

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف - المسيلة

ميدان: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء الطاقة و الطاقات المتجددة



كلية: العلوم

قسم: الفيزياء

رقم: /2018

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمي

إعداد الطالبة: عامر سهير

تحت عنوان

محاكاة عددية لدور الحمل الحراري في التهوية الطبيعية

للبنائيات

تمت المناقشة يوم 2018/06/24 أمام اللجنة المكونة من:

رئيسا	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	سالمي محمد
مشرفا و مقررا	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	بولشفار هشام
مناقشا	جامعة محمد بوضياف- المسيلة	بن منصور نادية

السنة الجامعية: 2018/2017

إهداء

أحمد الله عز وجل على منه و عونه لإتمام هذا البحث.

إلى من كان يدفعني قدما نحو الأمام لنيل المبتغى ، إلى الذي سهر على تعليمي بتضحيات
جسام مترجمة في تقديسه للعلم، مدرستي الأولى في الحياة أبي "عامر قدور" الغالي على قلبي
أطال الله في عمره، إلى التي وهبت فلذة كبدها كل العطاء و الجنان، و كانت دعواها لي
بالتوفيق تتبعتنني خطوة بخطوة في عملي نبع الجنان أمي "حمودي فيروز" أمز ملاك على
القلب و العين جزاها الله عني خير الجزاء في الدارين، إليهما أهدي هذا العمل المتواضع
لأدخل على قلبهما شيئا من السعادة

إلى أخي وأخواتي وأزواجهن

كما أهدي ثمرة جهدي لأستاذي الكريم الدكتور: بولشفاار هشام الذي كلما تظلمت الطريق
أمامي لجأت إليه فأنازها لي و كلما دجّ اليأس في نفسي زرع فيها الأمل لأسير قدما ، إلى
كل أساتذة قسم العلوم الفيزيائية، إلى كل من نسيه قلبي ولم ينسه قلبي، و إلى كل من يؤمن
بأن بذور نجاح التغيير هي في ذواتنا و في أنفسنا قبل أن تكون في أشياء أخرى...

قال الله تعالى : " إِنْ اللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِهٖمْ حَتَّىٰ يُغَيِّرُوا مَا بِأَنْفُسِهِمْ...."

الآية 11 من سورة الرعد

الطالبة : عامر سمير

شكر و تقدير

قال رسول الله صلى الله عليه و سلم:

"من لم يشكر الناس لم يشكر الله"

صدق رسول الله صلى الله عليه و سلم

الحمد لله على إحسانه و الشكر له على توفيقه و امتنانه و نشهد أن لا إله إلا الله وحده لا شريك له تعظيماً لشأنه و نشهد أن سيدنا و نبينا محمد عبده و رسوله الداعي إلى رضوانه صلى الله عليه و على آله و أصحابه و أتباعه و سلم.

بعد شكر الله سبحانه و تعالى على توفيقه لنا لإتمام هذا البحث المتواضع أتقدم بجزيل الشكر إلى الوالدين العزيزين الذين أحمانني و شجعاني على الاستمرار في

مسيرة العلم و النجاح، كما أتوجه بالشكر الجزيل إلى من

شرفني بإشرافه على مذكرة بحثي الأستاذ بواشهار همام، كما أتوجه بالشكر للجنة المناقشة الموقرة و التي يتراأسها السيد الأستاذ الفاضل سالمى محمد كما أشكر الأستاذة بن منصور نادية و التي شرفتنى بمناقشة المذكرة.

كما أتوجه بخالص شكري و تقديري إلى زميلي و أخي "مزارى عبد الرحمان" و إلى كل من ساعدني من قريب أو من بعيد على إنجاز و إتمام هذا العمل.

الطالبة: عامر سمير

المصطلحات :

الحروف اللاتينية :

[Pa]	الضغط	P
[m .s ⁻²]	تسارع الجاذبية	g
	مصفوفة الإجهادات	k
[K]	درجة حرارة المائع	T
[J.kg ⁻¹ .K ⁻¹]	السعة الحرارية الكتلية عند ضغط ثابت من المائع	C _p
[s]	الزمن	t
[m]	الإحداثيات الكارتيزية	x , y
[K]	درجة الحرارة المرجعية	T ₀
[K]	درجة الحرارة الساخنة	T _C
[K]	درجة الحرارة الباردة	T _f
[K]	درجة حرارة أرضية المسكن	T _{sol}
[K]	درجة حرارة جدران المدخنة	T _{ch}
[m /s]	مركبة السرعة وفق المحور X	u
[m /s]	مركبة السرعة وفق المحور y	v
[m /s]	سرعة الهواء	v ^{max}
[m]	مدخل المدخنة	A
[m]	مخرج المدخنة	B
[m]	طول الغرفة	H
[m]	مدخل الهواء إلى الغرفة	h
[m]	ارتفاع الغرفة	L
[m]	طول المدخنة	L _{ch}
[m ² /s]	معادلة الانتشار الحراري	a

الحروف اليونانية :

$[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	الكتلة الحجمية للمائع	ρ
$[\text{m}^2 / \text{s}]$	اللزوجة الحركية	ν
$[\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}]$	اللزوجة الديناميكية	μ
$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$	الموصلية الحرارية للمائع	λ
$[\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	الكتلة الحجمية المرجعية عند (T_0)	ρ_0
$[\text{K}^{-1}]$	معامل التمدد الحراري في ضغط ثابت	β_T
$[\text{°}]$	زاوية ميل المدخنة	θ
$[\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1}]$	خطوط تيار الهواء	ψ^{\max}

الأعداد اللابعديّة:

	عدد راييلي	Ra
	عدد كراشوف	Gr
	عدد براندتل	Pr

دلائل:

	ساخن	C
	بارد	F
	مدخنة	ch
	الارضية	sol
	الحافة الشرقية للحجم المنتهي	E

المصطلحات

	الحافة الغربية للحجم المنتهي	W
	الحافة الشماليّة للحجم المنتهي	N
	الحافة الجنوبيّة للحجم المنتهي	S
	معيّار لأبعدي	+

الفهرس

إهداء

شكر وتقدير

المصطلحات

الفهرس

01 مقدمة عامة

الفصل الأول: العموميات و البحث البيبليوغرافي

03 1 عموميات حول التهوية الطبيعية

03 1.1 مقدمة

03 2.1 مفهوم التهوية الطبيعية

03 3.1 استغلال الإنسان للتهوية الطبيعيّة

04 1.3.1 من أجل الراحة التنفسيّة والصحة

04 2.3.1 من أجل الرّاحة الحراريّة

05 3.3.1 في المباني

03 4.1 تطور الهندسة المعارية المعتمدة على اساليب التهوية الطبيعية

05 1.4.1 التفرغ المتناوب في المباني البرجيّة

06 2.4.1 التغطية الخيميّة الحديثة

06 3.4.1 السطوح والعناصر المتحرّكة

07 4.4.1 ملاقف الهواء (قمع ويند كاول)

08 5.4.1 أبراج التبريد

09 6.4.1 المدخنة الشمسيّة

09 1.6.4.1 آلية عمل المدخنة الشمسيّة

2	عموميات حول الحمل الحراري الطبيعي	10
1.2	مفهوم الحمل الحراري الطبيعي	10
2.2	آليات الحمل الحراري الطبيعي	10
3.2	الحمل الحراري الطبيعي في الغلاف الجوّي	11
3	البحث البيليوغرافي	12

الفصل الثاني: النمذجة الرياضيّة و الفيزيائيّة

1.2	مقدّمة	22
2.2	وصف التّموذج الفيزيائي	22
3.2	النمذجة الرياضيّة	23
1.3.2	الصّياعة الشعاعيّة	23
2.3.2	صياغة المعادلات العامّة في الإحداثيات الديكارتية	24
3.3.2	فرضيات التّبسيط	24
4.3.2	تبسيط المعادلات في الإحداثيات الديكارتية	25
4.2	المعادلات اللابعدية	26
5.2	الشروط الحديّة	27

الفصل الثالث: المحاكاة العدديّة

1.3	مقدّمة	29
2.3	طريقة الحجوم المنتهية	29
3.3	إنشاء الشكل الهندسي باستعمال برنامج غامبيت (Gambit)	30
4.3	تعريف برنامج فلوينت (Fluent)	31
5.3	خطوات العمل على برنامج الفلوينت	32

