الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفيزياء

مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال:علوم المادة

فرع:فيزياء

تخصص:فيزياء الطاقوية

من إعداد: مقدم لبنى و عيساوي نسرين

بعنوان:

تأثير العزل الحراري على الراحة الحرارية في غرفة مكيفة

نوقشت يوم: 2017/05/25

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

بابا حني أم الخير	أستاذ محاضر قسم(أ)	جامعة ورقلة	رئيسا
موسى زروقي	أستاذ محاضر قسم(ب)	جامعة ورقلة	مناقشا
معريف يسين	أستاذ محاضر قسم(ب)	جامعة ورقلة	مشرفا

الموسم الجامعي:2017/2016

شكر و عرفان

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

والصلاة والسلام على من لا نبي بعده

الحمد لله ذي تتم بنعمته الصالحات

اللهم لك الحمد حتى الرضا و لك الحمد بعد الرضا و لك الحمد إذا رضيت

نشكر الله تعالى عز وجل على توفيقه لنا في بحثنا هذا

كما نتقدم بالشكر الخالص لكل من قام بإضافة أو إشارة أو نصيحة

و بعد:

من لم يشكر الناس لم يشكر الله

وعلى هذا نتقدم بالشكر الو التقدير إلى الدكتور معريف يسين الذي قبل بنا كمشرف على مذكرتنا هذه ةعلى توجيهه ومساندتنا و إخلاصه في عمله معنا وكذلك نتقدم بالشكر لرئيسة اللجنة الدكتورة بابا حني أم الخير و المناقش الدكتور زروقي موسى على قبولهم لتقييم عملنا هذا

دون أن ننسى أن نقدم شكرنا لإدارة قسم الفيزياء –جامعة قاصدي مرباح-

ولا ننسى والدانا اللذان ساندانا في مسيرتنا الدراسية إلى يومنا هذا

كما نشكر أصدقائنا و المقربون إلينا لدعائهم لنا بالتوفيق والنجاح.

الإهداء

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

والصلاة والسلام على من لا نبي بعده

الحمد لله الذي تتم بنعمته النعم

أما بعد نهدي بحثنا هذا إلى كل من ساندنا ووجهنا في بحثنا هدا سواء بنصيحة أو إشارة أو بدعاء و على رأسهم والدانا قرة أعيننا اللذان لم يبخلا معنا في شيء خلال مسيرتنا الدراسية كما نهدي بحثنا هذا إلى أستاذنا المشرف و جميع أساتذتنا في إدارة قسم الفيزياء و إلى رفاقنا

لبنى:

نذكر بالخصوص ابي غالي مقدم عبد مجيد وأمي بلخيرة فطيمة أختي أمال مقدم و صديقة روحي خنساء والصديق المساند مسعود تيمزار.

نسرين:

ونذكر بالخصوص والدي العزيزين أبي عيساوي بشير وأمي زهرة حياتي وأحلى أخوات سلمى وسوسن وجهينة وريهام وغاليتي فتون

ورفقاء روحي حبيبتي حميدة و صديقتي سميرة وسعيدة وأحلام و مليكة وهدى... وشريكتي في المذكرة لبنى.

الفهرس	
العنوان	الصفحة
الاهداء	
شكر وعرفان	
الفهرس	
قائمة الجداول	
قائمة الاشكال والمنحنيات	
الرموز والاصطلاحات	
المقدمة	
الفصل الأول البحث في المراجع	
I- الانتقالات الحرارية	1
I -2 طرق انتقال الحرارة	2
I -2-1 انتقال الحرارة بالتوصيل	2
I -2-2 انتقال الحرارة بالحمل	4
I -2-3 انتقال الحرارة بالإشعاع	6
II - العزل الحراري	8
II -1 تمهيد	8
II -2 تعريف العزل الحراري	8
II -3 تصنيف المواد العازلة	10
II -4 أنواع مواد العزل الشائعة	10
II -5 اختيار مواد العزل الحراري المناسبة	11
II -6 مزايا العزل الحراري	12
II -7 خصائص مواد العزل الحراري	14
III -5 الراحة الحرارية	17
III -1 تمهيد	17
III -2 العناصر المحددة للراحة الحرارية	18
III -2 العناصر الطبيعية البيئية	18

III -3 العناصر البشرية	19
الفصل الثاني : النمذجة والمحاكاة العددية (الرقمية)	
I- المحاكاة العددية	
I-1 مقدمة	21
I-2 المحاكاة الرقمية او العددية	21
II- نمذجة الغرفة	22
الفصل الثالث : تحليل ومناقشة النتائج	
I- مناقشة و تحليل النتائج	27
II-منحنيات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف و الجدران	28
III- دراسة الوضعية الأنسب للعازل	32
IV- تأثير العزل على كمية الحرارة المتدفقة للغرفة	38
V-دراسة كمية الحرارة المتدفقة من السقف و الجدارين الخارجيين قبل و بعد العزل	41
الخاتمة	42
قائمة المراجع	43
الملخص	44

قائمة الجداول

الرقم	العنوان	الصفحة
جدول 7-1	التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة	15
جدول 1-1	الخواص الفيزيائية	27
جدول 1-2	معامل الإنتقال بالحمل و معامل الامتصاص	27

قائمة الأشكال والمنحنيات

الرقم	العنوان	الصفحة
	أشكال الفصل الأول	
شكل 1-1	انتقال الحرارة من ساخن الى البارد	1
شكل 1-2	طرق انتقال الحرارة	2
الشكل1-3	انتقال الحرارة بالتوصيل	3
شكل1-4	انتقال الحرارة بالحمل من على سطح مستو	5
الشكل1-5	انتقال الحرارة بالاشعاع حتى في وجود وسط بارد يفصل بينهما	7
شكل 1-6	النسبة المئوية للحرارة المتسربة للمبنى قبل العزل الحراري	9
شكل 1-7	صورة لمنزل قبل و بعد العزل	17
	أشكال الفصل الثاني	
الشكل 2-1	رسم تخطيطي لمنزل	21
الشكل 2-2	مخطط منهجية المحاكاة العددية	22
الشكل 2-2	جدار مقسم الى M طبقة مختلفة السمك والمادة	23
	أشكال الفصل الثالث	
منحنى 3-1	شدة الاشعاع الشمسي الساقطة على السقف	28
منحنى 3-2	شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الشرقي والسقف	29

منحنى 3-3	شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الغربي وسقف الغرفة	30
منحنى 3-4	شدة الاشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الشمالي و سقف	31
منحنى 3-5	شدة الاشعاع الشمسي الساقط على جدار الجنوبي وسقف الغرفة	32
منحنى 3-6	قياس درجة الحرارة الخارجية	33
منحنى 3-7	قياس درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي للغرفة قبل تركيب العازل	34
منحنى 3-8	تركيب العازل الخارجي للسقف	35
منحنى3-9	تركيب العازل الى وسط السقف	36
منحنى3-10	تركيب العازل الى الداخل	37
منحنى3-10	منحنى تركيبات العازل المختلف	38
منحنى3-12	تغيرات درجة حرارة السطح الخارجي بدون عازل	39
منحنى3-13	درجة الحرارة بعد تركيب العازل	40
منحنى3-14	تدفقات الحرارية قبل العزل	41
منحنى3-15	كمية التدفقات الحرارية بعد العزل	42

الرموز والاصطلاحات

الوحدة	الرموز اللاتينية:	
m^2/s	: الانتشارية الحرارية $a = \lambda/\rho.C_p$.	a
m^2	:سطح التبادل لظاهرة الانتقال.	A
J/kg.K	:السعة الـــحرارية.	C_p
W/m^2	:شدة الإشعاع الشمسي.	G
$W/m^2.K$	:معامل الانتقال الحمل الحراري.	h
$W/m^2.K$	: معامل الانتقال الحمل الحراري الخارجي.	h_{ext}
$W/m^2.K$	:معامل الانتقال الحمل الحراري الداخلي.	h_{int}
mm	:سمك الطبقة	L
W/m.K	: التوصيلية الـــحرارية	k
	:عدد الطبقات	M
Kg	:كتلة المادة.	m
W/m^2	: الانبعاثية الإشعاعية للسطح الباث	M
h	: التقسيمات الزمنية.	N
	:تقسيم الطبقات.	n
W/m^2	:التدفق الـــحراري(التيار الحراري).	q
W/m^2	:مجموع التدفقات الحرارية للأسطح	Q_{total}
°C	:درجة الحرارة الخارجية	T_{ext}
°C	:درجة الحرارة الداخلية	T_{int}
°C	:درجة حرارة مائع	T_∞
°C	:درجة حرارة سطح شريحة ساخنة	T_w
s	: الزمن.	t
°C	:درجة الحرارة.	T
m^3	:الحجم	v
m/s	: سرعة الحركة.	U
m	:عرض	W

الرموز الإغريقية :

		الوحدة
α_{mur}	:معامل الامتصاصية الإشعاعية للجدار.	
ε	:معامل الانبعاثية الإشعاعية .	
ρ	:الكتلة الحجمية.	Kg/m^3
σ	:ثابت ستيفان بولزمان $\sigma = 5,67.10^{-8}\ W/m^2.K$.	$W/m^2.K$
τ	:معامل الامرارية الإشعاعية .	
Δx	:سمك الحائط	cm
*	تمثل الزمن السابق	

المقدمة

ظهرت المباني منذ نشأتها لتحمي الإنسان من القوى الطبيعية الخارجية والتي لا يستطيع التحكم فيها أو في تأثيرها السلبي عليه، و تلخصت فكرة المباني في كونها المأوى بالنسبة للإنسان لتحقيق رغبته في البقاء و توفير الأمان إلا أن احتياجات الإنسان تتعدى ذلك إلى آفاق أوسع ومع تطور المواد و التكنولوجيا بدا المعمار ريفي البحث من خلالها عن ما يمكن للبيئة أن تقدمه للفراغات الداخلية بالمبنى، لتحقيق الاحتياجات الوظيفية والنفسية المتنوعة فأصبح لابد من التعامل مع البيئة الخارجية لتحقيق راحة الإنسان الحرارية .

تعتبر منطقة ورقلة من المناطق الصحراوية التي يتصف مناخها صيفا بالجفاف و ارتفاع الشديد في درجات الحرارة، لتصل إلى 50 درجة مئوية نتيجة لذلك تتسرب كميات كبيرة من الحرارة إلى داخل المبنى، من اجل تفادي تقلبات الحرارة الداخلية سعى سكان ورقلة في الماضي إلى إيجاد حلول تقليدية مثل استعمال الصمغ و القبب في الأسقف، من اجل تحقيق تباين في إسقاطات أشعة الشمس طول فترة النهار، و كذلك جعل الجدران ضخمة من ناحية السمك تصل إلى 50 سم ، و استعمل في بنائها الحجر مع الجبس المعروف عنه في قدرته العالية على امتصاص واحتباس الحرارة. أما الآن فقد تم استخدام مواد جديدة في الإنشاء دون دراسة أيها ملائم لمناخ المنطقة، حيث انزاح إلى استعمال الأسقف المستوية المعروف عنها أن أشعة الشمس تسقط عليها طول فترة النهار. و كذلك استعمل الطوب إسمنتي (الهردي) و الطوب الأحمر في الجدران، حيث أدى عدم دراسة هذه المواد إلى زيادة في تسربات الحرارة بكميات كبيرة مما يتطلب استهلاك كميات كبيرة من الطاقة الكهربائية في التكييف المبني و تبريده. فحسب وكالة الوطنية لترقية ترشيد استعمال الطاقة (APRUE) فان60% من الطاقة الإجمالية تستهلك في التكييف، و 40% تستهلك في الأغراض الأخرى ،و لتقليل من استهلاك المفرط في الطاقة فإنه يلزم استخدام عزل الحراري في الأسقف و الحوائط للحد من انتقال الحرارة و تسربها إلى الداخل المبنى .

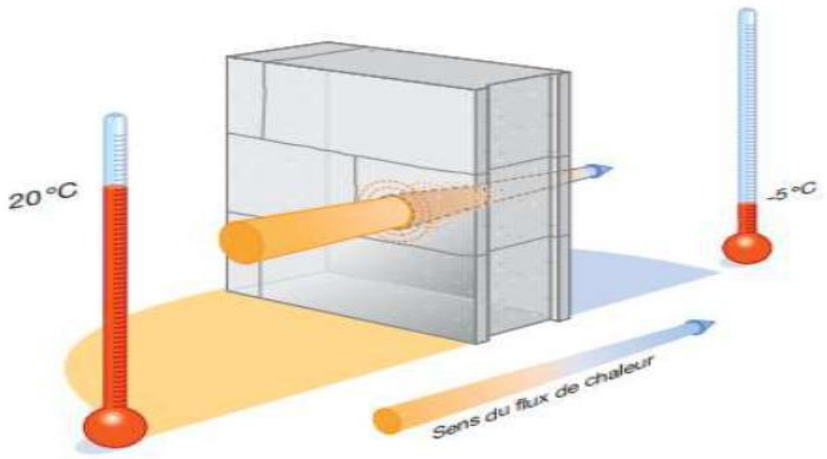
يتركز هذا البحث على دراسة أهمية العزل الحراري في العمارة الصحراوية ودورها في تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة لتوفير مستوى الراحة المناسب لمستعملي المباني.

I - الانتقالات الحرارية [1]

يرمي علم انتقال الحرارة إلى حساب انتقال الطاقة من منطقة إلى أخرى نتيجة الفرق في درجة الحرارة بينهما، حيث يختلف علم انتقال الحرارة عن علم الديناميكية الحرارية في أن علم الديناميكية الحرارية يدرس الإتزان الحراري للمولد ويكتفي بحساب كمية الحرارة اللازمة لتغيير حالة المادة من اتزان حراري معين إلى وضع آخر بينهما، يعطي علم انتقال الحرارة تصور عن الكيفية التي تنتقل بها الحرارة لتغير وضع الاتزان، هذا بالإضافة إلى حساب معدلات انتقال الحرارة أثناء تغير وضع الاتزان.

إن ظاهرة انتقال الحرارة يمكن ملاحظتها في حياتنا اليومية كثيرا، فالشخص لا يحتاج للذهاب بعيدا ليرى تطبيقا علميا لهذه الظاهرة فجسم الإنسان بصورة دائمة طاقة حرارية للبيئة المحيطة به ويكون معدل انتقال هذه الحرارة المطرودة مرتبطا بصورة وثيقة جدا بظروف راحة الإنسان المحيطة به.

وتنتقل هذه الحرارة بثلاث طرق أساسية هي انتقال الحرارة بالتوصيل وبالحمل وبالإشعاع، تعتمد كل من هذه الطرق على وجود فرق في درجات الحرارة ولابد أن تسري الحرارة من الوسط الذي درجة حرارته عالية إلى الوسط الذي درجة حرارته منخفضة.



