parois extérieures froides:

Le confort de l'homme dans un local ne dépend pas seulement de la température de l'air mais également de la température moyenne de l'enveloppe du local.

Des locaux avec de grandes fenêtres sont, sur le plan climatique du local, plus défavorables que d'autres avec des murs épais ou de petites fenêtres. Les murs des pièces d'angle sont plus défavorables que des locaux encastrés sur trois faces.

Les majorations Z_U et Z_A sont rassemblées par la majoration Z_D (voir annexe II tableau (II-1)).

d- Majoration Z_H pour orientation:

La valeur des majorations qui doivent tenir compte des différences d'insulations est à prendre selon le tableau (Annexe II, tableau II-2).

II.1.4- BESOINS CALORIFIQUES POUR PERTES PAR INFILTRATION:

a- Principe de calcul:

La quantité d'air qui pénètre sous l'effet du vent dans un local par les jointures des portes et des fenêtres dépend des dimensions des zones non étanches.

Les besoins calorifiques pour compenser les pertes par ventilation Q_L peuvent être calculés par l'équation :

$$Q_L = \sum(a.l)_A \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_e) \cdot Z_E \quad (\text{II-5})$$

où :

- $\sum(a.l)_A$: perméabilité des fenêtres et portes au vent.
- $(t_i - t_e)$: différence de température entre l'air intérieur et extérieur.
- Z_E : facteur de majoration pour les fenêtres d'angles.
- $*Z_E = 1,2$ pour les fenêtres et les portes situées dans l'angle de deux murs extérieures contigus.
- $*Z_E = 1$ pour toutes les fenêtres et les portes.
- H : caractéristique d'immeuble (voir annexe II tableau II-3).
- R : caractéristique du local, elle peut être calculée par la formule :

$$R = \frac{1}{\frac{\sum(al)_A}{\sum(al)_N} + 1} \quad (\text{II-6})$$

b- Perméabilité des fenêtres et portes $\Sigma(al)$:

«a» est la perméabilité à l'air d'un joint de fenêtre ou porte par mètre de longueur.

Les valeurs de «a» sont données dans les tableaux (II-4) et (II-5) en annexe II.

La perméabilité de toutes les fenêtres et portes ayant chacune des joints d'une longueur l et exposées au vent dans les conditions les plus défavorables est donnée par:

$$\Sigma(al)_A.$$

La perméabilité des portes intérieures par lesquelles l'air peut s'écouler du local est donnée par:

$$\Sigma(al)_n.$$

Les besoins calorifiques Q d'un local se calculent en [Kcal/h] par l'équation:

$$Q = Q_T + Q_L \quad (\text{II-7})$$

$$Q = Q_0 \cdot (1 + Z_D + Z_H) + Q_L \quad (\text{II-8})$$

II.2- LES APPORTS GRATUITS**II.2.1- APPORTS DUS AUX OCCUPANTS**

L'homme est considéré comme un générateur thermique, il dégage de l'énergie dont une partie est utilisée pour maintenir constante la température intérieure du corps, l'autre partie doit être dissipée dans le milieu ambiant sous forme de chaleur.

Cette dernière varie suivant les individus (femme, homme, enfant) et leurs degrés d'activité.

La chaleur dissipée est la somme des chaleurs sensibles (Q_s) et latentes (Q_l). Ces chaleurs sont respectivement données par :

$$Q_s = n \cdot q_s \cdot c_0 \cdot c. \quad (\text{II-9})$$

$$Q_l = n \cdot q_l \cdot c \quad (\text{II-10})$$

où :

- q_s : chaleur sensible dégagée par personne.
- q_l : chaleur latente dégagée par personne
- n : nombre d'occupants.

- c : coefficient de correction dépendant de la durée d'occupation.
- $c_0 = 0,8$ lorsque l'occupation d'un local est exclusivement féminine.
- $c_0 = 1$ lorsque l'occupation d'un local est exclusivement masculine.
- $0,6 < c_0 < 0,8$ lorsque l'occupation d'un local est exclusivement d'enfants.
- $c_0 = 0,9$ si la proportion d'occupation n'est pas connue.