الفصل الرابع: النتائج و المناقشة

37	1.4 مقدمة.....
37	2.4 الخصائص الفيزيائية للمائع (الهواء)
38	3.4 نتائج المحاكاة.....
38	1.3.4 نتائج المحاكاة العددية بدون تأثير المدخنة الشمسية وبدون تهوية.....
40	2.3.4 نتائج المحاكاة العددية مع تأثير المدخنة الشمسية وبدون تهوية
42	3.3.4 نتائج المحاكاة العددية مع تأثير المدخنة الشمسية والتهوية
47	خاتمة.....
49	قائمة المراجع.....
	ملخصات

مقدمة عامة

لقد أصبح الحد من استهلاك الطاقة والبحث و الإرشاد إلى كيفية استغلال مصادرها الطبيعية من الأمور الضرورية والهامة في أيامنا هذه ذلك بسبب التناقص الملحوظ في مصادر الطاقة الأحفورية وكذلك ارتفاع كلفة هذا النوع من الطاقة، مع إدراك أثرها على البيئة الذي يعود سلبا على صحة و راحة الإنسان و ذلك بسبب ارتفاع معدلات التلوث البيئي و زيادة حرارة الغلاف الجوي و كل هذا ناتج عن الإستغلال المتزايد للطاقات ذات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. كل هذا أدى إلى ظهور أبحاث عديدة عن طاقات بديلة و متجددة وهذا حتى يتسنى للإنسان الاستمرار في استغلال التكنولوجيات الحديثة ووسائل النقل وكذلك وسائل الراحة والتي تعتمد جلها على الطاقة الكهربائية. ومن بين وسائل الراحة، الأنظمة الجديدة التي تعتمد على تقنيات التهوية الطبيعية، تهدف لتحسين الخصائص الديناميكية للهواء داخل الحيز الذي يشغله الإنسان من أجل طرح الحرارة الزائدة وتوفير الراحة الحرارية. يكمن الهدف في هذا العمل استخدام واحدة من الطرق المستحدثة لتحقيق هاته الراحة الحرارية وهي المدخنة الشمسية و التي تعتمد على مبدأ الحمل الحراري الطبيعي الناتج من تأثير التدرج في كثافة المائع تبعاً للتدرج في درجات الحرارة وتأثير قوة الجاذبية الأرضية، حيث الهواء الساخن الأقل وزناً يصعد نحو الأعلى فيتبادل حرارته فيبرد وبالتالي يتقل وينزل مرة أخرى و بهذه الكيفية يتجدد الهواء و يتحكم في حرارته بطريقة طبيعية و اقتصادية. يهتم عملنا بدراسة دور الحمل الحراري و كذلك دور المدخنة الشمسية في التهوية الطبيعية للبيانات.

ينقسم هذا العمل إلى أربعة فصول يمكن تلخيصها كالتالي:

الفصل الأول يهتم بتعريف التهوية الطبيعية واستغلال الإنسان لها في شتى المجالات و

تعداد أهم الأساليب الهندسيّة المعماريّة المستخدمة في عمليّة التّهوئة مع الإشارة إلى ضرورتها الاقتصاديّة وكذا أهميّة استخدام المداخل الشمسيّة في عمليّة التّهوئة، مع النّظر إلى أهميّة الحمل الحراري الطّبيعي.

ويتضمّن الفصل الثّاني طرح الإشكال ووصف النّمودج الفيزيائي الذي يتناوله موضوعنا هذا و صياغة المعادلات رياضيًا مع تحديد فرضيّات التّبسيط ووضع الشّروط الحديّة.

كما تطرّقنا في الفصل الثّالث إلى المحاكاة العدديّة باستعمال برنامج الفلوينت و الذي يستخدم طريقة الحجوم المنتهية.

أمّا الفصل الرّابع و الأخير خصّصناه إلى عرض و مناقشة التّنتائج المتحصّل عليها من خلال عمليّة المحاكاة.

وأخيرا الخاتمة تليها المراجع و المواقع الإلكترونيّة.

الفصل الأول :

العموميات والبحث البيئيوغرافي

1 عموميات حول التهوية الطبيعيّة:

1.1 مقدمة:

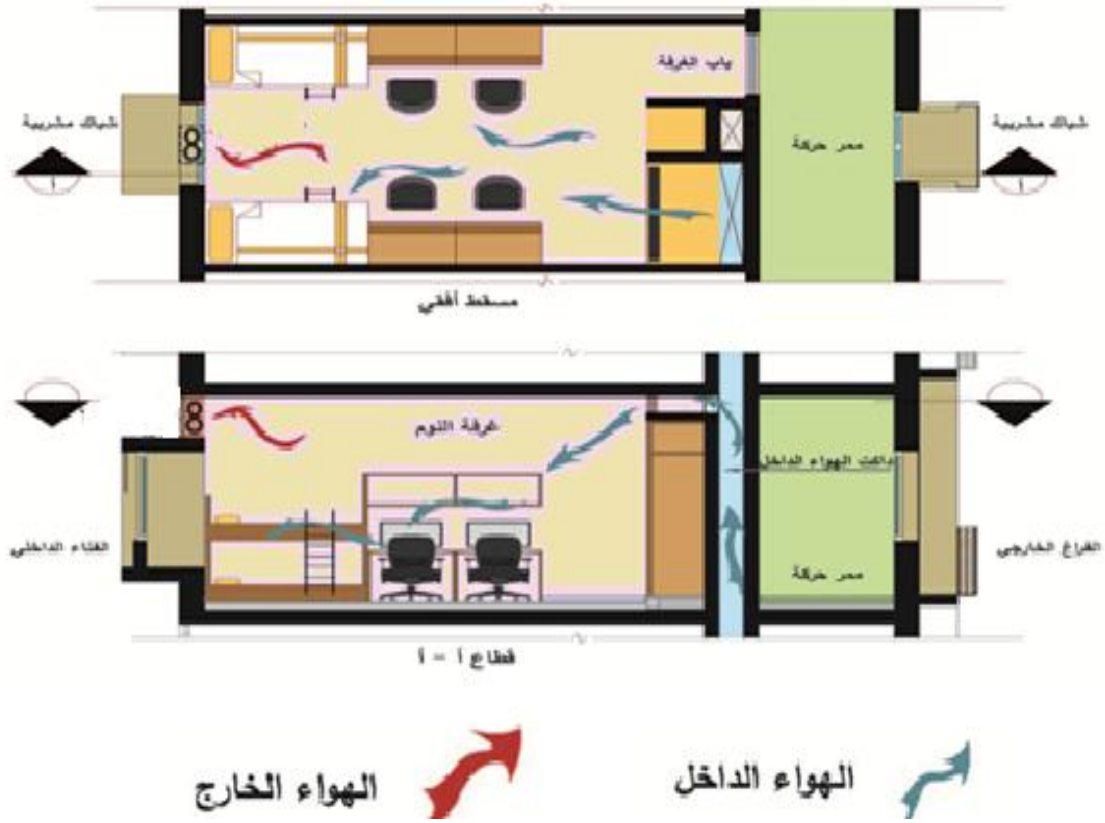
التهوية الطبيعيّة من العوامل التي تحنل الأولوية عند تصميم وتشييد المباني، ذلك لأن حركة الهواء داخل أي مبنى ذات تأثير فعّال على الراحة الحرارية لشاغلي المبنى ويلقى موضوع تطور أساليب التهوية الطبيعيّة في العمارة المعاصرة اهتماما متزايدا باعتبارها وسائل تكييف طبيعية تتلاءم مع العوامل البيئية و المناخية المختلفة وكذلك الجانب الإقتصادي و الذي يلعب دورا فعّالا في هذا التوجه. قد أدخل على تلك الأساليب العديد من التقنيات المعاصرة و استحدثت منها أساليب متطورة، ظهرت تطبيقاتها في مناطق مناخية متعددة في العالم.

2.1 مفهوم التهوية الطبيعيّة:

التهوية الطبيعيّة تتمثل في عملية استبدال الهواء الداخلي المستخدم بهواء نقي من الخارج بواسطة الوسائل الطبيعية فقط. يعتبر توفير المعدل الأدنى من التهوية الطبيعية داخل المبنى من العناصر الضرورية لحياة الإنسان من أجل راحته، صحته و حيويته، و تكمن أهمية التهوية الطبيعية في أثرها الفعّال في تخفيف الإجهاد الحراري على الإنسان و تساعد على التخلص من الهواء الفاسد والضار بالصحة.