شكل 1-1 انتقال الحرارة من ساخن الى البارد

I-2 طرق انتقال الحرارة

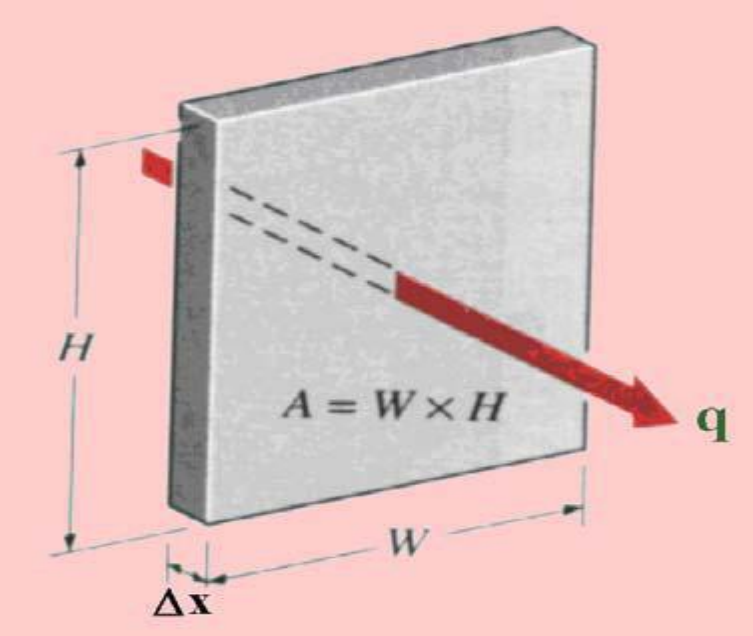
تنتقل الحرارة بطرق ثلاث، كما يوضحها الشكل (1-2) ادناه:

شكل 1-2طرق انتقال الحرارة

I-2-1 انتقال الحرارة بالتوصيل

يحدث انتقال الحرارة خلال وسط صلب أو مائع غير متحرك في حالة وجود فرق في درجة الحرارة في ذلك الوسط بانتقال الحرارة بالتوصيل، إن انتقال حرارة بالتوصيل يعني انتقال الطاقة الحرارية من جزيئات مادة ذات طاقة عالية إلى جزيئات ذات طاقة أقل، نتيجة حركة هذه الجزيئات في ما بينها، ويحدث التوصيل في جميع حالات المادة ففي السوائل و الغازات يحدث نتيجة لتصادم الجزيئات في الحركة العشوائية، وفي المواد الصلبة التوصيل يحدث نتيجة لاهتزازات الجزيئات وانتقال الطاقة بواسطة الإلكترونات الحرة، ومعدل انتقال الحرارة بالتوصيل خلال وسط معين يعتمد على الشكل الهندسي لذلك الوسط (سمكه و نوع مادة الوسط) وكذلك الفرق في درجات الحرارة عبر ذلك الوسط.

قانون فوري للتوصيل الحراري يوضح الشكل أسفله انتقال الحرارة بالتوصيل خلال حائط سمكه Δx ومساحته A.



الشكل1-3 انتقال الحرارة بالتوصيل

لقد اثبتت التجارب أنه بمجرد وجود فرق في درجات الحرارة بين سطحين فإنه هنالك انتقالا في الطاقة الحرارية بين السطحين، و تنتقل هذه الطاقة من السطح الساخن إلى السطح البارد.

استنتج الفيزيائي الفرنسي فوري أن معدل انتقال الحرارة خلال شريحة مستوية يتناسب طرديا مع الفرق في درجات الحرارة و المساحة العمودية لشريحة على اتجاه انتقال الحرارة، و يتناسب عكسيا مع سمك الشريحة.

$$q = KA(T_1 - T_2)/\Delta X \qquad (1\text{-}1)$$

ناقلية المادة للحرارة (Thermal Conductivity):

تسمى أيضا بمعامل الانتقال الحرارة بالتوصيل و يرمز لها بالرمز K، و تعرف بأنها معدل الفيض الحراري خلال كل وحدة سمك من مادة لكل وحدة فرق درجة الحرارة، فالمواد جيدة التوصيل لها معامل انتقال حرارة مرتفع بينما مواد العازلة لها معامل انتقال حرارة منخفض.

I-2-2 انتقال الحرارة بالحمل

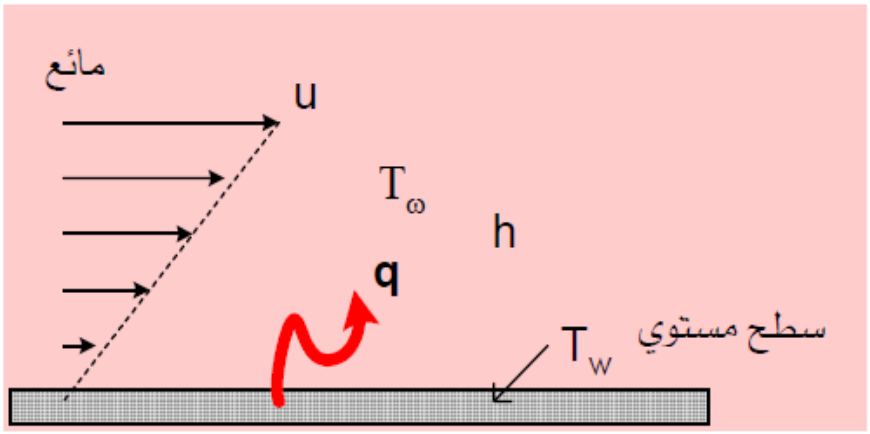
انتقال الحرارة بالحمل هو انتقال الحرارة بين سطح صلب و مائع الذي يسري فوق ذلك السطح و انتقال الحرارة بالحمل يحمل تأثيرين الحمل و التوصيل معا.

كثيرا ما نستخدم في حياتنا اليومية المراوح في عملية التبريد، فمثلا لو وضعنا لوحا ساخنا أمام المروحة فإن اللوح سوف يبرد عندها نقول ان الهواء حمل الحرارة من على السطح اللوح، ولكننا سوف نتساءل ماهو تأثير سرعة الهواء على معدل انتقال الحرارة ؟ وهل إذا ضوعفت السرعة يتضاعف معدل الانتقال الحرارة ؟ و هل معدل انتقال الحرارة مرتبط بنوعية مائع؟

يمكن تفسير طريقة انتقال الحرارة بالحمل بأخذ حالة المائع درجة حرارته T_∞ ينساب على سطح شريحة ساخنة درجة حرارتها T_w، ومن اليسير ملاحظة أن طبقة المائع الملامسة لشريحة تكون ساكنة بينما طبقة المائع البعيدة عن الشريحة تتحرك بسرعة المائع، أي أن طبقات المائع في الاتجاه العمودي على الشريحة تأخذ شكلا مشابه لتوزيع السرعة كما في الشكل 1-4.

حيث أن سرعة المائع تكون معدومة عند سطح الشريحة، وعليه فإن انتقال الحرارة عند تلك النقطة يكون بالتوصيل، إذا كان الأمر هو أن الحرارة تنتقل بالتوصيل عند الطبقة الملامسة لسطح فلما التحدث إذن عن الحمل؟ الحقيقة هي إن التدرج في درجة حرارة المائع يعتمد اعتمادا مباشرا على سرعة المائع في نقل الحرارة من على

السطح، ولهذا السبب يمكننا القول أن التدرج في درجة الحرارة يعتمد على التوزيع سرعة المائع، لذا يجب أن نذكر دائما أن انتقال الحرارة عند السطح يتم دائما بالتوصيل، كما أن انتقال الحرارة بالحمل دائما يتطلب حركة المائع fluid motion، كلما كانت حركة المائع سريعة كلما كان معدل الانتقال الحرارة اكبر.



شكل1-4 انتقال الحرارة بالحمل من على سطح مستو

أ)- الحمل الحر (الطبيعي)

إذا وضعنا لوحا ساخنا في الغرفة بها هواء ابرد من اللوح، ولا توجد أي وسيلة لتحريك هذا الهواء فإن الهواء الملامس للوح سوف يسخن، فيتحرك إلى أعلى نتيجة لانخفاض كثافته فيلامس طبقات الهواء الباردة التي تعلو اللوح فيبرد و تزداد كثافته فيزل مرة أخرى إلى اللوح الساخن، وهكذا يصعد ويهبط الهواء محدثا ما يسمى بتيارات الحمل الحر حول اللوح الساخن فتعمل على نقل الحرارة منه إلى الهواء المحيط بدون استخدام أي وسيلة خارجية. لذا يسمى انتقال الحرارة في هذه الحالة بالحمل الحر (الطبيعي).

ب)- الحمل القسري (الجبري)

أما إذا استخدمت وسيلة ما لتحريك الهواء السطح كمروحة مثلا يصبح الحمل حملا جبريا، هنا يكون لدينا تحكم مباشر على حركة المائع، و بالتالي نستطيع إن نصمم منظومات تفي بالتطبيقات المرغوبة.

للتعبير عن انتقال الحرارة بالحمل بين سطح ما يسري حوله نستخدم قانون نيوتن:

$$q = h \times A\ (T_W - T_\infty) \qquad (1\text{-}2)$$

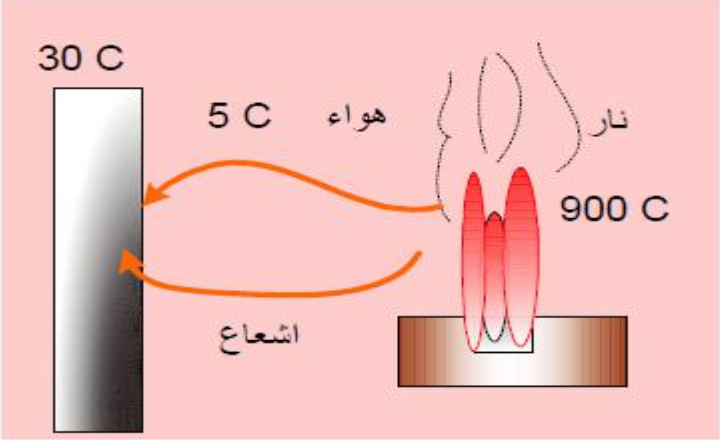
حيث h هو عامل انتقال الحرارة بالحمل ($W/m^2\ c$) و A هي مساحة سطح الشريحة التي تنتقل خلالها الحرارة (m^2).

I-2-3-انتقال الحرارة بالإشعاع

إذا وضع طرف قضيب معدني في لهب فإن الحرارة تصل لليد الممسكة به من الطرف الآخر، و إذا وضعت يدك فوق اللهب فإن الشعور بوصول الحرارة إلى اليد لا يزال قائما، في الحالة الأولى الحرارة انتقلت بالتوصيل، و في الحالة الثانية الحرارة انتقلت عن طريق تيارات الحمل المتجهة نحو الأعلى، أما في الحالة الأخيرة فنقول أن الحرارة انتقلت بالإشعاع، و أسطح جميع الأجسام تشع طاقة حرارية تسمى بالطاقة الإشعاع وتحمل هذه الطاقة بواسطة الأمواج الكهرومغناطيسية، إن هذه الأمواج تنقل في خطوط مستقيمة و بسرعة الضوء ولا تحتاج إلى وسيط فيه، أي أنها عكس الطريقتين السابقتين لانتقال الحرارة وإنما تستطيع الحرارة الانتقال بواسطة الإشعاع خلال الفراغ، وكل الأجسام من حولنا تشع حرارة طالما درجة الحرارة أقل من صفر المطلق.

لقد تبين أن انتقال الحرارة بالتوصيل وانتقال الحرارة بالحمل يتم دائما من جسم ذي درجة حرارة عالية إلى جسم ذي درجة حرارة منخفضة، ولكن الشيء الجدير بالاهتمام أنه في حالة الإشعاع الحراري هو أن انتقال

الحرارة يمكن أن يتم بين جسمين مفصولين بوسط ودرجة حرارته منخفضة جدا، والدليل أن الإشعاع الحراري من الشمس يصل إلى سطح الأرض بعد أن يمر بطبقات باردة جدا من الهواء في طبقات الجو العليا.



الشكل 1-5انتقال الحرارة بالإشعاع حتى في وجود وسط بارد يفصل بينهما

قانون "ستيفان-بولتزمان" يعبر عن التدفق الحراري الـــمُنْبَث من السطح الباث:

$$M = \varepsilon.\sigma.T^4 \qquad (3\text{-}1)$$

بحيث:

M :الإنبعاثية الإشعاعية للسطح الباث ($[M]_{SI} = W/m^2$)

ε:معامل الانبعاث الإشعاعي للسطح الباث (بدون وحدة).

σ : ثابت "ستيفان-بولتزمان" ($\sigma = 5{,}669*10^{-8}\left(W/m^2.K^4\right)$).

II- العزل الحراري

II-1 تمهيد [2]

تنتقل الحرارة في فصل الصيف من خارج المبنى إلى داخله، وينعكس هذا الاتجاه شتاءا، وذلك نتيجة للفرق في درجات الحرارة بين الداخل والخارج.

أما كمية الحرارة المنتقلة فتعتمد على عدة عوامل منها الفرق في درجات الحرارة الداخلية والخارجية وسماكة عناصر البناء كالجدران والسقوف والأرضيات ومساحتها وطبيعة المواد التي تتكون منها، حيث تعتبر الخرسانة العادية والطوب المصمت وأحجار البناء ذات توصيلية عالية عكس الخشب والبولستران ذات توصيلية منخفضة، ويرجع ذلك إلى ما تحتويه المادة من هواء أو غازات محبوسة داخلها، فهي تحتوي على نسبة عالية من المسامات المليئة بالهواء أو الغازات الساكنة تكون ذات ناقلية منخفضة والعكس صحيح.

II-2 تعريف العزل الحراري[3]

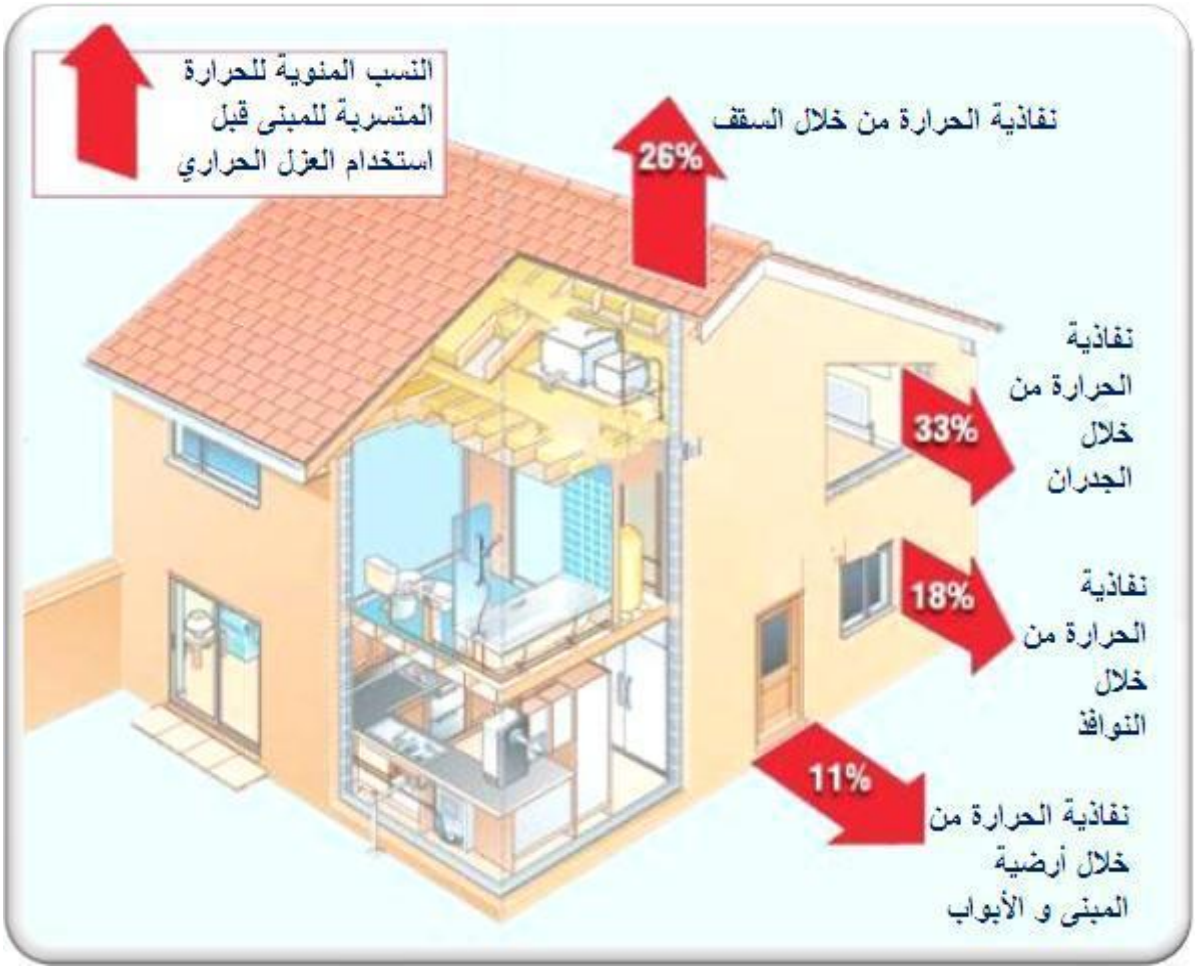
العزل الحراري هو استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة، بحيث تساعد في الحد من تسرب وانتقال الحرارة من خارج المبنى إلى داخله صيفاً، ومن داخله إلى خارجه شتاءًا.