II.2.2- APPORTS DUS À L'ÉCLAIRAGE

C'est la quantité de chaleur dégagée par les lampes du local, cette chaleur est calculée par la formule suivante:

$$Q_b = 0,86.M.W_a. \quad (\text{II-11})$$

où :

- M : coefficient de correction dépendant de la durée d'éclairage.
- W_a : puissance électrique réelle installée pour l'éclairage [Watt].

II.2.3- APPORTS DUS AUX MACHINES

Lorsqu'une machine travaille, l'énergie utilisée est totalement transformée en chaleur. La chaleur dégagée est calculée par:

$$Q_m = a_1 \times a_2 \times \frac{N}{\eta} \quad (\text{II-12})$$

Où :

- N : puissance nominale totale du moteur.
- η : rendement du moteur.
- a : facteur de charge.
- Pour une machine d'usinage $a_1.a_2 = 0,2$ à $0,4$
- Pour les ponts de levage et les presses $a_1.a_2 = 0,18$ à $0,2$.

II.2.4- APPORTS DUS AU RAYONNEMENT SOLAIRE

Les apports solaires par rayonnement des fenêtres sont donnés par la formule suivante :

$$Q_v = S_v \times C \times F \times \left[I_{\text{DIR.COR}} \times \left(\frac{S_s}{S_v} \right) + I_{\text{DIF.COR}} \times \left(\frac{S_o}{S_v} \right) \right] \quad (\text{II-13})$$

Avec :

$I_{\text{DIR.COR}}$: rayonnement direct corrigé qui se calcul par :

$$I_{\text{DIR.COR}} = I_{\text{DIR}} \times (0.25 + 0.75\sigma) \quad (\text{II-14})$$

Où :

- σ : fraction d'insolation.
- S_V : surface de la vitre.
- S_O : surface ombrée de la vitre.
- C : facteur solaire. Il dépend du type de protection.
- $C = 0,14$ pour une protection extérieure (stores verticaux opaques, verre simple $e=3[\text{mm}]$).
- $C = 0,25$ pour une protection intérieure (stores de taille opaques claire, verre simple $e=3[\text{mm}]$).
- S_S : surface ensoleillée de la vitre.

a- Calcul des surfaces ensoleillées

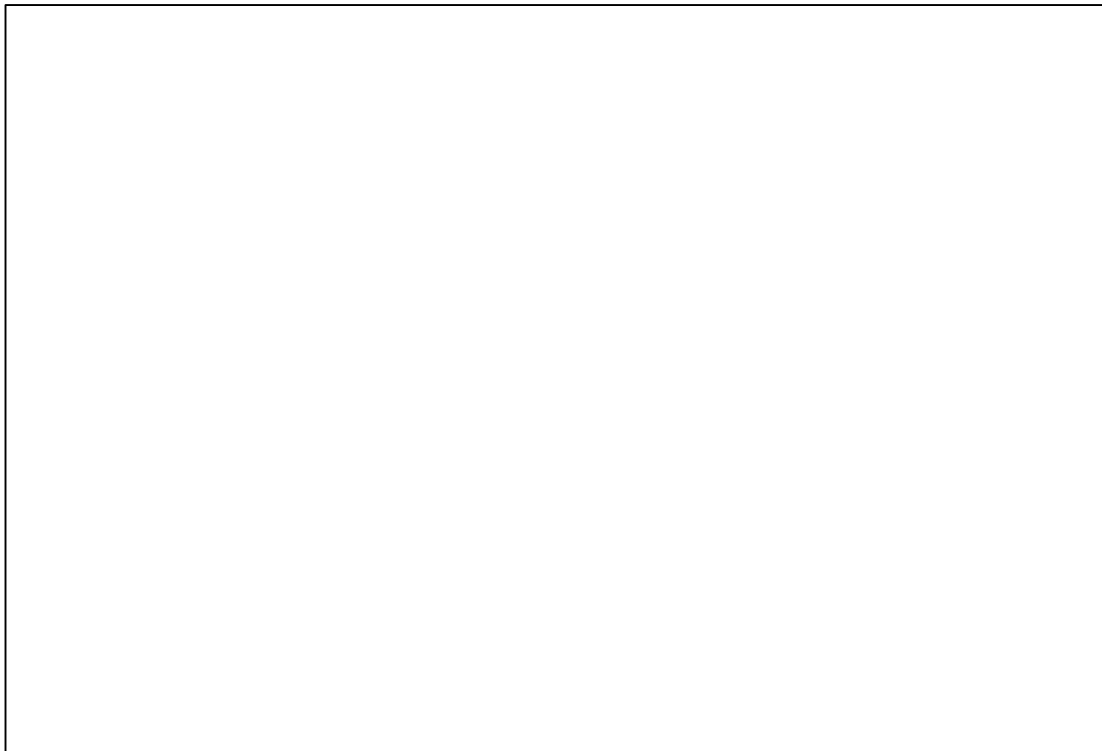
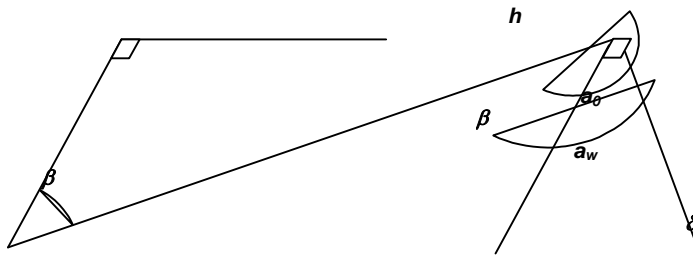