3.1 استغلال الإنسان للتهوية الطبيعيّة :

النشاط البشري ينتج الكثير من الإنبعاثات الحرارية و كذلك بخار الماء في المسكن على سبيل المثال و التي يجب إجلائها لتجنب مشاكل التكثيف و العفن و المشاكل الصحية ، بالإضافة إلى ذلك يستهلك الإنسان الأكسجين بصفة دائمة كما تلعب كمية الأكسجين الذي يتم جلبه عن طريق الهواء النقي الخارجي عاملا أساسيا في تحسين الوظائف البشرية و طرح الحرارة إلى خارج المسكن أمر ضروري لتوفير حد أدنى من الراحة الحرارية خاصة في الفصول الحارة .



الشكل (1.1): نموذج نمطي مقترح لغرفة موضعا عليها التهوية. [1]

1.3.1 من أجل الراحة التنفسية و الصحة:

جودة الهواء في الأماكن المغلقة جيدة بفضل التهوية، فهي الضامن لتحسين عملية التنفس وصحة أفضل، كما أن زيادة معدلات الأكسجين بالهواء، مع ضمان التخلص الدائم لثاني أكسيد الكربون يؤدي إلى مستويات أعلى من الراحة.

2.3.1 من أجل الراحة الحرارية:

تنتج الراحة الحرارية من التهوية الطبيعية وترتبط بأربع متغيرات فيزيائية (درجة حرارة الهواء، شدة الإشعاع الشمسي، الرطوبة و سرعة الهواء) هذه المتغيرات تتفاعل مع جسم الإنسان لتحقيق الراحة الحرارية المرجوة وهذه العوامل أساس التبادلات الحرارية بين البشر و بيئتهم.

3.3.1 في المباني :

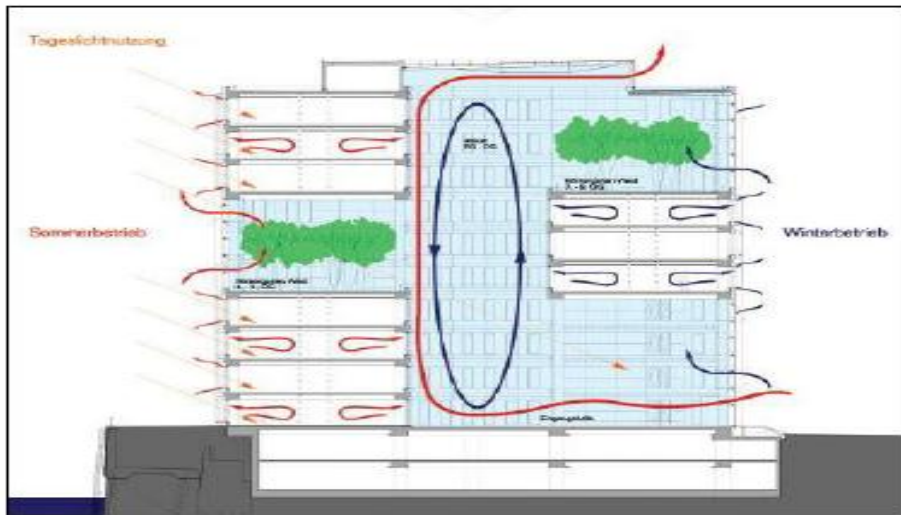
ترتبط معظم المشاكل على مستوى المباني بوجود الرطوبة الغير المرغوب فيها، التي تسبب الضرر للمبنى وتؤدي إلى حالات غير صحية، مما يتوجب حل هذه المشاكل بالتهوية الطبيعية أو غيرها.

4.1 تطور الهندسة المعمارية المعتمدة على أساليب التهوية الطبيعية :

تعددت أساليب التهوية الطبيعية في العمارة المعاصرة، مما أدت إلى تطوير الهندسة المعمارية حسب وظيفة المبنى و تصميمه المعماري و موقعه الجغرافي، و من أهم هذه الأساليب و التقنيات نذكر بعضا منها:

1.4.1 التفرغ المتناوب في المباني البرجية:

تعتبر هذه التقنية من أنجح التقنيات في تهوية الفراغات في المباني البرجية، حيث يتم جذب الهواء من المناسيب السفلية ليندفع عبر فتحات بين كتل البرج الواحد، محدثة تيارا هوائيا نحو الأعلى يساعد في تهوية فراغات البرج طبيعيا من خلال النوافذ المطلّة على الفناء الداخلي، فبرج الإدارة الإقليمية للبنك التجاري في فرانكفورت بألمانيا مثلا يعتمد هذه التقنية في عملية التهوية الطبيعية الشكل (1.2).



الشكل (1.2): التهوية الطبيعية في مبنى مكاتب هامبورغ بألمانيا. [2]

2.4.1 التغطية الخيمية الحديثة:

تعتمد فكرة التهوية الطبيعية بهذه التقنية على التظليل الدائم لأجزاء مفتوحة أو مناطق من المبنى، ينتج عنها انخفاض في درجة حرارة الفراغ المظلل، وطرده الهواء الساخن من خلال الفتحات الموجودة أعلى الإنشاء الخيمي الشكل (1.3)، يعتبر هذا الأسلوب مناسباً لتهوية الصالات الواسعة و المزدحمة في المناطق الحارة والرطبة و الشبه جافة.



الشكل (1.3): التهوية الطبيعية عن طريق التغطية الخيمية الحديثة. [3]

3.4.1 السطوح و العناصر المتحركة :

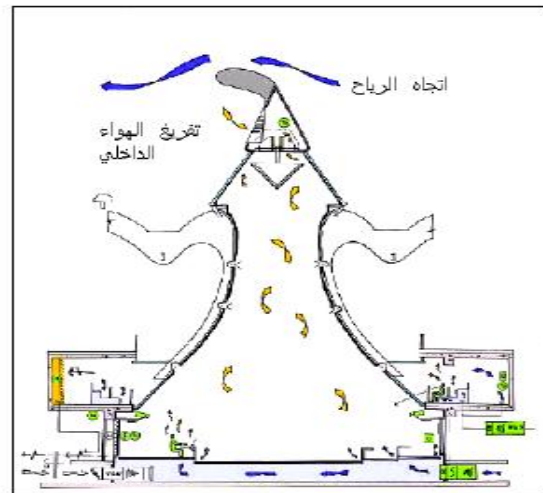
تعتمد تغطية بعض أجزاء البنايات كالأفنية و السطوح على عناصر متحركة لنا القدرة على التحكم فيها بفتحها وإغلاقها أوتوماتيكياً لتفريغ الهواء من أعلى الفراغ و التقاطه من الأسفل لإنشاء تيار هواء في الفراغ الداخلي.



الشكل(1.4): المظلات القابلة للفتح و الإغلاق في الحرم النبوي. [4]

4.4.1 ملاقف الهواء (قمع ويند كاؤل):

من التقنيات المتطورة المستعملة في التهوية الطبيعية قمع ويند كاؤل، حيث يُعدّ نظاما يعتمد في آلية عمله على الرياح من جهة ودرجة حرارة وضغط الهواء الداخلي، حيث يُعتمد هذا النظام مثلا في مبنى البرلمان أو مجلس الشيوخ في ويلز.