ويمكن تقسيم الحرارة التي تخترق المبنى والتي من المفروض إزاحتها باستعمال أجهزة التكييف للحفاظ على درجة الحرارة

الملائمة إلى ثلاثة أنواع هي:

1. الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف.
2. الحرارة التي تخترق النوافذ.
3. الحرارة التي تنتقل عبر فتحات التهوية الطبيعية.

وتقدر نسبة الحرارة التي تخترق الجدران والأسقف في أيام الصيف بنسبة 70 % من الحرارة المراد إزاحتها بأجهزة التكييف، وأما البقية فتأتي من النوافذ وفتحات التهوية، وتقدر نسبة الطاقة الكهربائية المستهلكة في الصيف لتبريد المبنى بنسبة حوالي 60 % من كامل الطاقة الكهربائية، ومن هنا تنبع أهمية العزل الحراري لتخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في أغراض التكييف، وذلك للحد من تسرب الحرارة خلال الجدران والأسقف لتحقيق المسكن الملائم و تقليل التكلفة.**[3]**



شكل 1-6 النسبة المئوية للحرارة المتسربة للمبنى قبل العزل الحراري[3]

II-3 تصنيف المواد العازلة

توجد المواد العازلة في عدة أشكال كما يلي:

- مواد عازلة سائلة وعادة ما تكون في صورة حبيبات أو مسحوق تصب عادة بين الحوائط، أو أي فراغ مغلق، أو ترش على المكان المطلوب فتكون طبقة عازلة مثل البولي يورثين الرغوي. كما يمكن أن تخلط مع بعض المواد الأخرى ، وتستخدم في ملئ الفراغات غير المنتظمة بصورة خاصة.

- مواد عازلة مرنة التشكيل وهي تختلف في درجة مرونتها وقابليتها للثني أو الضغط، وتوجد على شكل لفات أو قطع وتثبت بمسامير كالصوف الزجاجي والصخري ورقائق الألومنيوم.

- مواد صلبة : توجد على شكل ألواح بأبعاد وسمك محدد كالبولي يورثين والبولي ستاريرين.

II-4 أنواع مواد العزل الحراري الشائعة

تستخدم أنواع عديـــدة من مواد العزل الحراري نذكر منها أهـــم المواد الشائعـــة الاستخدام وهي :

- **البولي يورثين:** مادة عضوية تمتاز بأن لها معامل توصيل حراري منخفض جدا وقليلة الامتصاص للماء أو بخار الماء، كما أنها خفيفة الوزن ومقاومة للانضغاط وتأتي بصورة ألواح جاهزة أو بصورة سائل يمكن رشه.

- **البوليسترين الممدد:** ويتكون من عدة مواد كيماوية عضوية، ويتم تصنيعها على شكل ألواح أو قوالب يتم تقطيعها على ألواح أو مقاطع أو غير ذلك، وهي شائعة الاستعمال في عزل الأسقف.

-**الصوف الزجاجي أو الفيبرجلاس:** يمتاز بأن له معامل توصيل حراري منخفض ويتغير معامل التوصيل حسب الكثافة، فكلما كانت الكثافة مرتفعة كلما قل معامل التوصيل. ويتوفر بشكل ألواح مرنة أو صلبة أو مقاطع نصف أسطوانية لعزل الأنابيب، ويستخدم لعزل الجدران والأنابيب ومجاري التكييف.

– **الصوف الصخري:** يصنع من مادة صخرية موجودة في الطبيعة، ويكون على هيئة لفات ويشبه إلى حد كبير الصوف الزجاجي.

– **الزجاج الرغوي:** ويصب في قوالب ثم يتم تشكيله إلى ألواح أو مقاطع دائرية لعزل الأنابيب.

– **البيرلايت:** يتم تصنيعه من صخور بركانية طبيعية، ويتوفر في صورة حبيبات أو ألواح ولها معامل توصيل حراري منخفض ولا تحترق وتكون المادة متماسكة، ويستخدم لعمل الميول للأسقف وعزل الجدران، وتعتبر ألواح البيرلايت المتجانسة من العوازل الجيدة .

– **الخرسانة الرغوية:** يتم تصنيعها بإضافة خلائط للخرسانة تؤدي إلى تكوين فقاعات في الخرسانة، تتسبب في تخفيف وزنها واعطائها قدرة على العزل الحراري.

II-5 اختيار مواد العزل الحراري المناسبة

إن من أهم العوامل التي تؤثر على اختيار مواد العزل الحراري المناسبة ما يلي :

1. أن تكون المادة العازلة ذات معامل توصيل حراري منخفض .
2. أن تكون على درجة عالية من مقاومتها لنفاذ الماء والإشعاع .
3. أن تكون مواد شديدة المقاومة لامتصاص بخار الماء .
4. أن تكون على درجة عالية في مقاومتها للاجهادات الناتجة عن الفروقات الكبيرة في درجات الحرارة .
5. أن تكون ذات خواص ميكانيكية جيدة، مثل ارتفاع معامل المقاومة الانضغاطية ومعامل المقاومة للكسر .
7. أن تكون مقاومة للبكتيريا والعفن والحريق خاصة في الأماكن المعرضة للحريق بسهولة.
8. أن تكون ثابتة الأبعاد على المدى الطويل ذات قابلية منخفضة للتمدد أو التقلص.
9. أن تكون مقاومة للتفاعلات والتغيرات الكيمائية.

II-6 مزايا العزل الحراري [4]

- تحقيق نطاق الراحة:

يحافظ جسم الإنسان على درجة حرارته الداخلية اللازمة لاستمرار حياته، حيث يكتسب ويفقد الحرارة عند الضرورة لتوازن حرارته الداخلية، ويتخلص من الحرارة الزائدة عبر طرق عديدة منها التعرق، إلا أنها طرق مجهدة، لذلك يجب توفير نطاق راحة حرارية له تمكنه من أداء وظائفه الحيوية بشكل كامل.

- تخفيض استهلاك الطاقة:

إن جلَ الطاقة الكهربائية المستهلكة في المباني يستهلكها أجهزة التدفئة والتبريد، وباستخدام العزل الحراري المناسب للمبنى يمكن التقليل من هذه الطاقة المستهلكة، ويعتمد هذا التخفيض على تكامل النظرة إلى جميع عناصر المبنى بدءا من تخطيط الأحياء إلى تصميم المباني واختيار المواد و الأنظمة المناسبة، وبمكن أن يخفض نظام العزل الحراري استهلاك الطاقة بنسب تصل إلى 60 % .**[4]**

- تقليل تكلفة الطاقة:

إن الطلب المستمر والملح على الطاقة في وقت محدد يؤدي إلى رفع كلفتها، ويرجع ذلك إلى ارتفاع تكاليف إنتاج الطاقة، و الفوضى في توظيف طاقات التشغيل بشكل مناسب، بالإضافة إلى تكاليف التشغيل و صيانة الأجهزة.

باستخدام نظام عزل حراري جيد ومناسب يقل تسرب الحرارة إلى داخل المبنى، ومنه التقليل من استهلاك الكهرباء من طرف المكيفات، وبذلك تخفيض الحمل الشبكات الكهربائية.

- تقليل المصاريف وتكاليف التشغيل والصيانة:

إن استخدام أنظمة العزل الحراري الجيدة يقلل من سعة أجهزة التكييف والتدفئة المستعملة وبالتالي يقلل من التكاليف الاستثمارية، وأيضا استخدام أنواع العوازل المخففة لحمل المبنى يقلل من تكاليف الإنشاء، ويؤدي أيضا إلى إطالة كفاءة و عمر الأجهزة الفعال وحمايتها وبالتالي تقليل تكاليف تشغيلها وصيانتها.

- تقليل مستوى الضجيج:

إن أنظمة العزل الحراري تعمل على عزل الصوت و التقليل من مستوى الضجيج بقدرات متفاوتة، تبعا لنوع وسمك العازل المستخدم.

- التحكم في نفاذ البخار:

تعمل الحرارة على تسرب العناصر ذات المحتوى المائي في المبنى (على شكل ماء أو بخار الماء)، فتتسبب بأضرار للمباني والتلف لعناصرها، فتعمل العوازل الحرارية المدروسة ذات خلايا مغلقة أو حاجز لمنع نفاذ البخار على التحكم في مستوى التكثيف في عناصر المبنى ومنع التكثيف فيها.

- تقليل التشققات:

يحدث التمدد والتقلص المفاجئ في عناصر المبنى التي لا تتمتع بالمرونة الكافية لمقاومة التمددات والتقلصات السريعة عند حدوث الصدمة الحرارية، وذلك يحدث تبعا لنوع المواد المستعملة في إنشاء المبنى من حيث الموصلية والسعة الحرارية، إن استخدام أنظمة العزل الحراري يوفر استقرار حراري للمبنى مما يقلل من هذه التشققات وكذلك من نفقات الترميم.

- تخفيف الأحمال الإنشائية:

يمكن بالاستعاضة عن بعض مواد البناء التقليدية تخفيف نسبة عالية من الأحمال، فعلى سبيل المثال يمكن استخدام ألواح العزل المائلة بدل خرسانة الميول العادية أو الخفيفة، وبالتالي توفير ما يزيد على 90 % من وزن خرسانة الميول.

- مقاومة الحريق:

تتمتع عوازل الحرارة بقدرات متفاوتة على مقاومة الحريق، فبعض العوازل تعمل على مقاومة ارتفاع درجات الحرارة مثل الصوف الصخري والصوف الزجاجي والبيرلايت، والبعض الآخر ينصهر أو يخترق أو يخرج دخانا عند درجات حرارة معينة مثل البوليستيرين و البولي يوريثين.

II-7 خصائص مواد العزل الحراري [3]

إن اختيار مادة عازلة معنية يستلزم معرفة خصائصها الحرارية وخصائصها الأخرى مثل امتصاص الماء وقابليتها للاحتراق وصلابتها...الخ.

- الخصائص الحرارية

تعني قدرة المادة على العزل الحراري، وتقاس بمعامل التوصيل الحراري، وكلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لانتقال الحرارة، أما المواد العاكسة فتعتبر فعالة في العزل الحراري، كلما كانت لها قدرة عالية على رد الإشعاعات والموجات الحرارية، وكلما زاد لمعان المادة وصقلها كلما زادت قدرتها على العزل.

وكل مادة من مواد العزل الحراري لها معامل توصيل حراري معين، وكلما زادت مقاومة المادة لتسرب الحرارة كلما زادت كفاءتها وأعطت نتائج افضل في العزل ويوضح الجدول رقم (1) التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة وسماكتها:

جدول1-1 التوصيل الحراري لبعض المواد العازلة

المادة العازلة	التوصيل الحراري واط/م كلفن
البوليورثين	0.023
بوليسترين (مبثوق)	0.032
بيرلايت	0.032
سليكات الكالسيوم	0.06
الزجاج الخلوي	0.06
الجبس	0.16

- **الخصائص الميكانيكية**

بعض المواد العازلة تتميز بمتانة وقدرة عالية على التحمل، ولهذا فيمكن أحياناً استخدامها للمساهمة في دعم وتخفيف الحمل عن المبنى، وذلك إضافة لهدفها الأساسي وهو العزل الحراري، لذا يؤخذ في الاعتبار قوة تحمل الضغط والشد والقص.

- **خصائص الامتصاص**

إن وجود الماء بصورة رطبة أو سائلة أو صلبة في المادة العازلة يقلل من قيمة العزل الحراري للمادة، أي يقلل المقاومة الحرارية، أو قد يعمل في إتلاف عناصر المبنى بصورة سريعة، و تأثير الرطوبة على المادة يعتمد على خواص تلك المادة من حيث قدرتها على الامتصاص و النفاذية، ويعتمد على الأجواء المناخية المحيطة بها كدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة.

- **الخصائص الصوتية**

تستخدم بعض المواد العازلة لتلبية بعض الاحتياجات الصوتية مثل امتصاص الصوت أو تشتيته وامتصاص الاهتزازات.

- **الخصائص الأمنية و الصحية**

يكون لبعض المواد العازلة خواص معينة منها نقل ما قد يعرض الإنسان للخطر سواء وقت التخزين أو أثناء النقل أو التركيب، أو خلال فترة الاستعمال فقد تتسبب في احداث عاهات في جسم الإنسان دائمة أو مؤقتة و جروح وبثور وتسمم والتهابات رئوية وحساسية في الجلد والعين، مما يستوجب أهمية معرفة التركيب الكيميائي للمادة العازلة، كذلك صفتها الفيزيائية الأخرى من حيث قابليتها للاحتراق والتسامي وغيرها من الصفات.

شكل 1-7 صورة لمنزل قبل و بعد العزل

III- الراحة الحرارية [5]

III-1 تمهيد

الإنسان والبيئة تختلف محددات الراحة الحرارية عند الإنسان وفقاً للحالة الصحية ونوعية النشاط، ولذلك تختلف على مدار العام، يحتاج منها الإنسان لظروف مناخية مناسبة حرارة ورطوبة وتهوية، وذلك لتحقيق مستو معقول من الراحة المناسبة لممارسة نشاطاته.

كذلك تعرف بأنها حالة يشعر بها الإنسان بالرضا عن الظروف البيئية المحيطة، أو حالة التعادل الحراري في جسمه حيث أنه لا يشعر الإنسان بالبرد أو بالحر المبالغ فيهما.

III-2 العناصر الطبيعية البيئية

أ- درجة الحرارة

المقصود بها درجة حرارة الهواء المحيط بجسم الإنسان، ودرجة الحرارة هي المؤثر الرئيسي والمباشر في الإحساس في الراحة الحرارية والإجهاد الحراري، ورغم وجود عدد كبير من المؤثرات تبقى كلها تدور حول درجة حرارة الهواء، فالجسم يفقد حرارة عن طريق ملامسته للهواء الذي تتولد تيارات حمل نتيجة ملامسته الجسم له، فتنتقل الحرارة إليه كلما انخفضت درجة حرارة الهواء كلما زاد معدل فقد الحرارة.

ب-الرطوبة النسبية

الرطوبة النسبية هى نسبة محتوى وحدة معينة من الهواء من بخار الماء إلى أقصى محتوى من البخار يمكن للهواء حمله، إن تبخر المياه من جسم الإنسان (من الرئتين، من سطح الجلد، العرق)، يمثل عنصرا أساسيا في تقنيات تنظيم درجة حرارة الجسم، فمن المعلوم أن عملية التبخر تستهلك طاقة حرارية كبيرة لتتم (الحرارة الكامنة للتبخر)، مما ينتج عنه تبريد الجسم، وتتأثر عملية التبخر هذه بمحتوى الهواء الجوي من الرطوبة، إذ كلما زاد محتواه منها واقترب من التشبع، قلت فرصة تبخر العرق والماء، ليحرم الجسم من فرصة تقليل درجة حرارته والدخول في نطاق الراحة الحرارية، وبالتالي يزداد الشعور بالحرارة كلما زادت الرطوبة النسبية للهواء.

ج - حركة الهواء:

عندما يلجأ الجسم إلى العرق وتبخره للحفاظ على درجة حرارة الجسم، يبدأ البخار فى التصاعد من الجسم، وبسرعة تتشبع طبقة الهواء المحيطة بالجسم بالماء وترتفع حرارتها، وفي حالة عدم حركة للهواء، يتوقف التبخر ويبدو تأثير الحرارة أعلى، ولكن مع تحريكه تتجدد هذه الطبقة الدافئة والمشبعة ببخار الماء، لذا تزداد أهمية حركة الهواء كلما زادت الرطوبة النسبية، ولحركة الهواء تأثير كبير على تزايد معدل التبادل الحرارى بالحمل بين

الإنسان والهواء المحيط، فإذا كانت درجة حرارة الهواء أقل من درجة حرارة الجلد فزيادة الحركة تعنى فقد الجسم لمزيد من الحرارة، وهو ما يزيد الشعور بالراحة – إضافة إلى زيادة التبخر – في الظروف الجوية الحارة، بينما تزيد حركة الهواء من الشعور بالبرودة فى حالة الظروف الباردة.