Fig.(II-1).



$$S_s = (L - L_o) \times (H - H_o) \quad (\text{II-15})$$

- L : Longueur de la fenêtre.
- H : hauteur de la fenêtre.

$$L_o = \delta \times \text{tg}\psi \quad (\text{II-16})$$

$$H_o = \delta \times \frac{\text{tgh}}{\cos \psi} \quad (\text{II-17})$$

$$\psi = \gamma - a \quad (\text{II-18})$$

Où :

- L_o : longueur d'ombre.
- H_o : hauteur d'ombre.
- ψ : angle horizontal d'impact.
- γ : orientation de la paroi.
- δ : retrait de la fenêtre
- h : hauteur du soleil
- a : azimut du soleil.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans ce projet, nous avons essayé d'automatiser les tâches longues et fastidieuses du calcul d'une installation de chauffage centrale à eau chaude afin de les faciliter. Ceci nous a amené à écrire un programme en TurboPascal; le choix de ce langage est justifié par sa souplesse et sa convivialité.

Le programme a été d'abord testé et validé sur des exemples simples trouvés dans la bibliographie et puis appliqué à un projet réel qui est celui d'une clinique médico-chirurgicale qui va se réaliser prochainement à BATNA et dont le cahier des charges nous a été fourni par le bureau d'études B.E.T.A.

Le programme que nous avons développé est divisé en deux grandes parties. La première permet, après avoir introduit toutes les données, de déterminer les déperditions thermiques dans un immeuble quelconque afin de déterminer la puissance de chauffe de la chaudière à installer. Cette dernière nous a permis de déterminer le nombre de radiateurs pour deux types existant sur le marché et souvent utilisés. Ensuite, nous avons positionné les radiateurs d'après les plans architecturaux fournis afin de déterminer les longueurs respectives de chacun.

La deuxième partie, quant à elle, permet de calculer les diamètres des conduites de l'installation de chauffage, les puissances des pompes de circulation ainsi que celle de la chaudière et des corps de chauffe (radiateurs).

En fin de calculs, le programme nous permet d'estimer approximativement le prix de l'installation de chauffage de la clinique.