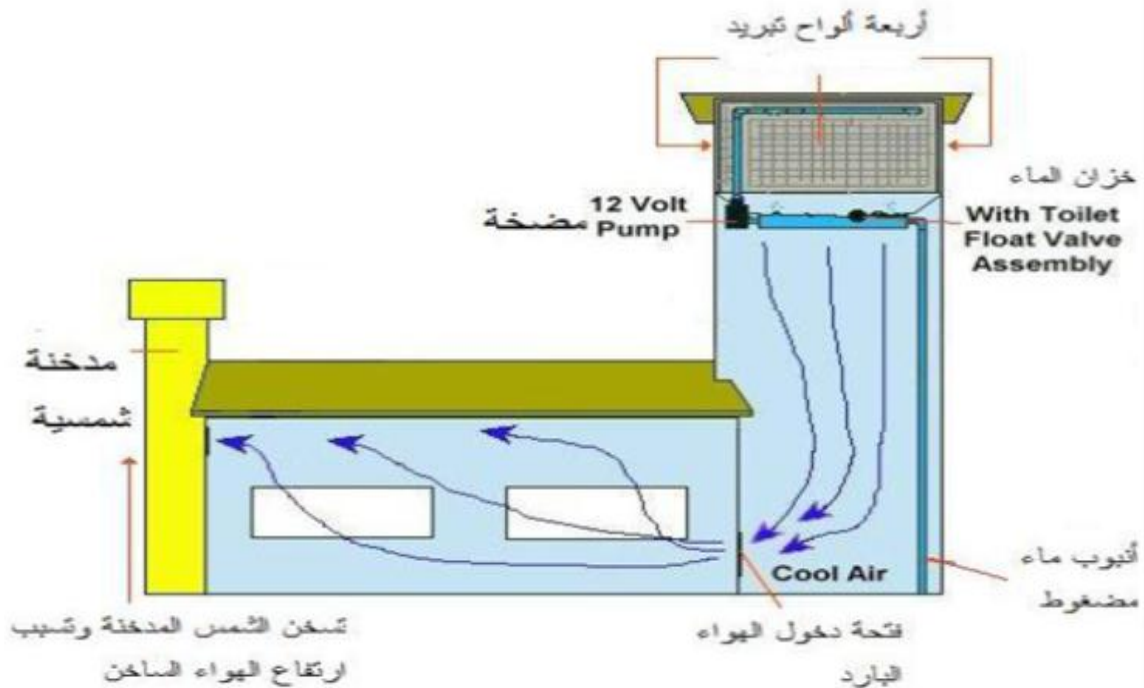
الشكل(1.5): ملاقف ويند كاؤل في مبنى البرلمان في ويلز في بريطانيا. [5]

5.4.1 أبراج التبريد:

برج التبريد يتم فيه عملية تبريد الماء عن طريق التبادل الحراري بين الماء و الهواء حيث طُوِّرت أبراج التبريد في المناطق الحارة و الجافة، أُضيفت لها عناصر لزيادة فعاليتها في التبريد منها رشاشات الماء، ألواح التبخير و الأواني الفخارية، الفحم المبلل بالماء [6].

يتكون برج التبريد من العناصر التالية [7]:

- فتحات دخول الهواء الخارجي لتتم عملية التبادل الحراري بين الماء و الهواء.
- عوامة تعمل على تزويد البرج بالكمية اللازمة من الماء لتعويضه في حالة النقص.
- حوض ماء يتساقط فيه الماء بعد عملية التبريد.
- رشاشات ماء تعمل على نثر رذاذ الماء لسهولة تبريد الهواء.
- حواجز تمنع رذاذ الماء من الوصول إلى المروحة حتى لا يتسبب في إتلافها.
- قد تستعمل مروحة لدفع الهواء من برج التبريد بعد عملية التبادل الحراري للماء.



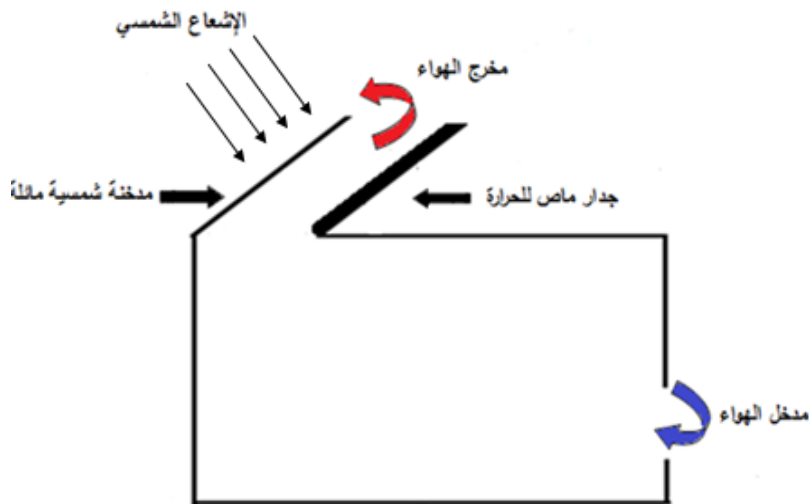
الشكل (1.6): مكونات برج التبريد. [7]

6.4.1 المدخنة الشمسية:

من أهم الأساليب المستعملة في سحب الهواء الساخن من الفراغات الداخلية للمبنى، المدخنة الشمسية التي تعتمد على تحريك الهواء داخلها و الطاقة الشمسية لتسخين الهواء. يتم تصميم المدخنة من مواد قادرة على امتصاص الحرارة ، تحتوي على هيكل متكون من عدة أجزاء، لكل جزء دوره. هذه الأجزاء تتمثل في السطح الذي يمتص الحرارة تحت المجمع الذي يعكس الحرارة ويقوم بتجميعها، والمدخنة يتم توجيهها بحيث يمكنها التعرض لأكبر قدر من أشعة الشمس. تمكن بعض المماريين من وضع تصاميم للأبراج الشمسية، كالمستخدمة في تهوية مبنى جامعة الملك عبد الله للعلوم و التقنية [8].

1.6.4.1 آلية عمل المدخنة الشمسية:

هي برج له منفذ هوائي غالبا ما يكون فوق المباني، يتلخص دوره في عملية تسخين الهواء تحت السطح الزجاجي باستعمال الإشعاع الناتج عن الشمس فينتج عن ذلك حركة بين الهواء الساخن و البارد التي تعرف بظاهرة الحمل الحراري الطبيعي ، حيث تساعد تيارات الحمل الحراري داخل هذا البرج في سحب الهواء من داخل الغرفة أو المبنى إلى الخارج ، لضمان التجديد المستمر لهواء الحجرات و غالبا ما يُوجّه البرج باتجاه الرياح السائدة حتى يمكن استغلالها في تسريع عملية طرح الهواء إلى الخارج.



الشكل (1.7): مدخنة شمسية مائلة فوق مسكن.

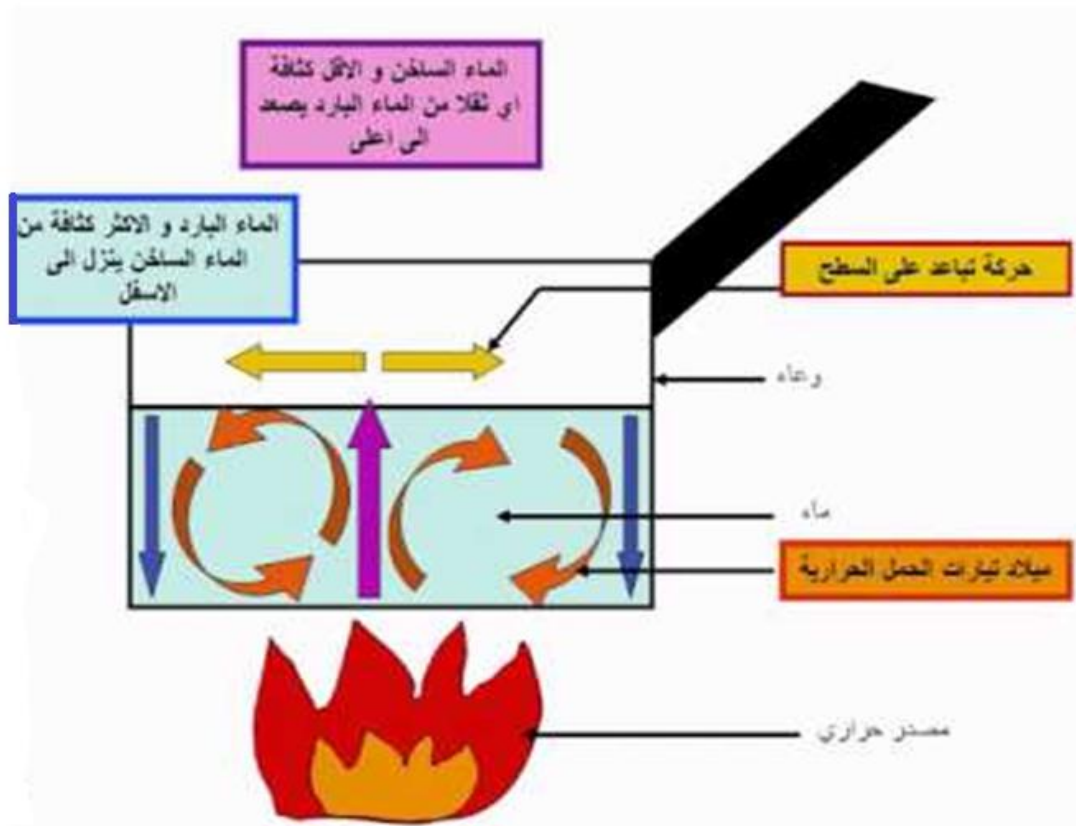
2 عموميات حول الحمل الحراري الطبيعي:

1.2 مفهوم الحمل الحراري الطبيعي:

يتم الحمل الحراري الطبيعي في حركة الموائع بفعل الطبيعة (دون تدخل أي قوى خارجية من طرف الإنسان)، ينتج عن طريق الاختلاف في الكثافة بين الجسيمات الساخنة و الباردة في المائع، و تغيّر الكثافة يسببه التباين في درجة الحرارة.