أما إذا زادت درجة حرارة الهواء عن درجة حرارة الجلد، فهذا يزيد من معدل اكتساب الجلد للحرارة بالحمل، وتزداد كذلك عملية البخر من الجلد وبناء على كل من درجة الحرارة – سرعة الرياح – درجة حرارتها يتحدد أيهما أكبر تأثيرا، ولذلك يلاحظ أن حركة الهواء غير مطلوبة فى المناطق شديدة الحرارة حيث يزيد إكتساب الحرارة من الهواء عن معدل فقد الحرارة بسبب التبخر عند سرعات الهواء العالية.

د – الإشعاع :

يؤثر تعرض الجلد لإكتساب أو فقد الحرارة عن طريق الإشعاع تأثيرا مباشرا على الشعور بالراحة، فبغض النظر عن درجة حرارة الهواء، يشعر الإنسان بالحرارة إذا تعرض لأشعة الشمس، وفى الشتاء، رغم برودة الجو، يعطى التعرض لأشعة الشمس شعورا مباشرا بالراحة.

والشمس ليست هي مصدر الإشعاع الوحيد، فأي جسم يختزن قدرا من الحرارة يشع إلى الأجسام الأقل منه حرارة والتي يفصلها عنه وسط شفاف (مثل الهواء أو الزجاج)، فالحوائط الساخنة تشع إلى جسم الإنسان في أي فراغ يشغله، ويؤثر ذلك بشكل مباشر على شعوره بالراحة سلبا وإيجابا، ومشع المدفأة يعطى نفس التأثير حتى قبل أن ترتفع درجة حرارة هواء الغرفة التي تعمل بها المدفأة.

III-3 العناصر البشرية

إضافة للعناصر التي تعبر عن حالة البيئة المحيطة بالإنسان تعبيرا كاملا من حيث تأثيرها على شعوره بالراحة، توجد عناصر أخرى تتعلق بشاغلي الفراغ من البشر، تؤثر على شعورهم بالراحة، وهي:

ا- النشاط:

يتغير شعور الإنسان بالراحة جذريا تبعا لنوع النشاط الذي يمارسه وحالته من السكون أو الحركة، وذلك لسببين :

- يتزايد معدل إفراز الحرارة(العرق) مع تزايد حرق المواد الغذائية لإنتاج الطاقة اللازمة للنشاط أو الحركة، وهو ما يعني ضرورة زيادة التبادل الحراري للتخلص من الحرارة الزائدة في الأجواء الحارة، أو زيادة الشعور بالدفء في الأجواء الباردة.

- يتغير إحساس الإنسان بالراحة والقيمة التي يمكن أن يتقبلها لحرارة الجلد ولمعدل إفراز العرق تبعا لنشاطه، فمثلا عند ممارسة الرياضة يتقبل اللاعب قدرا من تبلل الجلد بالعرق لا يمكن قبوله أثناء ممارسه عمله المكتبي.

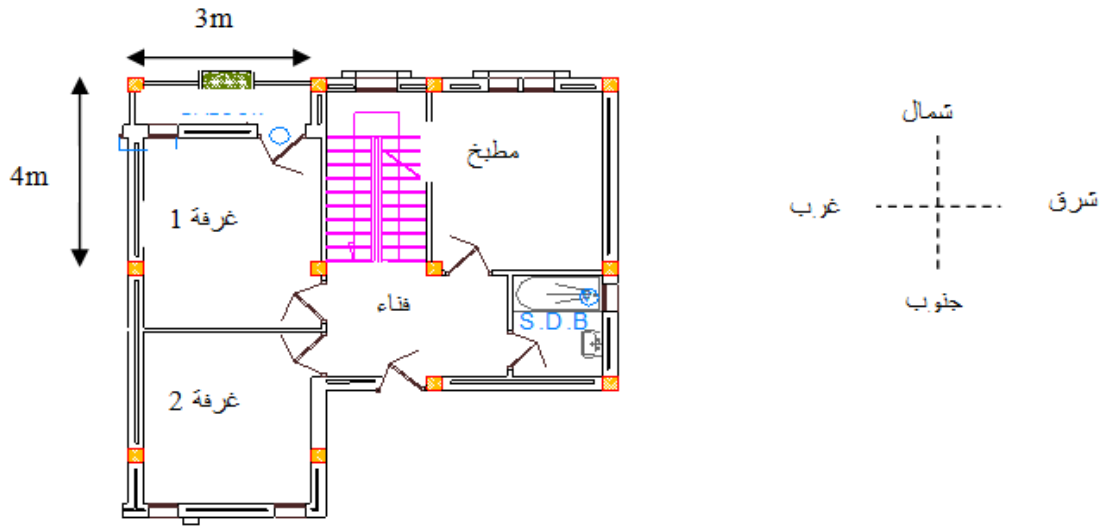
ب- الملابس و الأغطية:

عند تغطية الجسم بالملابس تقوم بدور العازل الحراري بين الإنسان وبيئته، مما يغير تماما من معدل فقد أو اكتساب الحرارة من البيئة، فالملابس من الطرق الهامة للتنظيم الحراري والوصول للراحة، فخلع أو ارتداء معطف يغير كثيرا من الشعور بالراحة، بينما فك بضع أزرار للقميص أو خلع رباط العنق قد ينقل الإنسان من حالة بسيطة من عدم الراحة إلى حالة الراحة التامة.

I- المحاكاة العددية

I-1 مقدمة

في بحثنا هذا يتم تطبيق طريقه المحاكاة الرقمية على المنزل الموضح أسفله المكون من غرفتين و مطبخ و فناء، و بما أننا ندرس تأثير العزل الحراري في غرفة مكيفة ،نختار الغرفة1 لمحاكاتها حيث تتم الدراسة على سقف هذه الغرفة المكون من خرسانة وطوب أسمنتي (هوردي) و أسمنت، و الجدران الخارجيان الموجهان لشمال و الغرب المكون من طبقة من الإسمنت والطبقة التي تليها طوب إسمنتي وأخرى من الإسمنت، الشكل 2-1 يوضح رسم تخطيطي للمنزل مع توجيهات الجدران الخارجية للغرفة المدروسة.



الشكل 2-1 رسم تخطيطي لمنزل

I -2 - المحاكاة الرقميه او العددية

المحاكاة العددية لنظام حقيقي تقدم العديد من المزايا أهمها:

1- إزالة عبء البناء (التنبؤ بقيم ومقادير قبل بناء المنزل).

2- الفهم الشامل لكيفية عمل النظام

3- إمكانية تحسين مكونات النظام

4-تقدير تكلفة النظام

المرحلة الأولى في المحاكاة هي النمذجه الرياضية و النموذج الرياضي ما هو إلا تقدير تقريبي لنظام وهو متعلق بالهدف من هذه الدراسة ،المحاكاة الرقمية هي العملية المتبعة أو المستخدمة لحساب حلول هذا النموذج باستعمال الحاسوب و بالتالي محاكاة الواقع، عادة ما تكون هنالك خمس مراحل قي محاكاة نظام فيزيائي:

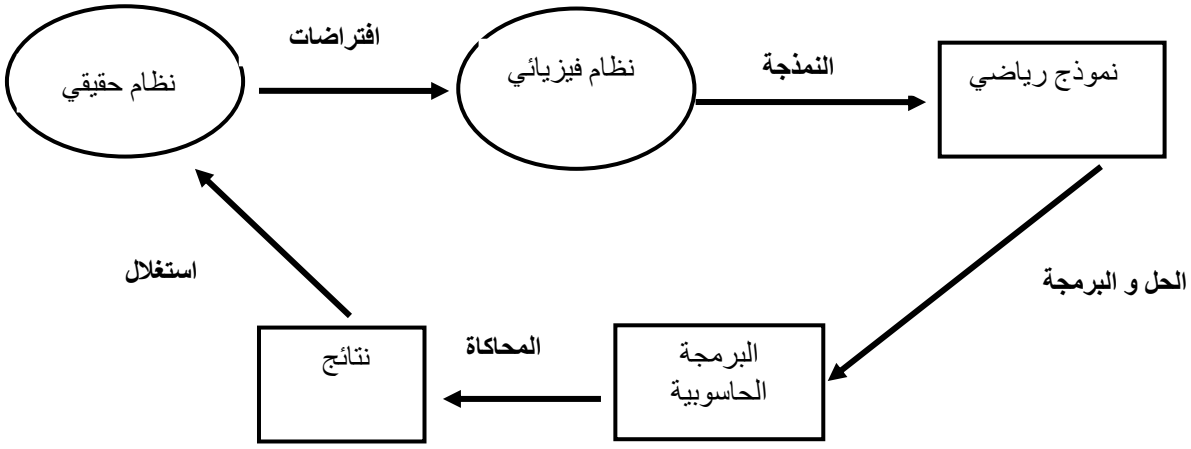
1-الفرضيات

2-البحث عن نموذج رياضي

3- حل المعادلة الرياضية.

4-الترجمة إلى لغة الحاسوب.

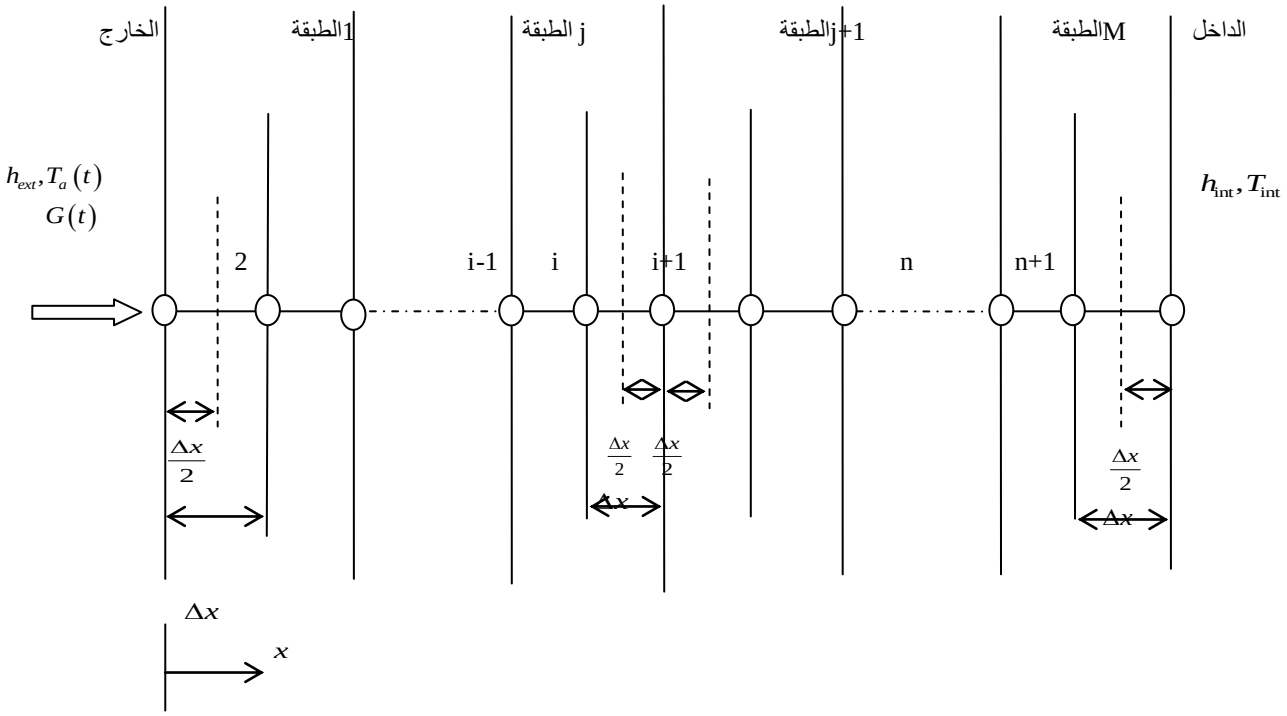
5-المحاكاة العددية و استغلال النتائج.



الشكل 2-2 مخطط منهجية المحاكاة العددية[8],[7]

II - نمذجة الغرفة

من أجل حساب درجة حرارة الاسطح الداخلية للجدران الخارجية، نستعين بطريقة الفروق المنتهية بتقسيم الجدار الغرف إلى عدة طبقات مختلفة المادة و السمك



الشكل 2-3 جدار مقسم إلى M طبقة مختلفة السمك

والتقسيمات والمادة[8]

عندما يسقط الإشعاع الشمسي على السطح الخارجي للجدار فإنه يتم امتصاص الجزء الكبير من هذا الإشعاع من قبل الجدار، وانتقال الحرارة فيه يكون في اتجاه واحد بافترض أن تكون الناقلية ثابتة بنسبة لكل المواد المكونة للجدار [8]

بتطبيق التوازن الطاقوي العقد الداخلية (i)

$$m_i \, Cp \frac{\Delta T_i}{\Delta t} = q_{i+1} - q_i \qquad (1\text{-}2)$$

$$\rho \, V_i \, Cp \, \frac{\Delta T_i}{\Delta t} = SK\left(\frac{T_{i+1} - T_i}{\Delta x}\right) - Sk\left(\frac{T_i - T_{i-1}}{\Delta x}\right) \qquad (2\text{-}2)$$

$$\rho \, S \, \Delta x \, Cp \frac{\Delta Ti}{\Delta t} = SK\left(\frac{T_{i+1} - 2T_i + T_{i-1}}{\Delta x}\right) \qquad (3\text{-}2)$$

$$\frac{(T_i - T_i^*)}{\Delta t} = \left(\frac{k_j}{\rho_j C_j}\right) \frac{(T_{i-1} - 2T_i + T_{i+1})}{\Delta x^2} \qquad j=1,M \qquad (4\text{-}2)$$

بتطبيق التوازن الطاقوي في العقد (n+1) ،العقدة (1) والعقد الموجودة بين الطبقات يعطينا المعادلات التالية

- من اجل عقدة (n+1):

$$\left(\rho_M C_M \frac{\Delta x}{2}\right)\frac{(T_{n+1}-T^*_{n+1})}{\Delta t} = k_M \frac{(T_n - T_{n+1})}{\Delta x} - h_{int}(T_{n+1} - T_{int}) \quad (5\text{-}2)$$

- من اجل العقدة (1) :

$$\left(\rho_1 C_1 \frac{\Delta x}{2}\right)\frac{(T_1-T^*_1)}{\Delta t} = k_1 \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} + h_{ext}(T_a - T_1) + \alpha_{mur} G \quad (6\text{-}2)$$

من أ جل العقد التي بين الطبقات الداخلية:

$$\left(\rho_j C_j + \rho_{j+1} C_{j+1}\right)\frac{\Delta x\,(T_i-T^*_i)}{2\,\Delta t} = k_{j+1}\frac{(T_{i+1}-T_i)}{\Delta x} - k_j \frac{(T_i - T_{i-1})}{\Delta x} \quad (7\text{-}2)$$

-بعد نشر المعادلات اعلاه تقدم مختلف انواع العقد في الجدار متعدد الطبقات تكتب كالتالي:

$$-F_{0j}T_{i-1} + (2F_{0j}+1)T_i - F_{0j}T_{i+1} = T^*_i \quad (8\text{-}2)$$

$$(1 + 2F_{0M} + 2F_{0M}B_i)T_{n+1} - 2F_{0M}T_n = T^*_{n+1} + 2F_{0M}T_{int} \quad (9\text{-}2)$$

$$(1 + 2F_{01} + 2F_{01}B_e)T_1 - 2F_{01}T_2 = T^*_1 + 2F_{01}T_a + \alpha_{mur}G \quad (10\text{-}2)$$

$$(1 + 2F_{aj} + 2F_{b(j+1)})T_i - 2F_{aj}T_{i-1} - 2F_{b(j+1)}T_{i+1} = T^*_i \quad (11\text{-}2)$$

حيث :

$$B_e = \frac{h_{ext}\,\Delta x}{k_1} \qquad (12\text{-}2)$$

$$B_i = \frac{h_{int}\,\Delta x}{k_M} \qquad (13\text{-}2)$$

$$F_{0j} = \frac{k_j\,\Delta t}{\rho_j C_j \Delta x^2} \quad / j = 1, M \qquad (14\text{-}2)$$

$$F_{aj} = \frac{k_j\,\Delta t}{(\rho_j C_j + \rho_{j+1} C_{j+1})\Delta x^2} \quad / \quad j = 1, M-1 \qquad (15\text{-}2)$$

$$F_{bj} = \frac{k_j\,\Delta t}{(\rho_j C_j + \rho_{j-1} C_{j-1})\Delta x^2} \quad / \quad j = 2, M \qquad (16\text{-}2)$$