Les résultats que nous avons obtenus sont très convenables pour ce type de construction et ont été approuvés par l'E.T.B. Cependant, ce qui a attiré de plus notre attention, c'est le pourcentage des apports gratuits par rapport aux besoins calorifiques qui est d'environ 18 %, valeur importante qui représente 24551.6 Kcal/h (136703.3 Mcal à économiser pour chaque saison de chauffage sans faire introduire les économies qu'on peut avoir de l'installation réduite qui résulte de l'introduction des apports gratuits dans l'étude.

Le programme que nous avons développé est en première phase de réalisation

(première version) et nécessite des améliorations comme, par exemple, la lecture des données directement à partir du fichier dans lequel ils sont sauvegardés. En effet, dans ce cas, au lieu de faire rentrer toutes les données, qui est une tâche longue et fastidieuse et qui dépend du projet, on modifie certaines valeurs uniquement. Ceci permettra de plus d'exploiter le fichier pour d'autres constructions semblables et facilitera beaucoup la tâche de l'utilisateur.

Annexe I

Coefficients **B** et **C** pour le rayonnement solaire :

Date	Numéro du jour	B Air masse ⁻¹	C sans dimension
21 Jan.	21	0.142	0.058
21 Févr.	52	0.144	0.060
21 Mars	80	0.156	0.071
21 Avr.	111	0.180	0.097
21 Mai	141	0.186	0.100
21 Juin	172	0.205	0.134
21 Juill.	202	0.207	0.136
21Aout	233	0.201	0.122
21Sept.	264	0.177	0.092
21 Oct.	294	0.160	0.072
21 Nov.	325	0.149	0.063
21 Déc.	354	0.141	0.057

Tableau (I-1)

Annexe I

Températures des locaux.

Immeubles d'habitation	
Chambres à coucher, locaux d'habitation	20°C
Cuisines	20°C
W.C	15°C
Cages d'escalier	10°C
Salles de bain	22°C
Immeubles de commerce et d'administration	
Locaux de commerce et de bureaux	20°C
Restaurants	20°C
Chambres d'hôtel	20°C
Magasins	20°C
W.C	15°C
Cages d'escalier	15°C
Ecoles	
Locaux d'instruction et d'administration	20°C
Cuisines et ateliers	15 à 18°C
Vestiaires	15°C
W.C	15°C

Tableau (I-2).

Annexe I

Majorations Z_D et Z_H en %

Majorations Z_D :

Mode d'exploitation	Coefficient D	0,1	0,3	0,7	1,5
		à 0,29	à 0,69	à 1,49	
I	Exploitation réduite	7	7	7	7
II	Interruption de 9 à 12 h de durée	20	15	15	15
III	Interruption de 12 à 16 h de durée	30	25	20	15

Tableau (II-1)

Majoration Z_H :

Orientation	Majoration Z_H	γ en [°]
• Sud	-5	0
• Sud-Ouest	-5	45
• Ouest	0	90
• Nord-Ouest	+5	135
• Nord	+5	180
• Nord-Est	+5	-135
• Est	0	-90
• Sud-Est	-5	-45

Tableau (II-2)

Annexe I

Caractéristique de maison «H».

		Maison d'alignement	Maison individuelle
Région Normale	Site protégé	0,24	0,34
	Site découvert	0,41	0,58
	Site particulièrement découvert	0,60	0,84
Région à vent Fort	Site protégé	0,41	0,58
	Site découvert	0,60	0,84
	Site particulièrement découvert	0,82	1,13

Tableau (II-3).

Annexe I

Perméabilité des joins «a» par mètre de longueur [m³/h].

Pour les fenêtres.

Fenêtres en bois ou en matière synthétique	Simple	3,0
	Composées	2,5
	Doubles et simples avec étanchéité garantie	2,0
Fenêtres en acier et fenêtres métalliques	Simple	1,5
	Composées	1,5
	Doubles et simples avec étanchéité garantie	1,2

Tableau (II-4)

Pour les portes.

Portes intérieures	Non étanches	40
	Etanches	15
Portes extérieures en bois ou en matière synthétique	Simple	3,0
	Composées	2,5
	Doubles et simples avec étanchéité garantie	2,0
Portes extérieures en acier ou métalliques	Simple	1,5
	Composées	1,5
	Doubles et simples avec étanchéité garantie	1,2

Annexe I

Tableau (II-5)

Coefficient de transmission K des fenêtres et des portes [Kcal/m².h.°C].