2.2 آليات الحمل الحراري الطبيعي:

مبدأ الحمل الحراري الطبيعي بسيط نسبياً، حيث تنتج حركة لجزيئات المائع تحت تأثير قوتي الجاذبية الأرضية و دافعة أرخميدس، تنخفض كثافة المائع الساخن ويرتفع للأعلى تحت تأثير دافعة أرخميدس أما المائع البارد ينزل تحت تأثير الجاذبية ، كما هو موضح في الشكل (1.8):



الشكل (1.8): آلية الحمل الحراري الطبيعي. [9]

3 البحث البيئيوغرافي :

إن التهوية الطبيعيّة في العمارة المعاصرة بالغة الأهمية وأصبحت مع نضوب مصادر الطاقة من مستلزمات العصر التي تستوجب التوقف عندها ودراستها و لذلك أجريت العديد من الدراسات حول دور الحمل الحراري الطبيعي في تحقيق تهوية طبيعية باستعمال الطاقات المتجددة و كذلك دراسات في المجال النظري و العددي و التطبيقي من أجل اختيار الخصائص الهندسيّة الأمثل لتحقيق المردود الأفضل.

[11] في هذا البحث قاموا بدراسة تطبيقات التهوية الطبيعية في العمارة المعاصرة، ومعرفة التقنيات الحديثة التي أدخلت عليها، والغاية من تطبيقها في عدة مناطق مناخية، الهدف من هذه الدراسة هو الاستفادة في تحقيق تهوية طبيعية صحية داخل فراغات المباني المعاصرة، تلائم شروط الراحة الحرارية لمستخدمي هذه المباني من جهة، وتتناسب مع المعطيات البيئية والمناخية الخاصة بكل منطقة، بما يتماشى مع مبادئ العمارة الخضراء والمستدامة في الاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة.

[12] قاموا بتطوير برنامج يحاكي ظاهرة التهوية الطبيعية "هيوڤنت"، حيث يسمح ويُدعم مصممي المباني من أجل التهوية بشكل طبيعي في ما يتعلق بتوجه بناء، و أماكن و أبعاد النوافذ و الأبواب.

[13] في هذه الدراسة، تمّ تقديم تقنية تسمح بتحسين التهوية الطبيعية و التبريد في المناطق ذات المناخ الحار، حيث تم إنشاء حركة الهواء داخل الوسط باستعمال المدخنة الشمسية، و من أجل تحديد الخصائص المتعلقة بالنظام المقترح قاموا بدراسة تجريبية، وأخرى باستعمال المحاكاة العددية على المدخنة الشمسية، مع التغيير في أبعادها و زاوية الميل، كما قاموا بتطبيق النموذج على غرفة مكعبة الشكل ذات الأبعاد التالية (1م.1م.1م) الجزء العلوي من الغرفة جُهز بمدخنة شمسية بزاوية ميل 45 درجة عن المستوى الأفقي، لتحسين التهوية و

الوصول إلى مستوى من الراحة الحرارية معا للتقليل من استهلاك الطاقة، حيث تم إدخال مبادل جو- أرض، لاحظوا انخفاض في درجات الحرارة عند مدخل الغرفة، سمحت بتقديم تقدير للمبادل جو-أرض، الاستنتاجات الرئيسية المستخلصة من هذه الدراسة:

- زيادة فعالية النظام مع توافر أشعة الشمس.
- حجم المدخنة له تأثير كبير على زيادة تدفق حجم الهواء.
- السحب الحراري الأمثل يوافق زاوية ميل 45 درجة مع المستوى الأفقي.
- درجة الحرارة وسرعة الهواء عند مخرج المدخنة يعتمدان على شدة الإشعاع الشمسي.

[14] الهدف الرئيسي لهذه الدراسة هو تقييم عمل المدخنة الشمسية المزودة بالبناء و أدائها الحراري داخل السكن، لذلك تم وضع منهجية لتحليل عمل المدخنة الشمسية المقدمة في حامل وإيجاد السمك، الميل وكثافة الشعاع الشمسي التي تضمن تدفق كبير للهواء، ولتحقيق ذلك قاموا بالتحقق من صحة هذا العمل وذلك بمقارنة النتائج، وقد توصلوا إلى اتفاق جيد.

استعملوا برنامج Fluent من اجل محاكاة عددية لتدفق الحمل.

أولاً: درسوا السلوك الحراري لمدخنة بزواوية مختلفة من الميل، وسمك مختلف لفجوة

الهواء، كثافة مختلفة من الشعاع الشمسي، وتوصلوا إلى عدة استنتاجات:

- زيادة درجة حرارة الهواء في المدخنة الشمسية و الزجاج والامتصاص، هذا يتناسب مع زيادة كثافة الإشعاع الشمسي.
- سرعة الهواء الذي يعبر المدخنة يزيد بزيادة أشعة الشمس.
- الزيادة في سمك فجوة الهواء يلعب دورا هاما جدا بحيث يزيد إلى حد كبير تدفق حجم الهواء الخارج من المدخنة.

استخدموا درجات الحرارة و السرعات المختلفة التي تحصلوا عليها كبيانات لمحاكاة عددية باستخدام Fluent ، حيث اجروا حسابات عددية لمدخنة شمسية بأشكال مختلفة مع التغيير في مواضعها وعرضها، ومع قيم مختلفة من أشعة الشمس، توصلوا في هذه الدراسة،

أنه من الأفضل أن يكون للمدخنة زاوية ميل من 30 درجة إلى 45 درجة، لأن الزوايا الكبيرة تسبب ظاهرة عودة الحرارة إلى الغرفة.

[15] هذا العمل يتعلق بدراسة ظاهرة للحمل الطبيعي الحراري، داخل مدخنة شمسية حيث المائع المحمول هو الهواء ، قاموا بفحص تأثير الفارق في درجة الحرارة بين أرضية المدخنة الشمسية و درجة الحرارة الخارجية، على الانتقال الحراري داخل المدخنة، وأنجزوا محاكاة عددية للانتقال الحراري، وذلك باستعمالهم لبرنامج "Fluent"، الذي هو مبني بطريقة الأحجام المنتهية، وكذلك أنجزوا مقارنة نوعية مع بعض الأعمال المنجزة سابقا، حيث كانت نتائجهم مقارنة جدا للنتائج المتوفرة في المراجع التي تم التتويه إليها في هذا العمل.

[16] تكمن أهمية هذا البحث في دراسة انتقال الحرارة ضمن التجاويف الموجودة في جدران المباني وذلك في الحيز الغير ثابت حراريا، درسوا انتقال الحرارة المزدوج (حمل، إشعاع) ضمن تجاويف الحجرات المقسمة، الخاضعة من احد طرفيها لدرجات حرارة متغيرة بشكل جيبي، بينما تحافظ في الطرف الآخر على درجة حرارة ثابتة.