نتحصل على جملة المعادلات من اجل جميع العقد و يمكن كتابتها على شكل مصفوفة ثلاثية الاقطار في معادلة (2-17) هذا النظام موضحة . يتم حله باستعمال خوارزمية توما (Thomas) المسماة TDMA (Tri-Diagonal Matrix Algoithm) و هي طريقة مبسطة لطريقة غوص [7]

$$\begin{pmatrix} d_1 & a_1 & 0 & \dots & 0 \\ b_1 & d_2 & a_2 & \dots & 0 \\ 0 & b_2 & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \ddots & \ddots & a_n \\ 0 & \dots & b_{n+1} & & d_{n+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ T_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 \\ c \\ \vdots \\ \vdots \\ c_{n+1} \end{pmatrix} \qquad (17\text{-}2)$$

خوارزمية (TDMA) تطبق كالتالي :

من اجل (i=1):

$$c_1^- = c_1 \quad et \; d_1^- = d_1 \qquad (18\text{-}2)$$

من اجل i=2,3,... n+1 :

$$c_i^- = c_i - \frac{b_i}{d_{i-1}^-} c_{i-1}^- \qquad (19\text{-}2)$$

$$d_i^- = d_i - \frac{b_i}{d_{i-1}^-} a_{i-1} \qquad (20\text{-}2)$$

يمكن حساب درجات الحرارة عند العقد بواسطة طريقة التراجعية :

من اجل (i=n+1) :

$$T_{n+1} = \frac{c_{n+1}^-}{d_{n+1}^-} \qquad (21\text{-}2)$$

و من اجل (i=n,n-1,…1):

$$T_i = \frac{c_i^- - T_{i+1} a_i}{d_i^-} \qquad (22\text{-}2)$$

I – مناقشة و تحليل النتائج

في هذه الدراسة قمنا بكتابة برنامج بلغة الماتلاب بناءا على النموذج الرياضي المبين في الفصل الثاني و قمنا كذلك باختيار يوم 15 جويلية كيوم مثالي لأيام فصل الصيف، ومحاكاة الإشعاع الشمسي استخدمنا نموذج الأطلس الشمسي الجزائري [10] الذي أنشأه MichelCapdrou سنة 1987 ،أما بالنسبة لدرجة حرارة المحيط استعملنا قيم حقيقية مقاسة على مستوى مخبر الفيزياء. نختار في دراستنا هذه درجة حرارة الغرفة ثابتة 25 درجة مئوية الغرفة تتكون من سقف و جداران خارجيان الأول موجه نحو الشمال، و الثاني موجه إلى الغرب ومساحة الغرفة هي 3 x 4m.

الجداول الموالية تعطينا خواص المواد المستعملة في بناء الغرفة المدروسة.

جدول 1-1 الخواص الفيزيائية **[9]**

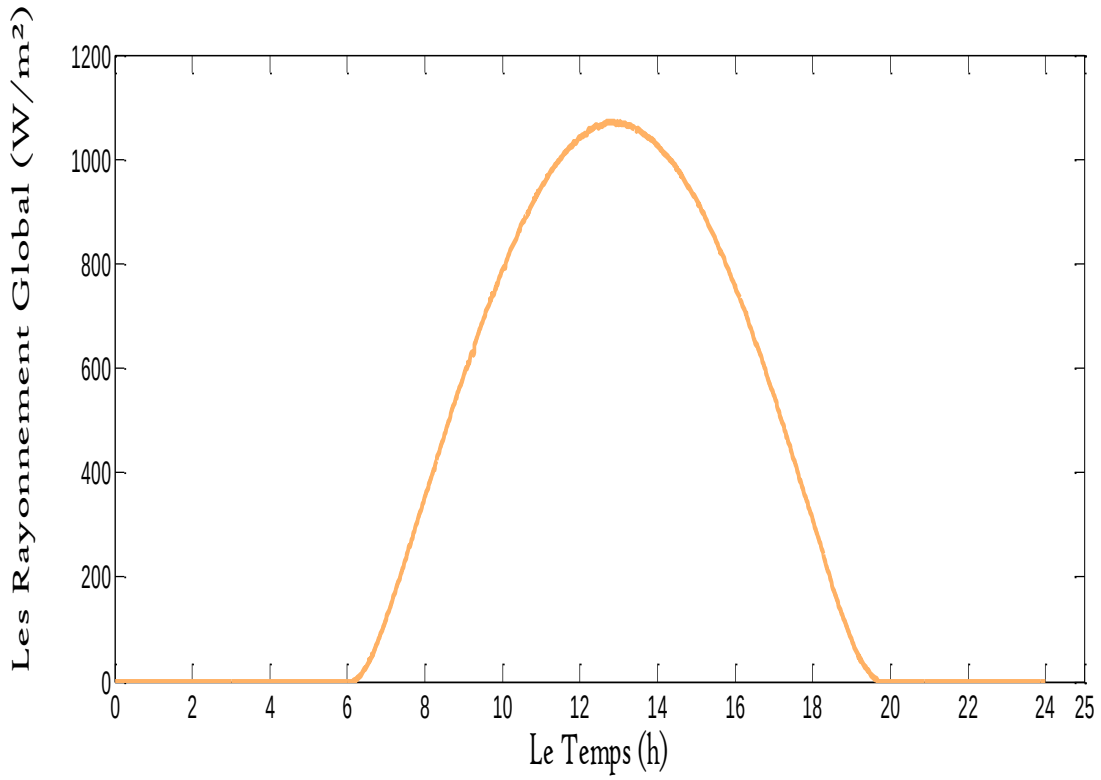
المعدات	k(W/m K)	ρ(kg/m^3)	Cp(J/kg K)	L (mm)
الخرسانة المسلحة+ الطوب الإسمنتي	1.45	1450	1080	250
الطوب الإسمنتي	0.7	1600	936	150
إسمنت	1.4	2200	1080	15
البولستيران	0.038	35	1404	50

جدول 1-2 معامل الانتقال بالحمل ومعامل الامتصاص**[9]**

	السقف	الجدار الخارجي
معامل الإمتصاص	0.7	0.4
المعامل الخارجي للإنتقال بالحمل (W/m^{2}K)	25	25
المعامل الداخلي للإنتقال بالحمل (W/m^{2}K)	12.5	10

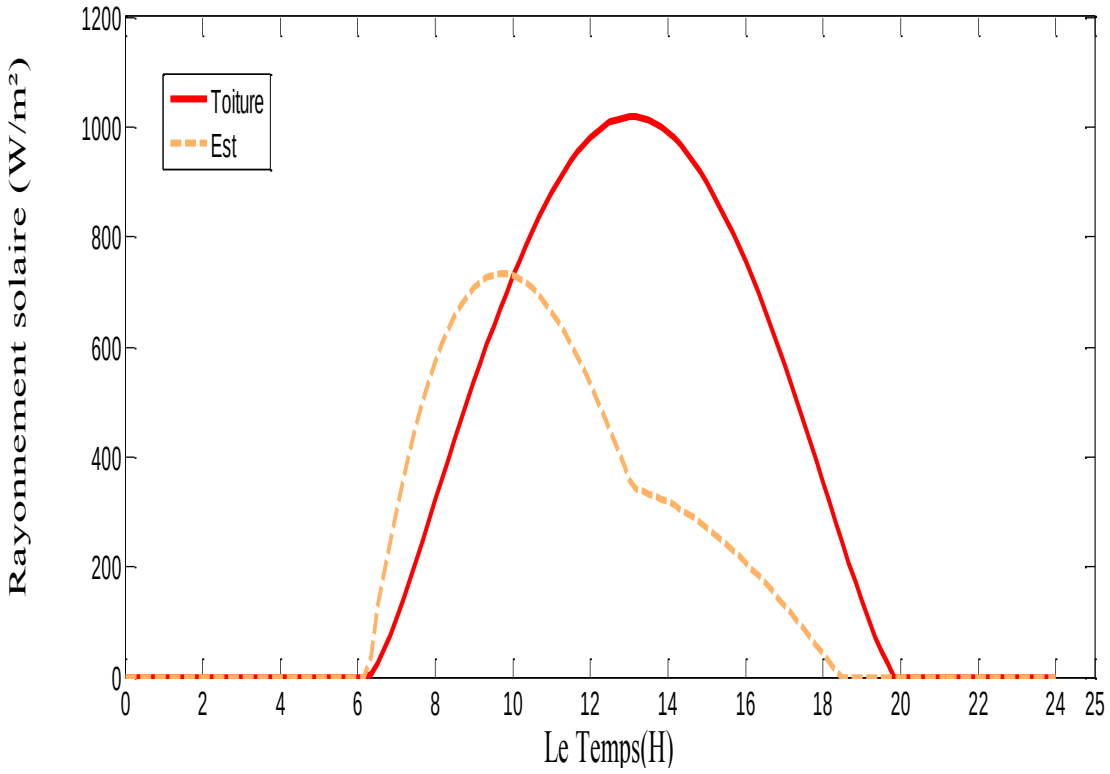
II-منحنيات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف و الجدران

سنقوم أولا بإجراء مقارنة بين شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف و الجدران الموجهة جهة الشرق والغرب والشمال و الجنوب، المنحنى 3-1 يمثل تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف الذي يمثل لاقط مستوي حيث نلاحظ من خلال المنحنى أن شدة الإشعاع الشمسي تبدأ في التزايد بعد أن كانت معدومة من وقت طلوع الشمس على الساعة السادسة صباحا وتستمر في التزايد لتبلغ قيمة ($1000\ W/m^2$) في منتصف النهار، لتبدأ بعدها بالتناقص حتى تنعدم مع غروب الشمس على الساعة السابعة والنصف تقريبا.



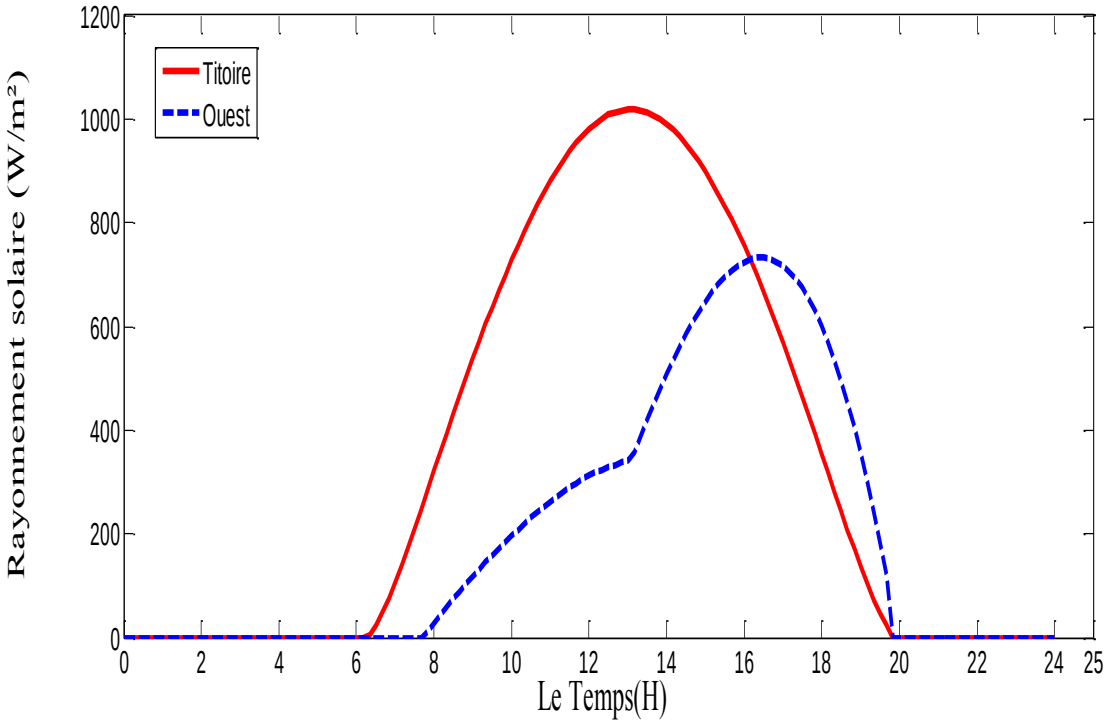
منحنى 3-1 شدة الاشعاع الشمسي الساقطة على السقف

المقارنة بين تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار موجه جهة الشرق للغرفة و الذي يمثل لاقط مائل بزاوية 90° موجه جهة الشرق و تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف ممثلة في المنحنى 3-2 ، حيث نلاحظ أن شدة الإشعاع تكون معدومة و تبدأ بالتزايد من طلوع الشمس بالنسبة للمنحيين حيث تبلغ قيمة ($W/m^2$700) على الساعة العاشرة صباحا ليبدأ في التناقص بعدها حيث تبلغ (W/m^2 300) على الواحدة مساءا و تستمر بالتناقص حتى تنعدم على ساعة السادسة و نصف مساءا بالنسبة للجدار، مقارنة بالسقف فإن الجدار يستقبل نسبة أقل من الإشعاع الشمسي.



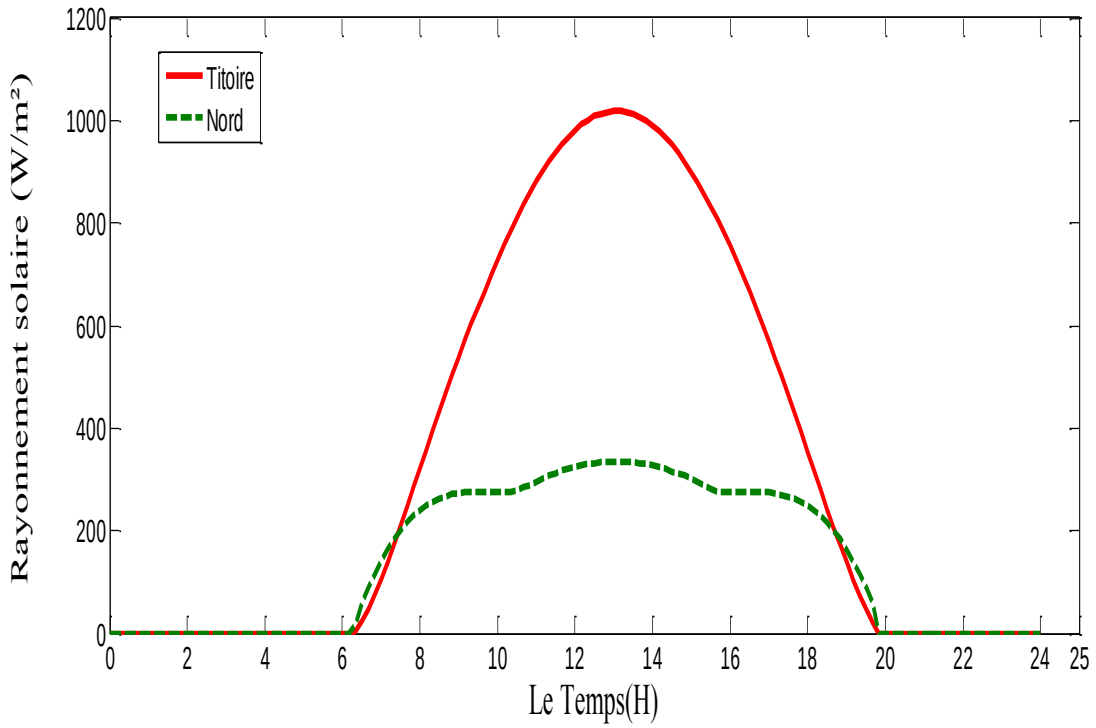
منحنى 3-2 شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الشرقي والسقف

نلاحظ في المنحنى 3- 3 ، والذي يمثل تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الموجه جهة الغرب، و الذي يمثل لاقط مائل بزاوية 90° موجه جهة الغرب و تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على السقف، نلاحظ من خلال المنحنى أن شدة الإشعاع الساقطة على الجدار تبدأ في التزايد من الساعة الثامنة صباحا تقريبا لتبلغ(W/m^2 350) على الساعة الواحدة ونصف، ثم تزداد عن هذه القيمة لتبلغ(W/m^2 700) على ساعة الرابعة مساءا لتتناقص حتى تنعدم مع الغروب على الساعة الثامنة مساءا، و مقارنة بالسقف فإن الجدار يستقبل نسبة أقل من الإشعاع الشمسي كذالك.