Pour les fenêtres :

Fenêtres	En bois ou en matières synthétiques	En acier et métal
Simple	4,5	5,0
Composées	2,2	3,0
Doubles	2,0	2,8

Tableau (II-6a).

Pour les portes :

Portes intérieures	2
Portes extérieures en bois ou en matières synthétiques	3
Portes extérieures en acier et métalliques	5

Tableau (II-6b).

Annexe I

Planche RIESCHEL - 2 – Chauffage à eau chaude (table pour 1°C).

	Tubes filetés mi-lourds						Tubes en acier sans soudure			
Ø nominal [mm]	10	15	20	25	32	40	40	50	65	80
Ø intérieur [mm]	12,29	15,75	21,25	27,00	35,75	41,25	39,50	51,50	70,00	82,50
Gradient de la perte de pression <i>R</i> [mmCE/m]	Débit d'eau [kg/h]									
	Vitesse de l'eau [m/s]									
3,0	55,0 0,13	108 0,16	244 0,20	469 0,24	998 0,28	1460 0,30	1310 0,30	2660 0,36	6020 0,44	9320 0,50
3,3	55,8 0,14	144 0,17	261 0,22	495 0,24	1050 0,30	1540 0,34	1380 0,32	2810 0,38	6320 0,46	9770 0,50
3,6	60,8 0,15	120 0,18	273 0,22	519 0,26	1100 0,32	1620 0,34	1450 0,34	2940 0,40	6610 0,50	10300 0,60
4,0	64,5 0,16	127 0,19	289 0,24	545 0,28	1160 0,34	1710 0,36	1540 0,36	3110 0,42	7000 0,50	10800 0,60
4,5	68,5 0,17	136 0,20	309 0,24	583 0,30	1240 0,36	1820 0,40	1630 0,38	3300 0,46	7440 0,55	11500 0,60
5,0	73,7 0,18	144 0,22	325 0,26	615 0,30	1310 0,38	1930 0,42	1720 0,40	3490 0,48	7870 0,60	12200 0,65
5,5	77,6 0,19	151 0,22	344 0,28	645 0,32	1380 0,40	2040 0,44	1820 0,42	3650 0,50	8310 0,60	12900 0,70
6,0	81,3 0,20	159 0,24	360 0,30	679 0,34	1450 0,42	2140 0,46	1900 0,44	3830 0,55	8690 0,65	13500 0,70
6,5	84,6 0,20	167 0,24	376 0,30	707 0,36	1510 0,44	2240 0,48	1990 0,46	3990 0,55	9070 0,65	14100 0,75
7,0	87,9 0,22	173 0,26	391 0,32	738 0,36	1580 0,44	2320 0,50	2060 0,48	4150 0,55	9440 0,70	14600 0,80
7,5	91,6 0,22	180 0,26	406 0,32	766 0,38	1630 0,46	2410 0,50	2140 0,50	4320 0,60	9810 0,75	15200 0,80
8,0	94,9 0,24	186 0,28	419 0,34	798 0,40	1590 0,48	2490 0,55	2220 0,50	4470 0,60	10100 0,75	15700 0,85
9,0	101 0,24	199 0,30	447 0,36	850 0,42	1800 0,50	2650 0,55	2350 0,55	4770 0,65	10800 0,80	16600 0,95
10,0	107 0,26	211 0,32	474 0,38	900 0,44	1900 0,55	2800 0,60	2490 0,60	5050 0,70	11400 0,85	17600 0,95
11,0	113 0,28	222 0,32	500 0,40	946 0,48	2000 0,55	2940 0,65	2620 0,60	5310 0,75	11900 0,90	18500 1,00
12,0	118 0,28	233 0,34	524 0,42	992 0,50	2090 0,60	3080 0,65	2740 0,65	5550 0,75	12500 0,95	19300 1,00
13,0	123 0,30	246 0,36	548 0,44	1030 0,50	2180 0,60	3210 0,70	2860 0,65	5800 0,80	13000 0,95	20100 1,10
14,0	128 0,32	252 0,38	570 0,46	1070 0,55	2270 0,65	3340 0,70	2990 0,70	6020 0,85	13500 1,00	20900 1,10
15,0	132 0,32	262 0,38	591 0,48	1110 0,55	2350 0,65	3460 0,75	3080 0,70	6230 0,85	14000 1,00	21600 1,20
16,0	137 0,34	271 0,40	611 0,50	1150 0,60	2430 0,70	3780 0,75	3190 0,75	6450 0,90	14500 1,10	22400 1,20
17,0	142 0,34	280 0,40	631 0,50	1190 0,60	2510 0,70	3690 0,80	3290 0,75	6640 0,90	15000 1,10	23000 1,20
18,0	146 0,36	289 0,42	648 0,50	1220 0,60	2600 0,75	3810 0,80	3390 0,80	6850 0,95	15400 1,10	23800 1,30
19,0	151 0,36	299 0,44	668 0,55	1260 0,65	2670 0,75	3920 0,85	3490 0,80	7050 0,95	15900 1,20	24500 1,30
20,0	155 0,38	307 0,46	687 0,55	1290 0,65	2750 0,80	4020 0,85	3590 0,85	7240 1,00	16300 1,20	25100 1,30