قاموا بنمذجة عددية لـحجرة مُقسّمة تحوي أربع تجاويف ذات أبعاد محددة وذلك بطريقة الفروق المنتهية، واستخدام برنامج Matlab، وقد راقبوا تغيرات درجات الحرارة ضمن الحجرة مع الزمن (على أوجه التجاويف وعلى ارتفاعات محددة على هذه الأوجه)، تعبر هذه التغيرات عن مدى انتشار الاضطراب الحراري و المفروض على احد وجهي الحجرة. تحصلوا في النهاية على قيم أعداد Nusselt و الإشعاعية لكل التجاويف بالنسبة للزمن، أظهرت لهم هذه القيم أن طريقة انتقال الحرارة المسيطرة في هذه التجاويف هي الإشعاع وهذا ما كان مهملًا ضمن معظم الأبحاث المنجزة من قبل الباحثين حيث تركزت دراستهم في هذه التجاويف على الحمل الحراري فقط.

[17] هذه الدراسة تخص بالأساس: برج شمسي (جامع كبير) ذو زجاج دائري و مدخنة عالية حوالي 1000 متر، حيث يرتفع الهواء ويحرك التربينات، و برج تدفق الهواء الجاف يبرد بواسطة تبخر قطرات الماء.

[18] قاموا في هذه الأطروحة بمحاولة وضع قاعدة مبدئية للدراسات الطاقوية و الديناميكية لما يسمى بالمداخن الشمسية المستعملة في توليد الكهرباء فقسّموا عملهم إلى جزئين: الجزء الأول: أنشؤا خوارزمية للحسابات الطاقوية للتنبؤ بالخصائص الطاقوية للنظام كالمردود و الاستطاعة المنتجة، و درسوا تأثير بعض الوسائط الهندسية و الفيزيائية كارتفاع المدخنة والإشعاع الشمسي.

الجزء الثاني: درسوا جريان الهواء عبر نظام يشبه هندسيا وحدات المداخن الشمسية قصد إيجاد الحقل الحركي و التوزيع الحراري، و استعملوا طريقة عددية مرتكزة أساسا على مفهوم الحجم المنتهية و ذلك لمعالجة المعادلات الرياضية لظاهرة الحمل الطبيعي مع فرضية كون الجريان هادئ، انتقالي و ذو بعدي.

[19] يتضمن هذا البحث دراسة عددية للتكهن بسلوك جريان و توزيع درجة حرارة الهواء، داخل مدخنة شمسية ذات نسبة باعية (L/P=15,10) مستطيلة الشكل، عند درجة حرارة سطح الزجاج (12,14,16°C)، و فيض حراري منتظم على طول سطح جدار المدخنة ($q=390,545,700 \text{ W/m}^2$) مع عزلهم السطحيين العلوي و السفلي.

تتم عملية انتقال الحرارة من الجدار الماص للإشعاع الشمسي إلى هواء المدخنة بالحمل الطبيعي و التهوية الذاتية عن طريق فتحتي التهوية العلوية و السفلية.

قاموا بحل المعادلات التفاضلية (معادلة الاستمرارية، الحركة، و الطاقة) بطريقة الحجم المنتهية (Volumes Finis) من خلال البرنامج العددي (Fluent)، أخذوا بعين

الاعتبار أن الجريان مضطرب ثنائي البعد للحالة غير المستقرة، أظهرت نتائجهم أنه كلما قلَّت النسبة الباعية زادت درجة حرارة و قيم سرعة الهواء داخل المدخنة الشمسية.

[20] في هذا العمل تم تقديم دراسة حول تدفق الهواء في مدخنة شمسية، لتوليد الطاقة في التدفق المضطرب تحت الحمل الحراري الطبيعي في حالة انتقالية، للحصول على أفضل نهج لسلوك السوائل المتدفقة في حالة ثلاث أبعاد، لجئوا إلى برنامج المحاكاة "Fluent"، مع أبعاد الهيكل الذي اعتبروه مطابق لتلك الواردة في نموذج "Manzanares"، أخذت التغطية الخارجية مائلة قليلا، ويتألف نظام التخزين من خزان مغطى بمادة بلاستيكية تحتل كامل السطح الداخلي للمجمع.

الغرض من دراستهم هو تحديد المنطقة التي تصل فيها السرعة ذروتها، و تأثير نظام التخزين اشتغال المحطة، و بالتالي بدأوا أولا بإجراء دراسة طاوقية مما سمحت بتحليل الامتيازات الطاوقية للمحطة وفقا لمعايير معينة إما بدنية أو هندسية مثل الأشعة الشمسية، درجة الحرارة ارتفاع البرج، و ثانيا قاموا بدراسة حركية الحرارة بإجراء محاكاة للمحطة، لمراقبة تدفق السوائل من خلال الهيكل وتحديد الموقع الصحيح للتريينات.

[21] تم القيام في هذا العمل بدراسة عددية لانتقال الحرارة بواسطة الحمل الطبيعي داخل برج شمسي، المائع المحمول هو الماء ($Pr=0,702$) الذي يعتبر نيوتوني غير قابل للانضغاط يتدفق بصفة رقائقية، المعادلات المتحكمة في هذا السريان تأخذ بصيغ التدويم-دوال التيارات في جملة للإحداثيات، باستعمال تقريب بوسنسك بالنسبة لشروط التسخين، حيث افترضوا درجات حرارة ثابتة لجدران مجمع البرج (T_c بالنسبة للأرض و T_f بالنسبة لسقف المجمع حيث $T_f < T_c$) ولحل هذه المعادلة استعملوا طريقة الحجوم المنتهية، فحسوا تأثير هندسة النظام على ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي داخل البرج.

[22] في هذه الدراسة تم الاهتمام بتكييف الهواء عن طريق الطاقة الجوفية للأرض و هي تقنية غير مستغلة في بلادنا رغم الإمكانيات المتوفرة بحيث يمكن التقليل من استهلاك الطاقة المخصصة لتكييف المنازل دون تأثيرات سلبية، بالإضافة إلى نوعية الهواء الطبيعي المتحصل عليه، استعملوا في هذه الدراسة المبدل الحراري هواء-أرض، الذي يعتمد اعتمادا كليا على درجة الحرارة الثابتة للأرض، على بضع أمتار من سطحها طول السنة في تسخين أو تلطيف الهواء المار في أنابيب مغموسة تحت الأرض، حسب الفصل الشتوي أو الصيفي.

هدفهم من هذا العمل معرفة مدى فعالية المبدل الحراري أرض - هواء في المناطق ذات المناخ الحار، ولهذا وضعوا محاكاة عددية للمبدل الحراري، عبارة عن جريان الهواء المضطرب داخل أنبوب، و استعانوا ببرنامج (Fluent) للتحليل العددي ومعرفة تغيرات الحرارة داخل الأنبوب، والتبادل الحراري بين الأرض و الأنبوب، في البداية قاموا بإثبات مدى صحة النموذج للموضوع وذلك بمقارنة نتائج التحليل العددي المحصل عليها بواسطة هذا البرنامج بنتائج تجريبية، و ظهر توافق كبير بين النتيجتين.

[23] استعملوا في هذه الدراسة التحليل العددي للتدفق داخل مدخنة شمسية، قاموا بنمذجة التدفق بالحل العددي للمعادلات و الحفاظ على الكتلة، والطاقة، تطور السرعة مهم في وسط المدخنة له حد أقصى توصلوا إليه عند التقاطع.

أظهر التحليل أن زيادة ارتفاع المدخنة يزيد في إنتاج الطاقة، زيادة قطر المدخنة يسمح بزيادة تدفق الكتلة، لاحظوا أن أهم المتغيرات المادية لمدخنة شمسية هي الأبعاد التي تسمح لمعظم الاختلافات في مسار التدفق، الزيادة في ارتفاع و قطر المدخنة ينتج عنه زيادة في السرعة وانخفاض في درجة حرارة التدفق، مكن النموذج الذي طُوّر من تحديد مجالات السرعات ودرجة الحرارة داخل المدخنة الشمسية اعتمادا على أبعادها، فالنموذج المُطوّر هو أداة مفيدة لتصميم وتشغيل المداخل الشمسية.