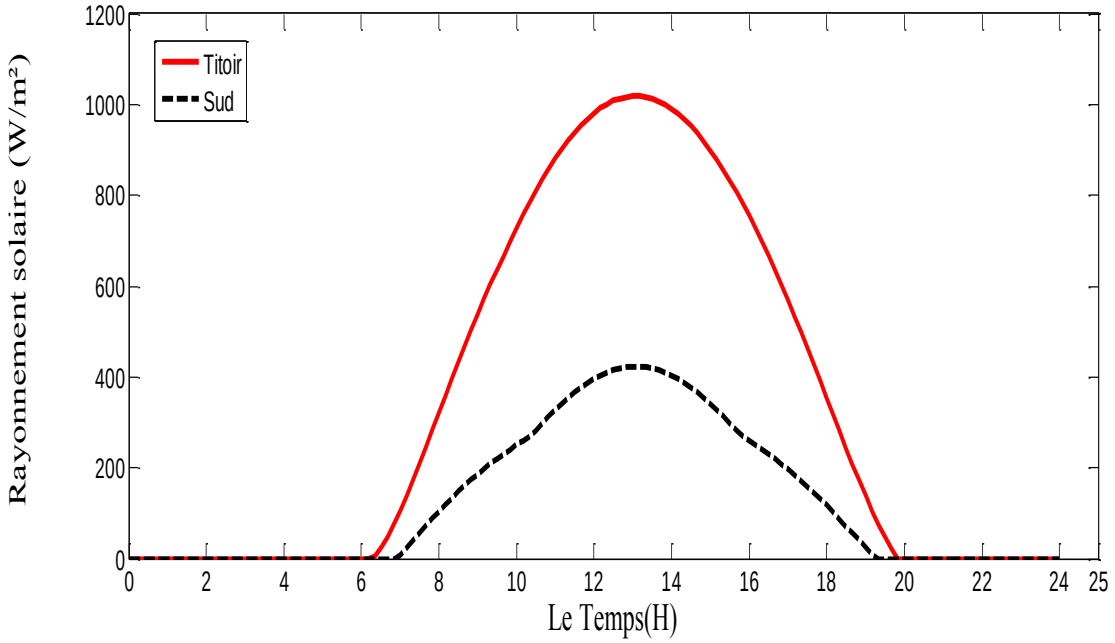
منحنى 3- 3 شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الغربي وسقف الغرفة

تغيرات شدة الإشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الموجه جهة الشمال و السقف ممثلة في المنحنى 3- 4 حيث نلاحظ من خلال المنحنى أن شدة الإشعاع الشمسي تتزايد لتبلغ قيمة (W/m^2 250) على الساعة العاشرة صباحا، ثم تتزايد تزايد طفيف لتبلغ قيمة (W/m^2 300) على الساعة الواحدة مساءا ثم تعود إلى قيمة (W/m^2 250) على ساعة رابعة مساءا، بعد هذه القيمة تتناقص حتى تنعدم على الساعة ثامنة مساءا بالنسبة للجدار، وهذه القيم ضعيفة جدا مقارنة بالإشعاع الشمسي الساقطة على السقف.



منحنى 3- 4 شدة الاشعاع الشمسي الساقطة على الجدار الشمالي و سقف

نلاحظ من خلال المنحنى (3-5) أن شدة الإشعاع الساقطة على الجدار الموجه جهة الجنوب تكون معدومة قبل الشروق و تبدأ في التزايد على الساعة السابعة صباحا لتبلغ ($250\ W/m^2$) على الساعة العاشرة صباحا لتتزايد بعدها لتبلغ ($400\ W/m^2$) على الساعة الواحدة مساءا و تتناقص بعدها حتى تنعدم على الساعة السابعة تقريبا، هذه القيم ضعيفة جدا مقارنة بالإشعاع الشمسي الساقط على السقف،



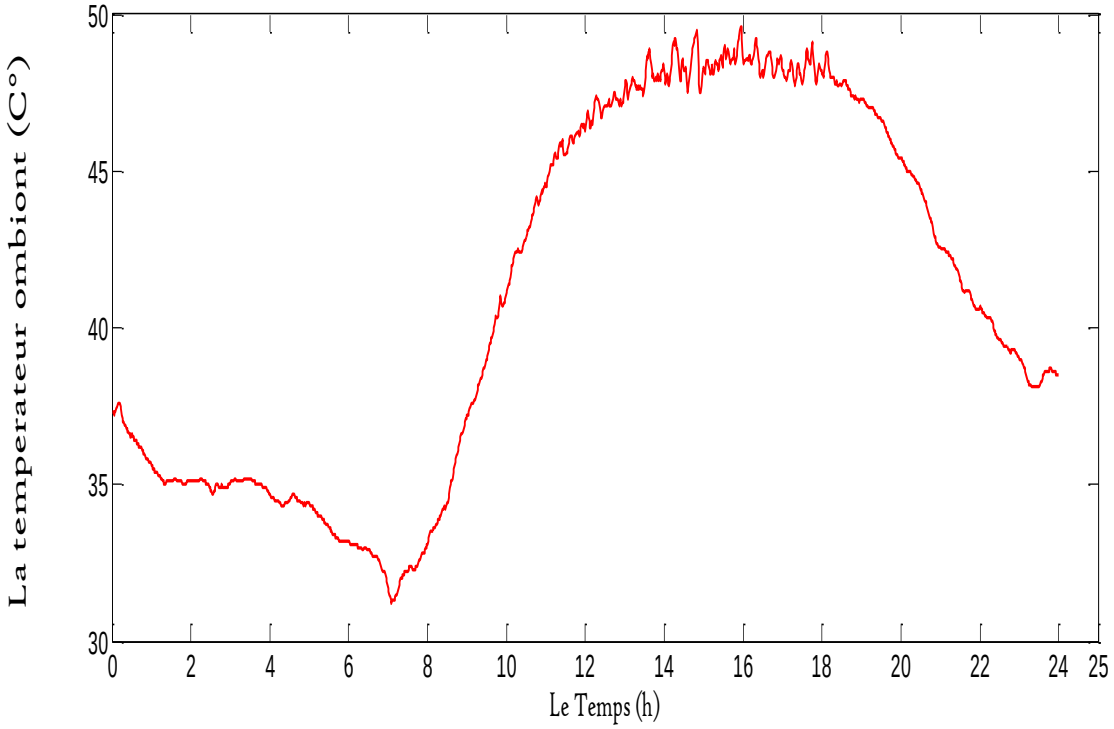
منحنى 3- 5 شدة الاشعاع الشمسي الساقط على جدار الجنوبي وسقف الغرفة

III- دراسة الوضعية الأنسب للعازل

بما أن السقف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع الشمسي،أي اكبر تسرب للحرارة يحدث من خلاله، فنختاره كمحل للدراسة من أجل تحديد الوضعية الأنسب للعازل.

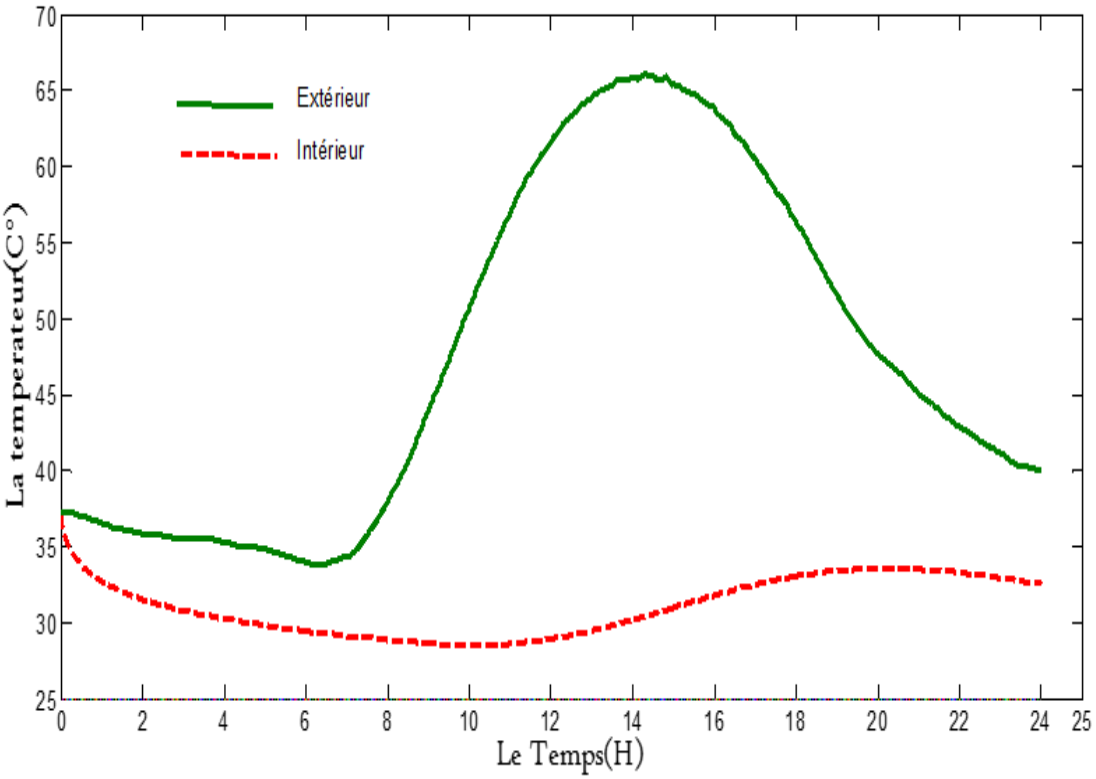
نقوم في هذه الدراسة بتركيب العازل في وضعيات مختلفة إلى داخل و خارج و وسط السقف بأخذ البولستيران كعازل بسمك 5 سم .

المنحنى 3- 6 يمثل قياسات للحرارة الخارجة، وهي قياسات حقيقية أخذت في يوم 15 جويلية ،حيث نلاحظ من خلال المنحنى أن درجة الحرارة الخارجية تبدأ بالتزايد من طلوع الشمس لتبلغ تقريبا 48 درجة مئوية (C°) و تتذبذب بين 46-48 درجة مئوية (C°) من منتصف النهار إلى غاية غروب الشمس، تنخفض بعدها 40 درجة مئوية (C°) .



منحنى 3- 6 قياس درجة الحرارة الخارجية

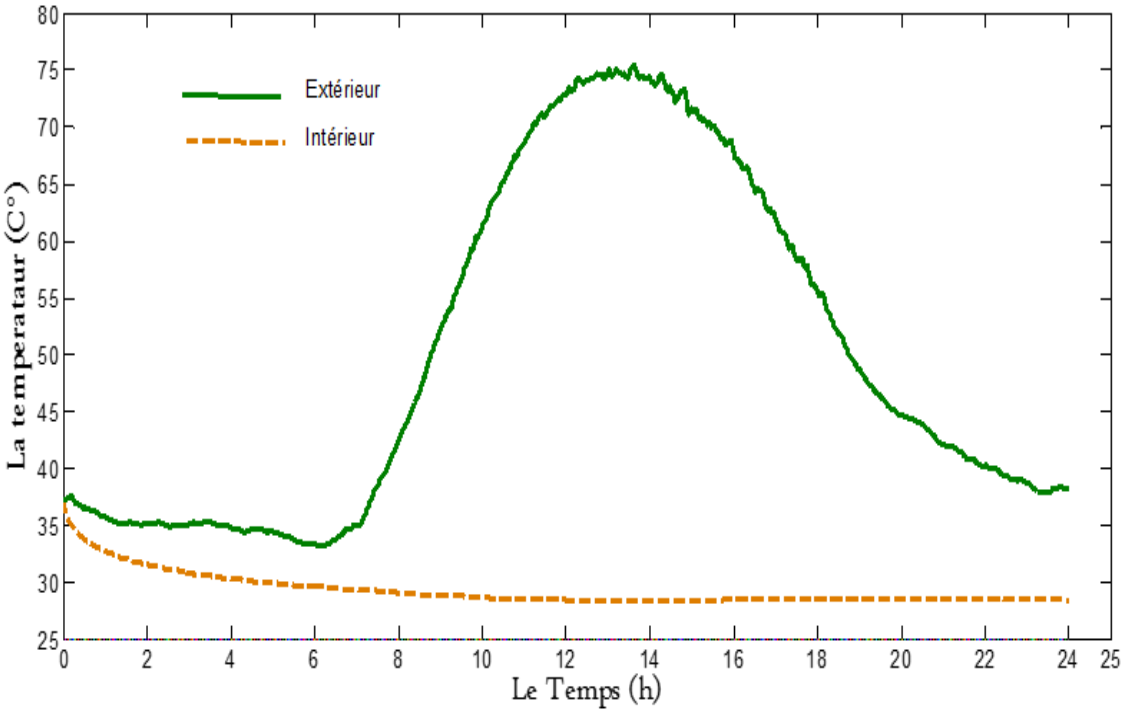
المنحنى 3- 7 يمثل تغيرات درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي لسقف الغرفة قبل تركيب العازل بدلالة الزمن، بالمقارنة بين درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي نجد أن درجة حرارة السطح الخارجي تكون كبيرة جدا بعد طلوع الشمس، حيث تزداد لتبلغ أقصى قيمة حوالي 65 درجة مئوية (C°) ، أما عن درجة حرارة السطح الداخلي تنخفض من 37 درجة مئوية (C°) لتبلغ أقصى قيمة حوالي 33 درجة مئوية (C°) تبقى إلى نهاية اليوم.



منحنى 3- 7 قياس درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي للغرفة قبل تركيب العازل

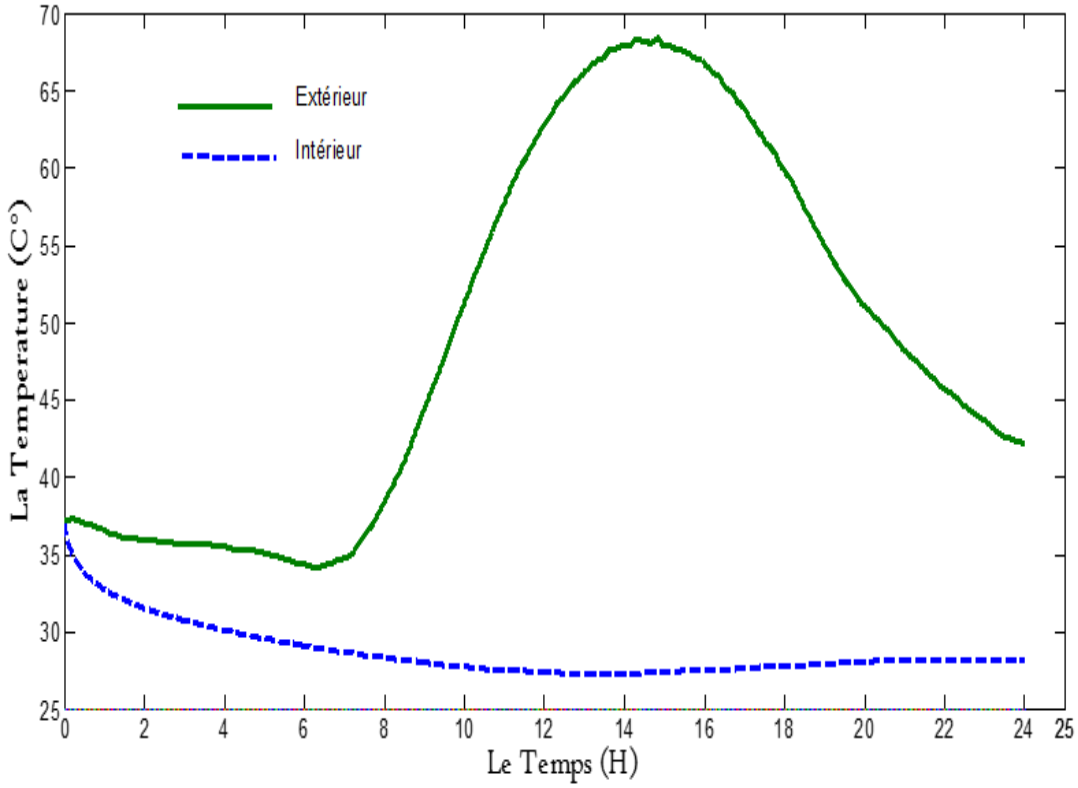
من خلال المنحنيين السابقين نلاحظ أن درجة حرارة السطح الخارجي و الداخلي و درجة الحرارة الخارجية تكون مرتفعة مما يتطلب استهلاك أكبر لطاقة الكهربائية لتبريد الغرفة في دراستنا الموالية نقوم بعملية العزل الحراري للجدران الخارجية للغرفة، من أجل ترشيد استهلاك الطاقة، و تحقيق أعلى مستوى راحة بخفض درجة حرارة السطح الداخلي للغرفة لتقترب من 25 درجة.