Tableau (III-1).

Annexe I

Planche **RIETSCHEL 5**
Coefficients des pertes de charge.

Séparation de courant		Jonction de courant					
T - dérivation ζ_a							
ω_a/ω	$\alpha=90^\circ$	$d_a/d \setminus V_a/V$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0,3	12	0,3	0,5	1,0	-	-	-
0,4	7,0	0,4	0,0	1,0	1,3	1,0	-
0,6	3,5	0,5	-2,0	0,5	1,0	1,0	-
0,8	2,5	0,7	-7,0	0,0	1,0	1,3	1,5
1,0	2,0	1,0	-	-	-2,0	1,5	2,0
2,0	1,0	-	-	-	-	-	-
T - passage direct ζ_d							
ω_d/ω	$\alpha=90^\circ$	$d^*/d \setminus V_d/V$	0,6	0,8	1,0		
0,5	0,5	< 1	0,8	0,3	-		
1,0	0,0	1,0	1,5	0,5	0,0		
T - contre courant ζ_a							
ω_a/ω	ζ_a	ω_a/ω	ζ_a	$d_a/d \setminus V_a/V$	0,3	0,5	0,7
0,4	6,5	1,3	1,0	0,5	5,0	1,3	1,0
0,6	3,0	1,5	0,8	0,7	6,5	2,0	1,3
0,8	1,8	2,0	0,5	0,8	9,0	3,0	1,8
1,0	1,3	-	-	1,0	15	5,0	3,0

Tableau (III-2a).

Annexe I

Séparation de courant.			Jonction de courant.					
Croix, dérivation ζ_a .								
ω_a/ω	ζ_a	$d_a/d \setminus V_a/V$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	
0,4	7,0	0,4	0,0	1,2	1,2	-	-	
0,6	3,5	0,5	-0,3	1,3	1,3	1,4	-	
0,8	2,5	0,7	-	2,0	2,7	2,3	2,0	
1,0	2,0	0,8	-	-	4,0	3,0	2,5	
2,0	1,0	1,0	-	-	-	6,5	5,0	
Croix, passage direct ζ_d .								
ω_a/ω	Croix, passage direct contraction.			$d^*/d \setminus V_d/V$	0,4	0,6	0,8	1,0
	1,0	0,8	0,6					
0,5	0,5	1,0	1,2	0,6	1,3	0,7	0,5	-
1,0	0,0	0,1	0,2	0,8	2,8	1,2	0,5	-
1,5	-	0,35	0,5	1,0	6,5	2,5	1,0	0,2

Tableau (III-2b).