[24] قاموا في هذه الأطروحة بتطوير نماذج جديدة من أجل تقييم أداء محطات الطاقة الشمسية مع أجهزة الاستقبال المركزية، سواء أبراج مركزية أو مراكز شعاع أسفل "beam-down"، بدعوا بتقدير الطاقة الحرارية التي جمعوها من قبل هذه المراقق، قاموا أولاً ببناء خوارزمية "مونت كارلو" لتقدير متوسط الطاقة الحرارية السنوية التي جمعوها من مصنع لمدة تشغيله، استعملوا طريقة مونت كارلو للوظائف غير خطية، توصلوا إلى أنه أصبح من الممكن تقدير أداء محطة للطاقة الشمسية من خلال الطاقة المنتجة، وطبقوا هذه الطريقة على تقنيتين:

الإنتاج بواسطة الدينامكية الحرارية سلسلة رانكين "Rankine"، لتشكيل أداة التصميم الأمثل لمحطة استقبال الطاقة الشمسية المركزية. كما قاموا بتنفيذ هذه الأداة لتقييم إمكانات "Beam down" محطات توليد الكهرباء مقارنة مع محطات توليد الطاقة التقليدية، لتقليد طريقة "مونت كارلو" بالمقارنة مع حجم الهيليوستات قاموا بتنفيذ خوارزمية مونت كارلو.

[25] يمثل عمل تجريبي لنموذج المدخنة الشمسية حيث تم وضعه على مستوى الكلية، في الثلاث أيام من العشرية الأخيرة من شهر ماي 2014، خلال هذه التجربة اعتمدوا على ثلاث متغيرات (فتحة واحدة للجامع، اثنان، ثم أربع فتحات)، حيث أنجزوا عدة قياسات ثم قاموا بتسجيل القيم العظمى لكل من سرعة التدفق داخل المدخنة، الحرارة، الإشعاع في فترة الظهيرة بدلالة المتغيرات (فتحة واحدة للجامع، اثنان، ثم أربع فتحات)، وكانت سرعة التدفق متغيرة ما بين 1,83 و 0,86 م/ثا، وذلك بالنسبة للحرارة عند مدخل الجامع كانت ما بين 65,3° و 45,7° وهذا ما بيّن لهم أن عملية الفتح تلعب دوراً هاماً، عند هذا المستوى من التحليل وجدوا أن تأثير الإشعاع على الحرارة وسرعة التدفق داخل المدخنة أكيد.

[26] العمل في هذه الأطروحة يتعلق بالدراسة العددية لانتقال الحرارة بواسطة الحمل الطبيعي، داخل نظام للتسخين القطري بالطاقة الشمسية (برج شمسي)، أجريت عمليتي

محاكاة مختلفة، قاموا بحل المعادلات المتحكممة رقمياً ثنائي الأبعاد مستخدمين برنامج رقمي خاص، المائع المحمول هو الهواء ($Pr=0,702$) الذي اعتبروه نيوتوني غير قابل للانضغاط، يتدفق بصفة رقائقية، المعادلات المتحكممة في هذا السريان تُأخذ بصيغ: التدويم-دوال التيارات في جملة للإحداثيات القطعية، باستعمال تقريب "بوسنسك"، بالنسبة لشروط التسخين بحيث افترضوا درجات حرارة ثابتة لجدران البرج T_c بالنسبة للأرض، T_f بالنسبة لسقف المجمع، حيث: $T_c > T_f$ لحل هذه المعادلات استعملوا طريقة الحجوم المنتهية، ثم قاموا بفحص تأثير هندسة النظام على ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي داخل البرج.

[27] قاموا في هذه الدراسة بنقل الحرارة عن طريق الحمل الحراري الطبيعي لمائع ذي خاصية هواء ($Pr=0,71$)، داخل نموذج سكني على شكل متوازي السطوح، ذو مقطع مربع في حالات أربع هي:

الحالة الأولى: قاموا بتسخين النصف العلوي للوجه الجنوبي للنموذج، وبردوا نصف جداره السفلي الأيمن مع عزل بقية الجدران، ولقد اختاروا هذه الوضعية لمحاكاة وجود نافذة عند الجدار الجنوبي، حيث يتعرض للإشعاع الشمسي الدائم و الأعظمي خلال السنة.

الحالة الثانية: قاموا بتسخين النصف السفلي للوجه الجنوبي للنموذج، وبردوا نصف جداره السفلي الأيمن مع عزل بقية الجدران، وقد اختاروا هذه الوضعية لمحاكاة وجود مدفأة تحت النافذة عند الجدار الجنوبي.

الحالة الثالثة: سلطوا تدفق حراري ثابت، عوض عن التسخين عند درجة حرارة ثابتة للحالة الأولى.

الحالة الرابعة: سخّنوا النصف العلوي للوجه الجنوبي للنموذج نبضياً، وبردوا نصف جداره السفلي الأيمن مع عزل بقية الجدران، ولقد اختيرت هذه الوضعية لمحاكاة تغير درجة الحرارة بفعل الغيوم المارة في السماء بشكل دوري.

الهدف من عملهم هذا هو البحث عن الراحة الحرارية في المنزل، عن طريق تحديد مع المميّزة لتسخين الهواء المتحرك عن طريق الحمل الحراري الطبيعي.

[28] تم العمل في هذه الأطروحة، على دراسة النمذجة العددية للتدفقات المفتوحة للحمل الحراري داخل قناة عمودية ساخنة غير متماثلة مع تدفق مستمر، خصوصية هذا النوع من التدفق في حقيقة أن المحرك للحركة يقع داخل التدفق، مما يجعل من الصعب نمذجة الواجهات، وبالتالي يجب معرفة الشروط الحدية الواجب تطبيقها على الحدود المفتوحة للنطاق الحسابي، لذلك اقترحوا طريقتين لنمذجة هذا النوع من التدفق: الطريقة الأولى: قاموا بتضمين كلا من القناة العمودية وبيئتها الخارجية في مجال الحساب، وتدمج هذا الطريقة التفاعلات الخارجية بين (القنوات-البيئة) ويسمح لهم هذا بالحصول على وصف كامل للتدفق. الطريقة الثانية: قاموا بتحديد المجال الحسابي على الحدود الهندسية للقناة.

[29] طوّروا في هذه الدراسة عملية التهوية الاقتصادية والتبريد الطبيعي، وذلك ليحققوا أفضل استخدام للطاقة الشمسية، و لأبعاد كافية للمساكن المناخية البيولوجية بتكلفة منخفضة، حيث اعتبروا النموذج قطعة ذات بعد (1م×1م×1م) مجهزة بمدخنة شمسية بميل 45 درجة بالنسبة للأفق، للتنبؤ بأداء هذا النظام المقترح، ثم قدموا تأثير درجة الحرارة عند مدخل الغرفة على معدل تجديد الهواء لديهم على غرار التدفقات المختلفة، الناتجة بواسطة برنامج الحساب "Fluent"، قاموا بحل معادلات انحفاظ الكتلة والاستمرارية ومعادلات الطاقة بطريقة الحجم المنتهية، تحققوا من النتائج من خلال البيانات التي استخرجوها من الكتب و المصادر، ويركز عملهم على مفاهيم الحمل الحراري الطبيعي بسبب النقل الحراري للحرارة، التي اكتسبت أهمية خاصة في السنوات الأخيرة بسبب ارتفاع تكلفة الطاقة.

[30] تتمثل هذه الأطروحة في محاولة تحليل أداء محطات بما يسمى بالمداخن الشمسية لتوليد الطاقة من خلال تطوير نماذج رياضية مختلفة معقدة و أخرى أكثر تعقيدا.

الدراسة التحليلية للنتائج المحصل عليها من خلال دراستهم و المقارنة بين النماذج النظرية المختلفة مكنهم التنبؤ على نحو أفضل بأداء هذه المحطات كما سمح لهم بدراسة الخصائص الطاقوية للنظام، مردوديتها والاستطاعة المنتجة، أيضا بدراسة تأثير بعض العوامل الهندسية و الفيزيائية كارتفاع مدخنة و الإشعاع الشمسي على الأداء الطاقوي و الديناميكي لما يسمى بالمداخن الشمسية.