المنحنى 3-8 يمثل تغيرات السطح الداخلي و الخارجي لسقف الغرفة 1بعد تركيب العازل إلى الخارج بدلالة الزمن تتباين درجة حرارة السطح الداخلي مع درجة حرارة السطح الخارجي للسقف، حيث تتزايد هذه الأخيرة من طلوع الشمس على السادسة صباحا لتبلغ تقريبا 75 درجة مئوية (C°) عند منتصف النهار لتتناقص بعدها لتصل إلى 40درجة مئوية (C°) تقريبا بعد الغروب، أما عن درجة حرارة السطح الداخلي فتبدأ بالانخفاض من 37درجة مئوية (C°) الى28درجة مئوية (C°) تقريبا لتثبت على هذه القيمة من طلوع الشمس إلى غروبها.



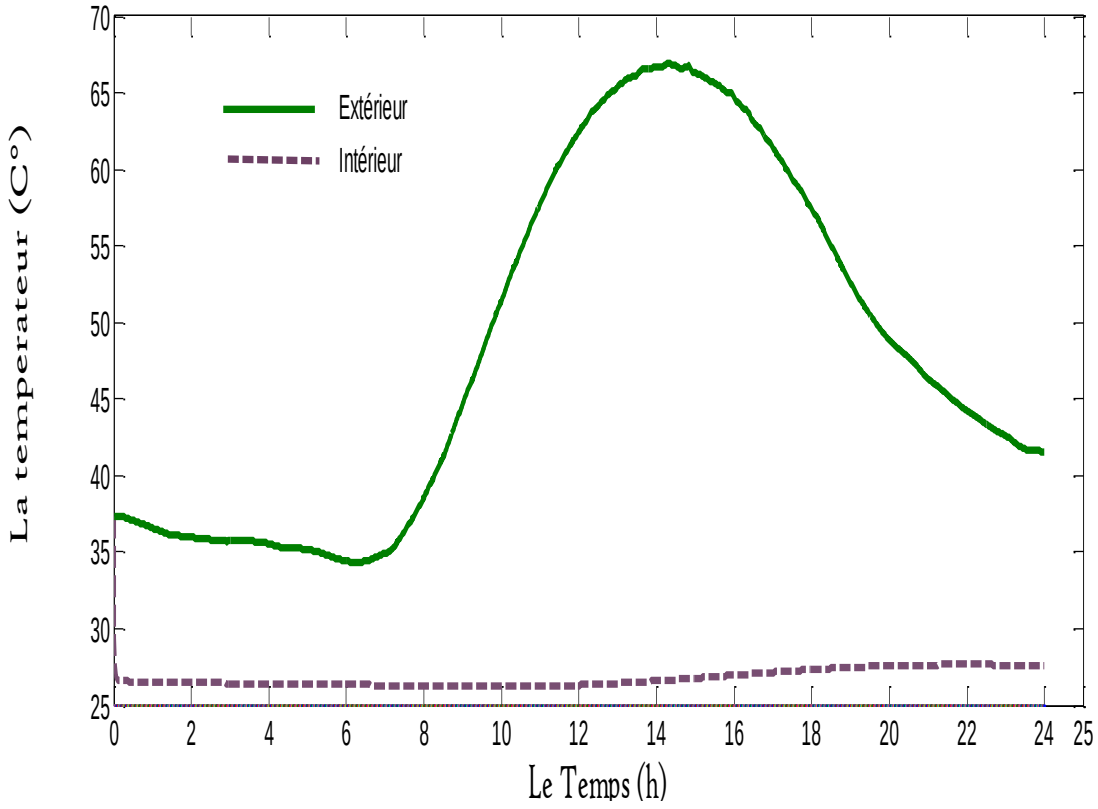
منحنى 3-8 تركيب العازل الخارجي للسقف

المنحنى 3- 9 منحنى تغيرات درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي لسقف الغرفة 1 بدلالة الزمن، نلاحظ أن درجة حرارة السطح الخارجي تبلغ أعلى قيمة لها عند الثانية زوالا 67درجة مئوية (C°) ، أما درجة حرارة السطح الداخلي تنخفض من 37درجة مئوية (C°) إلى الدرجة المثلى 28درجة مئوية (C°) ، و تثبت على هذه القيمة من طلوع الشمس إلى نهاية اليوم.



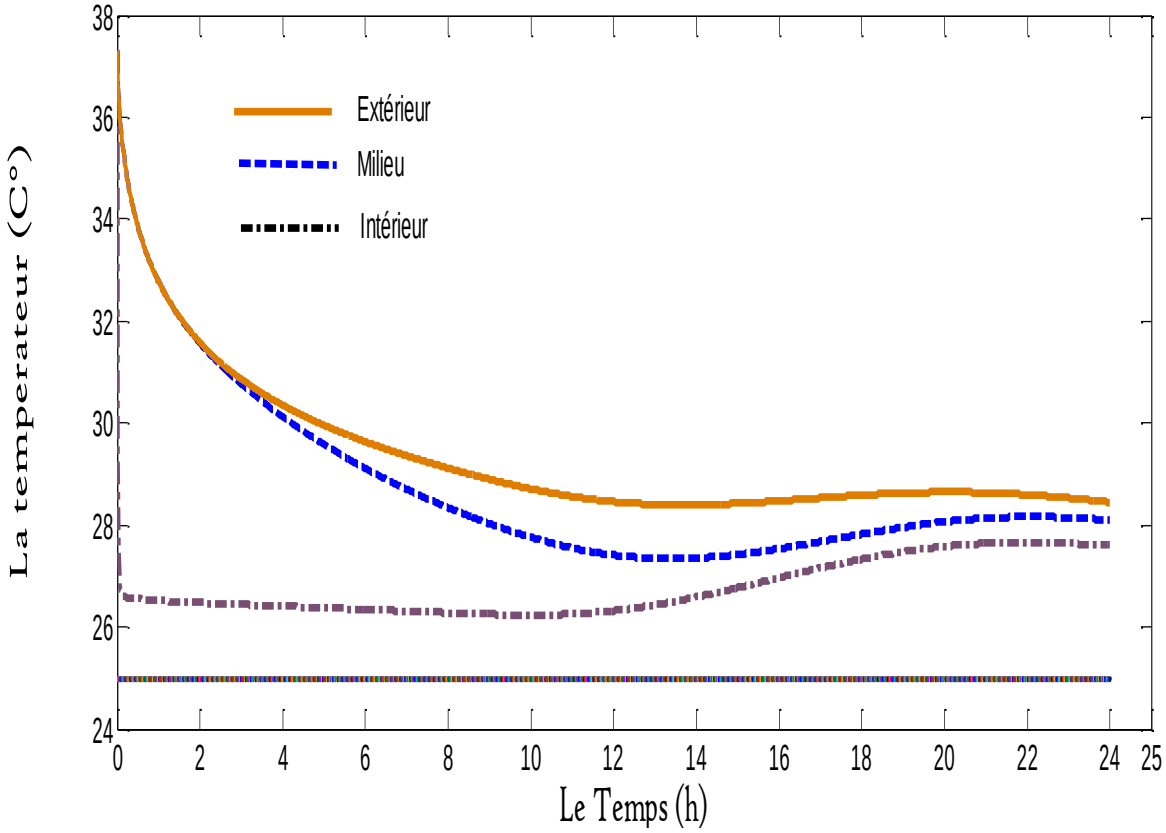
منحنى3- 9 تركيب العازل إلى وسط السقف

المنحنى 3- 10 يمثل تغيرات درجة حرارة السطح الداخلي و الخارجي لسقف الغرفة بعد تركيب العازل إلى الداخل، حيث نلاحظ أن درجة السطح الداخلي تؤول إلى الدرجة المثلى 25درجة مئوية (C°) و تثبت عليها طول اليوم، أما عن درجة حرارة السطح الخارجي فتزداد بطلوع الشمس و تتناقص عند الغروب لتبلغ 65 درجة مئوية (C°) تقريبا.



منحنى 3- 10 تركيب العازل إلى الداخل

من أجل الوصول إلى أفضل وضعية و بدقة قمنا بإنجاز المنحنى 3 -11 بضم قياس درجة الحرارة الداخلية للوضعيات الثلاثة للعازل من خلال المنحنى أدناه، تبين أن أفضل وضعية لتركيب العازل هي تركيبه إلى الداخل.

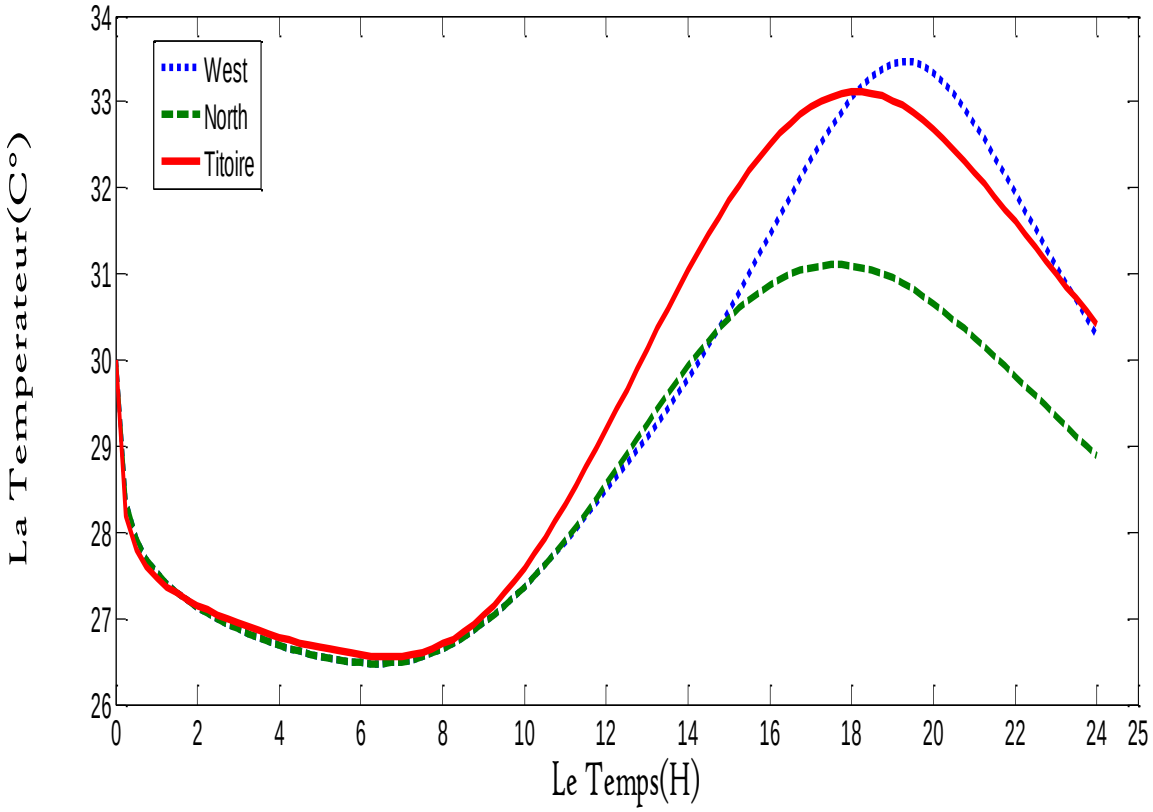


منحنى 3 -11 منحنى تركيبات العازل المختلف

IV- تأثير العزل على كمية الحرارة المتدفقة للغرفة

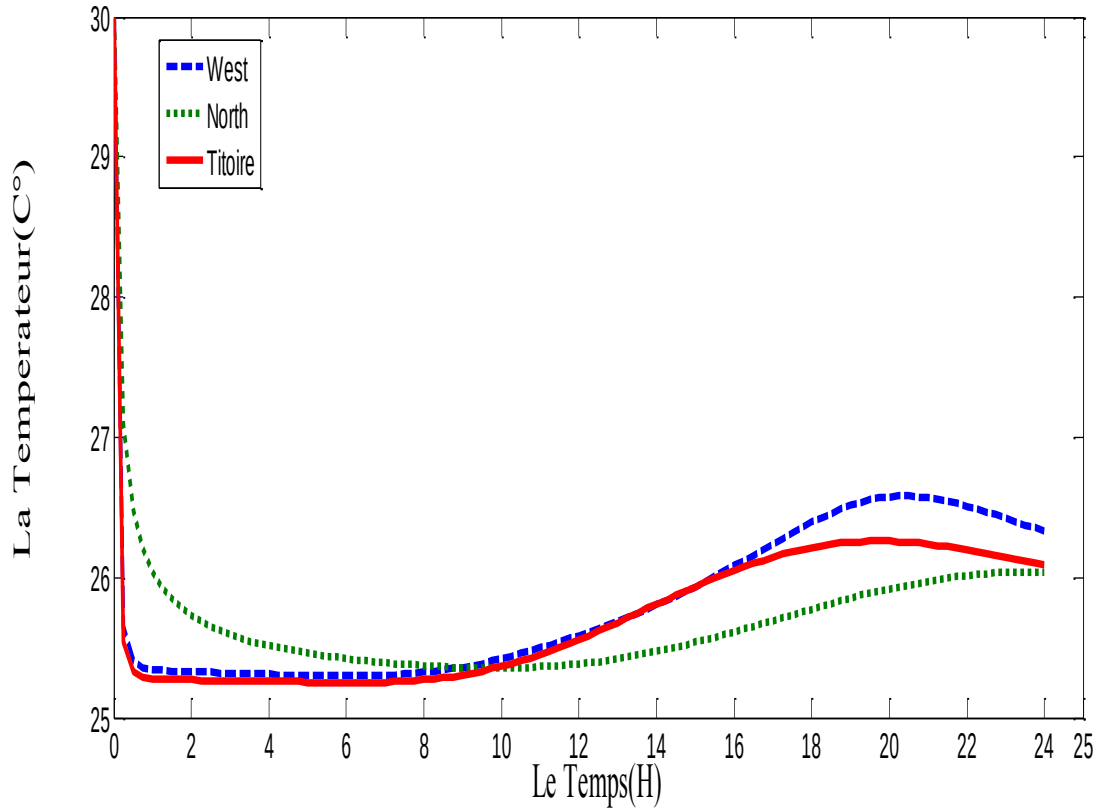
بعد أن توصلنا إلى أن أنسب وضعية للعازل، هي تركيبه إلى الداخل، قمنا بتطبيق العزل الحراري على السقف و الجدار الشمالي الخارجي و الغربي للغرفة 1، و قمنا بمحاكاة درجة حرارة السطح الداخلي قبل و بعد تركيب العازل.

المنحنى3-12 يمثل تغيرات درجة حرارة السطح الداخلي للسقف و الجدار الشمالي و الجدار الغربي للغرفة 1 قبل تركيب العازل، يبدوا جليا أن تغيرات درجة الحرارة السطح الداخلي لكل من السقف و الجدار الشمالي و الجدار الغربي تتناقص قبل الشروق، و سرعان ما تزداد من شروق الشمس حيث تبلغ درجة حرارة السطح الداخلي للجدار الشمالي قيمة 31درجة مئوية ($C°$)تقريبا، يليها السقف ثم الجدار الغربي بقيمة 33درجة مئوية ($C°$) ،لأن الجدار الغربي يستقبل شدة إشعاع شمسي كبيرة عند الغروب.



منحنى3-12 تغيرات درجة حرارة السطح الخارجي بدون عازل

المنحنى 3- 13 يبين تغيرات درجة حرارة السطح الداخلي للكل من السقف و الجدران الخارجيان الشمالي و الغربي بعد تركيب العازل نلاحظ من خلال المنحنى أن درجة الحرارة تنخفض مباشرة إلى غاية العاشرة نلاحظ ارتفاع في درجة حرارة الأسطح الداخلية، حيث نلاحظ أن الجدار الغربي يرتفع بقيمة أعلى مقارنة بالجدار الشمالي و السقف حيث تبلغ 26.5درجة مئوية ($C°$) ، يليه السقف ثم الجدار الشمالي.



منحنى 3- 13 درجة الحرارة بعد تركيب العازل

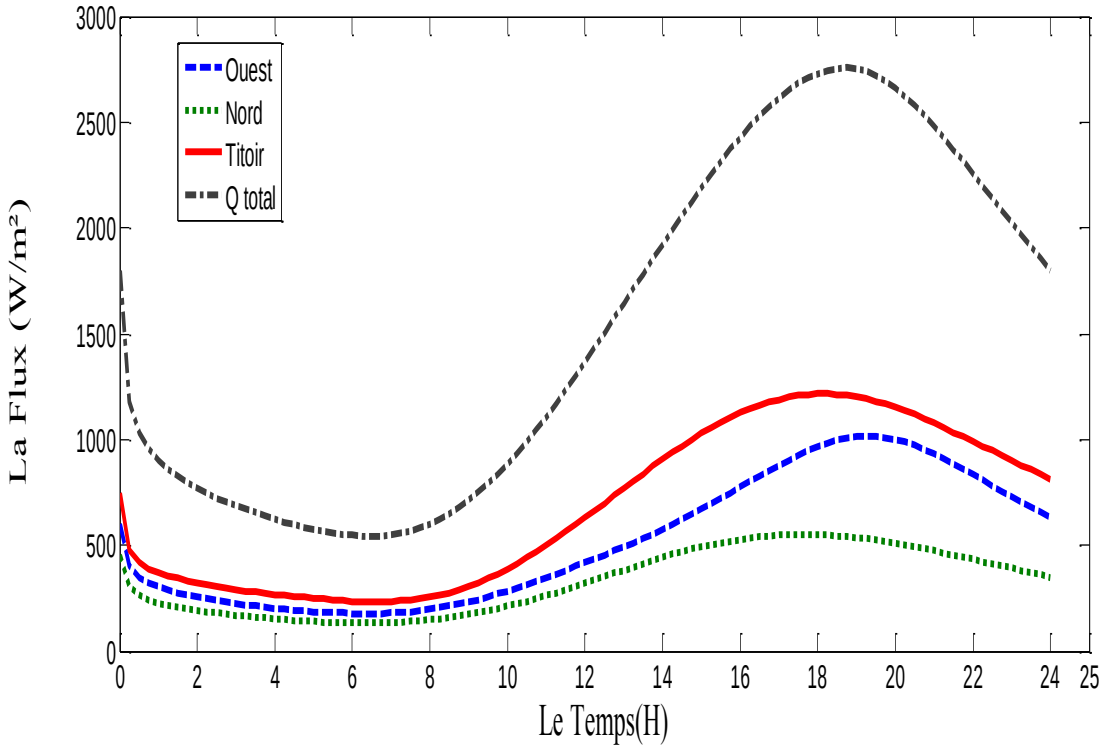
بعد أن قمنا بدراسة و مقارنة درجة حرارة الأسطح الداخلية لكل من السقف و الجدران الخارجيان الغربي و الشمالي اتضح لنا أن أحسن توجيه للجدران يكون ناحية الجهة الشمالية، لأن الجدار الشمالي يستقبل شدة إشعاع شمسي منخفضة طيلة اليوم.

في الدراسة الموالية نقوم بدراسة كمية تدفق الحرارة من خارج إلى داخل الغرفة بالعازل و بدون عازل.

V- دراسة كمية الحرارة المتدفقة من السقف و الجدارين الخارجيين قبل و بعد العزل

أولا نقوم بدراسة كمية الحرارة المتدفقة من خلال السقف و الجدار الخارجي الشمالي و الجدار الخارجي الغربي قبل تركيب العازل.

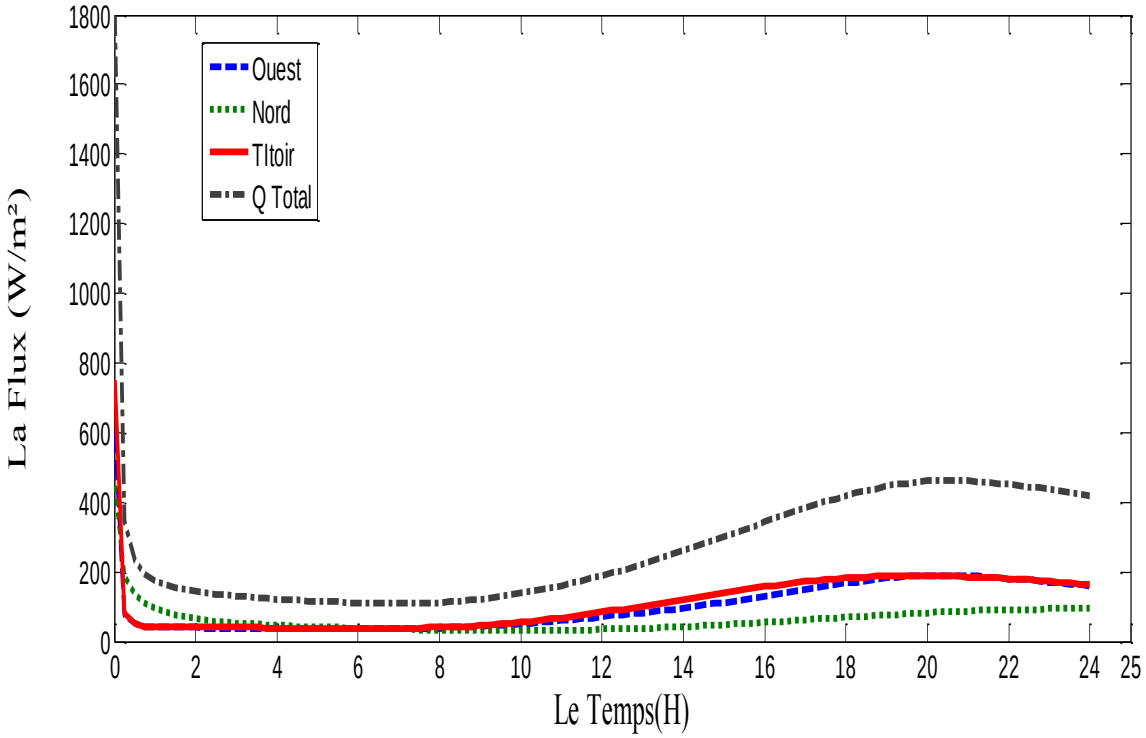
المنحنى 3- 14 يبين تدفق كمية الحرارة من خلال السقف و الجدار الخارجي الشمالي و جدار الخارجي الغربي قبل العزل بدلالة الزمن حيث نلاحظ أن أعلى تدفق للحرارة يكون على مستوى السقف حيث يبلغ($1000\ W/m^2$) يليه الجدار الغربي ب($800\ W/m^2$) ثم الجدار الشمالي ب($600\ W/m^2$) ،أما عن منحنى التدفق الإجمالي للتدفقات الداخلية فبلغ تقريبا ($2700\ W/m^2$).



منحنى 3- 14 التدفقات الحرارية قبل العزل

يمثل المنحنى 3- 15 قياس التدفق الحراري بالنسبة للأسطح المدروسة (للجدران الشمالي والغربي والسقف) حيث أخذت القياسات بعد تركيب العازل، فنلاحظ تفاوتا بسيطا بين المنحنيات الثلاث (للجدران الشمالي الغربي والسقف) وانخفاضا كبيرا لنسبة التدفق الحراري لكل منها مقارنة بالمنحيات السابقة، فتصل ذروة التدفق الحراري للجدار الغربي والسقف من (19 W/m^2) إلى (W/m^2 200) أما الجدار الشمالي فينخفض التدفق بشكل ملحوظ حيث بلغت نسبة التدفق من(W/m^2 90) إلى ($W/m^2$100) على مدى المجال الزمني لليوم .

أما منحنى مجموع التدفقات قد انخفضت بشكل كبير مقارنة بسابقه الذي بدون عازل حيث بلغت أقصاها (450 W/m^2)



منحنى3- 15 كمية التدفقات الحرارية بعد العزل

عند المقارنة بين المنحنيين السابقين نجد أنه في حالة عدم العزل التدفق الإجمالي لكمية الحرارة يصل الى (2.6 W/m^2) تقريبا وعليه يجب استعمال مكيف ذو 18(BTU/h) الذي يقدم(2600 W/m^2) كقيمة قصوى من اجل تبريد الغرفة أما بعد العزل فإن تدفق كمية الحرارة يكون في حدود(450 W/m^2) وعليه فإن مكيف 12(BTU/h) يكفي لتبريد و تكييف الغرفة الذي يقدم(1700 W/m^2) كقيمة قصوى ومن هنا تظهر فائدة العزل في تقليل و ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية حيث انه كل ما كان تدفق الحرارة بكمية أكبر كلما زاد استهلاك كمية أكبر من الطاقة الكهربائية و باستخدام العزل الحراري نكون قد خفضنا من استهلاك الطاقة الكهربائية ورفعنا من مستوى الراحة الحرارية.

الخاتمـــة

بعد ان قمنا بدراسة اسقاطات الإشعاع الشمسي على السقف و الجدران الخارجية، تبين لنا ان السقف يستقبل أكبر كمية من الإشعاع الشمسي مقارنة بالجدران الخارجية و يقع عليه أكبر تدفق للحرارة من خارج إلى داخل الغرفة.كما استنتجنا من دراسة وضعيات العازل الثلاث أن انسب وضعية للعازل هي تركيبه داخل المبنى، حيث يؤدي إلى التقليل من كمية الحرارة المتسربة و منه تقليل استهلاك الكهرباء و بذلك تخفيض الحمل على الشبكات، إضافة إلى ذلك تخفيض تكاليف شراء أجهزة التكييف من خلال تخفيض سعتها، مما يؤدي الى إطالة كفاءة عمر هذه الأجهزة وحمايتها، و بالتالي تقليل تكاليف تشغيلها و صيانتها ويدعم التبريد الطبيعي بالحمل خلال الصيف.

لا تقف فائدة العزل الحراري في التبريد فقط بل تعدت إلى دعم التدفئة خلال فصل الشتاء، و من ناحية البيئية نجده يقلل من التلوث البيئي و الانبعثات الحرارية و الضجيج فله قدرة على عزل و امتصاص الصوت.

وفي الاخير نوصي بالعمل بتطبيق الفكرة عمليا، و مقارنة نتائجنا النضرية بنتائج تجريبة من أجل اثبات النتائج المتحصل عليها من خلال دراستنا النمذجية في ورقتنا البحثية هذه ، كما نوصي بتوعية سكان منطقة ورقلة بأهمية استخدام العزل الحراري في المنشآت، لأن استخدامه في المنطقة قليل أو شبه معدوم.

مراجع

[1] TIMIZAR MESSAOUD et TRABELSI MOHAMED OUSSAMA . Investigation expérimentale de la capacité d'isolation thermique des matériaux bio-sources locaux. UNIVERSITE KASDI MERBAH D'OUARGLA .Année universitaire : 2015 / 2016

[2] العزل الحراري للمباني، مجلة الديالي للعلوم الهندسية، المجلد الثاني، العدد الأول، حزيران 2010.

[3] د.محمد بن سعد آل حمود، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن، خصائص وتطبيقات مواد العزل الحراري في المباني2006.

[4] د.أحمد هلال محمد، جامعة اسيوط مصر، العزل الحراري وترشيد الطاقة في عمارة الصحراء.

[5] عباس الزعفراني، فوائد العزل الحراري وترشيد الاستهلاك الصافي، مؤسسة الكهرباء الرياض، 2009.

[6] أحمد العيسوي، جامعة القاهرة كلية الهندسة، رسالة ماجيستر تأثير تصميم الغلاف الخارجي للمبنى على الاكتساب الحراري والراحة الحرارية لمستعملين المباني، مارس 2003.

[7] F.W.H. Yik ,*Modelling Methods for Energy in Buildings*, by Blackwell Publishing Ltd (2004).

[8]Marif. Y, .Benhammou. M, Zerrouki. M, Belhadj. M, *Thermal performance of the outside and inside wall insulation in the existing building in the south of Algeria*. ISESCO Journal of Science and Technology 9 (16), 53-59. (2013)

[9] Document Technique Réglementaire, DTR, C 3.2:' *Règles de calcul des déperditions calorifiques des bâtiments*, CNERIB (1997).

[9] Y .Marif ; Thèse de doctorat ; *Caractérisation d'un concentrateur cylindro-parabolique de dimensions réelles au sud de l'Algérie: Région d'Ouargla* ;Université KasdiMerbah– Ouargla (2015)

[10]M.Capdrou; *Atlas Solaire d'Algérie*; Ed. Algérie: EPAU, Volume1 Tome 2 (1987).

ملخص

يعد مناخ منطقة ورقلة من المناخات الصحراوية المتميزة بالجفاف، الحرارة المرتفعة و ارتفاع شدة الإشعاع الشمسي التي تتجاوز $1000\ W/m^2$. تشير الدراسات إلى أن نسبة الحرارة المتسربة من الجدران والأسقف تمثل الجزء الأكبر من التي تتسرب من النوافذ و الأبواب المراد التخلص منها عن طريق التكييف وعليه ترتفع نسبة استهلاك الطاقة الكهربائية لتحقيق الراحة الحرارية ،الهدف الأساسي من عملنا هذا هو ترشيد استهلاك الطاقة باستعمال العزل الحراري للجدران الخارجية للمباني نظرا لفعاليته في تقليل من انتقال الحرارة إلى داخل المبنى .في هذا الصدد،تم إنجاز نموذج محاكاة مكتوب بلغة الماطلاب باستخدام طريقة الفروق المنتهية، قمنا بدراسة وضعيات العازل داخل و خارج ووسط الجدار، و تبين أن أحسن وضعية هي تركيب إلى داخل.

الكلمات الدالة: منطقة ورقلة، العزل الحراري، الراحةالحرارية ، الفروق المنتهية، المحاكاة

Résumé

Le climat de la région d'Ouargla est de type Saharien, il est caractérisé par des températures estivales très élevées et l'intensité du rayonnement solaire peut dépasse 1000 W/m². Les études indiquent que le transfert de chaleur à travers les murs externe est grand par rapport à celle causée par l'infiltration de l'aire à travers les fenêtres et les portes. Ceci résulte une grande consommation électrique due à l'utilisation des installations de climatisation dans des grandes périodes pour assurer le confort thermique. L'objectif principal de ce travail est d'étudié l'effet de l'augmentation de la résistance thermique des murs extérieurs sur la diminution de la chaleur transféré vers les logements. À cette réflexion, un programme de simulation numérique écrit en MATLAB a été développé en utilisant la méthode des différences finies, une étude comparative a été présentée entre les trois positions de l'isolant, à l'intérieur, au milieu et à l'extérieur d'un mur. Les résultats ont montré que l'isolation interne représente la meilleure position.

Mots clés: Région d'Ouargla, Isolation thermique, Confort thermique Différences finies, Simulation.

Abstract

Ouargla climate is characterized by very high temperature and intense solar radiation in summer with a maximum of 1000 W/m². A review of the literature showed that the heatingtransmission loads of external walls are highest compared with these of windows and doors. This has resulted inextensive recourse to air conditioning to guarantee thermal comfort. The main objective of this work is to simulate the use of external walls thermal insulation for reducing heat transfer to the building.A computer simulation program written in MATLAB was developed using the finite difference method, a comparative study was presented on the external, middle and internal wall insulation. The findings showed that the internal wall insulation is the best position.

Keywords: Ouargla region, Thermal insulation, Thermal comfort, Finite difference, Simulation.