الفصل الثاني :

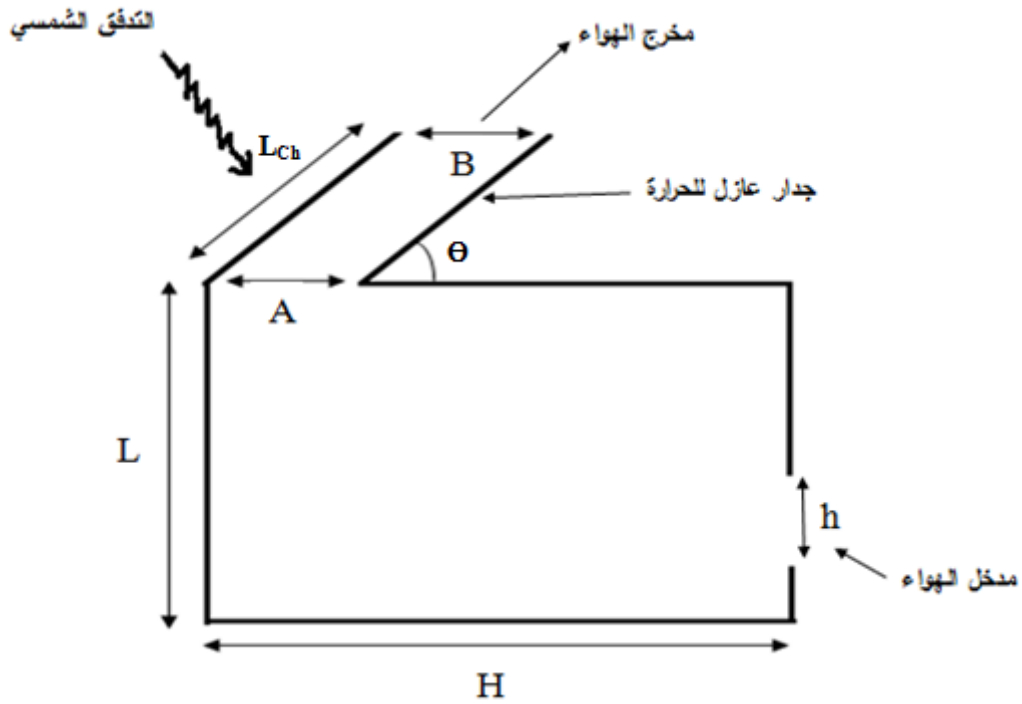
النمذجة الرياضية و الفيزيائية

1.2 مقدمة:

في هذا الفصل نقوم بصياغة المعادلات الفيزيائية مع الوصف الهندسي و كذلك المعادلات التفاضلية (الاستمرارية، الحركة والطاقة)، وتقدّم المعادلات لدينا في نظام الإحداثيات الديكارتية.

2.2 وصف النموذج الفيزيائي:

نقوم بدراسة انتقال الحرارة بواسطة الحمل الحراري الطبيعي للهواء داخل حيز يتمثل في غرفة سكنية (مسكن) المبينة في الشكل (2.1).



الشكل (2.1): يوضح غرفة سكنية ذات مدخنة شمسية مائلة.

حيث تعتبر الجدران الخارجية متساوية الحرارة وتحافظ على درجة الحرارة T_f و تعتبر الأرضية T_{sol} أيضا جدار متساوي الحرارة عند درجة حرارة ثابتة T_c ، مع $T_f < T_c$.

3.2 النمذجة الرياضية:

المعادلات للنموذج الرياضي يتم التعبير عنها في البداية في شكلها الشعاعي ثم يتم كتابتها في الإحداثيات الديكارتية مع أخذ بعين الاعتبار الفرضيات التبسيطية.

1.3.2 الصياغة الشعاعية:

➤ معادلة الاستمرارية:

المعادلة التي تعبر عن قانون انحفاظ المادة هي كالتالي :

$$(2.1) \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \cdot \vec{v}) = 0$$

حيث v مركبات سرعة المائع.

➤ معادلة الحركة:

مبدأ انحفاظ كمية الحركة يسمح بكتابة معادلة الحركة بالشكل التالي:

$$(2.2) \quad \rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}})v \right) = -\nabla p + \rho \vec{g} + \mu \Delta \vec{k}$$

g : تسارع الجاذبية.

k : مصفوفة الإجهادات.

➤ معادلة الطاقة:

يتم الحصول على معادلة انحفاظ الطاقة من المبدأ الأول للديناميكا الحرارية:

$$(2.3) \quad \frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \overrightarrow{\text{grad}})T = \frac{\lambda}{\rho C_p} \nabla^2 T$$

حيث:

T : درجة حرارة المائع.

λ : الموصلية الحرارية للمائع.

C_p : السعة الحرارية الكتلية عند ضغط ثابت من المائع.

2.3.2 صياغة المعادلات العامة في الإحداثيات الديكارتية:

➤ معادلة الاستمرارية:

$$(2.4) \quad \frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \overrightarrow{\text{grad}}(\rho) \cdot \vec{v} = 0$$

➤ معادلة الحركة:

إسقاط المعادلة (2.2) على كلا المحورين (x) و (y) يعطينا المعادلتين التاليتين:

وفق المحور (ox) :

$$(2.5) \quad \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \rho g(x) + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$$

وفق المحور (oy) :

$$(2.6) \quad \rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho g(y) + \mu \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right)$$

➤ معادلة الطاقة :

$$(2.7) \quad \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\lambda}{\rho C_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right)$$

3.3.2 فرضيات التبسيط :

من أجل تبسيط النموذج الرياضي ، اخترنا بعض الفرضيات وهي كالتالي :

➤ المائع (الهواء) نيوتوني وغير قابل للضغط.

➤ نعرّف بأن التدفق ثنائي الأبعاد، دائم و صفحي.

➤ نعتبر تبديد اللزوجة وعمل قوى الضغط مهملان في معادلة الحرارة.

➤ كثافة المائع في حالة القوى الحجمية تتغير خطيا مع درجة الحرارة T وفقا لتقريب

بوسينسك.

يعطى تقريب بوسينسك على الشكل التالي :

$$\rho(T) = \rho_0[1 - \beta_T(T - T_0)]$$

➤ الخصائص الفيزيائية للموائع في المعادلات الأخرى ثابتة وتحدد بدرجة الحرارة المرجعية T_0

حيث :

ρ : الكتلة الحجمية للمائع.

β_T : معامل التمدد الحراري في ضغط ثابت.

T_0 : درجة الحرارة المرجعية.

ρ_0 : الكتلة الحجمية عند T_0 .

4.3.2 تبسيط المعادلات في الإحداثيات الديكارتية:

باستعمال فرضيات التبسيط، تصبح المعادلات (2.4)، (2.5)، (2.6) و (2.7) على النحو التالي:

➤ معادلة الاستمرارية:

$$(2.8) \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

➤ معادلة الحركة:

وفق المحور (Ox) :

$$(2.9) \quad \rho(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y}) = - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2})$$

وفق المحور (Oy) :

$$(2.10) \quad \rho(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y}) = - \frac{\partial p}{\partial y} + \rho g(y) + \mu(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2})$$

➤ معادلة الطاقة:

(2.11)

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\lambda}{\rho C_P} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right)$$

4.2 المعادلات اللابعدية:

حتى يتسنى لنا إظهار الأعداد اللابعدية في المعادلات السابقة، نجعل معادلات نموذجنا الرياضي بلا أبعاد من خلال تجميع المعاملات و اختيار المعايير المرجعية، حيث البعدا يمثل طول جامع تم اختياره كطول مرجعي. القيم اللابعدية المختلفة تعطى بالعبارات التالية:

$$x^+ = \frac{x}{L}; \quad u^+ = \frac{u}{\left(\frac{a}{L}\right)}; \quad P^+ = \frac{P}{\rho u_0^2};$$

$$y^+ = \frac{y}{L}; \quad v^+ = \frac{v}{\left(\frac{a}{L}\right)}; \quad T^+ = \frac{T - T_f}{T_c - T_f};$$

تنتج الأعداد التالية بلا أبعاد:

$$P_r = \frac{\nu}{a}; \quad \text{عدد براندتل (Prandtl):}$$

$$G_r = \frac{g \beta_t L^3 \Delta T}{\nu^2}; \quad \text{عدد كراشوف (Grashof):}$$

$$R_a = G_r \cdot P_r; \quad \text{عدد رايلي (Rayleigh):}$$

➤ معادلة الاستمرارية:

(2.12)

$$\frac{\partial u^+}{\partial x^+} + \frac{\partial v^+}{\partial y^+} = 0$$

➤ معادلة كمية الحركة:

على المحور (OX):

$$(2.13) \quad u^+ \frac{\partial u^+}{\partial x^+} + v^+ \frac{\partial u^+}{\partial y^+} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P^+}{\partial x^+} + Pr \left(\frac{\partial^2 u^+}{\partial x^{+2}} + \frac{\partial^2 u^+}{\partial y^{+2}} \right)$$

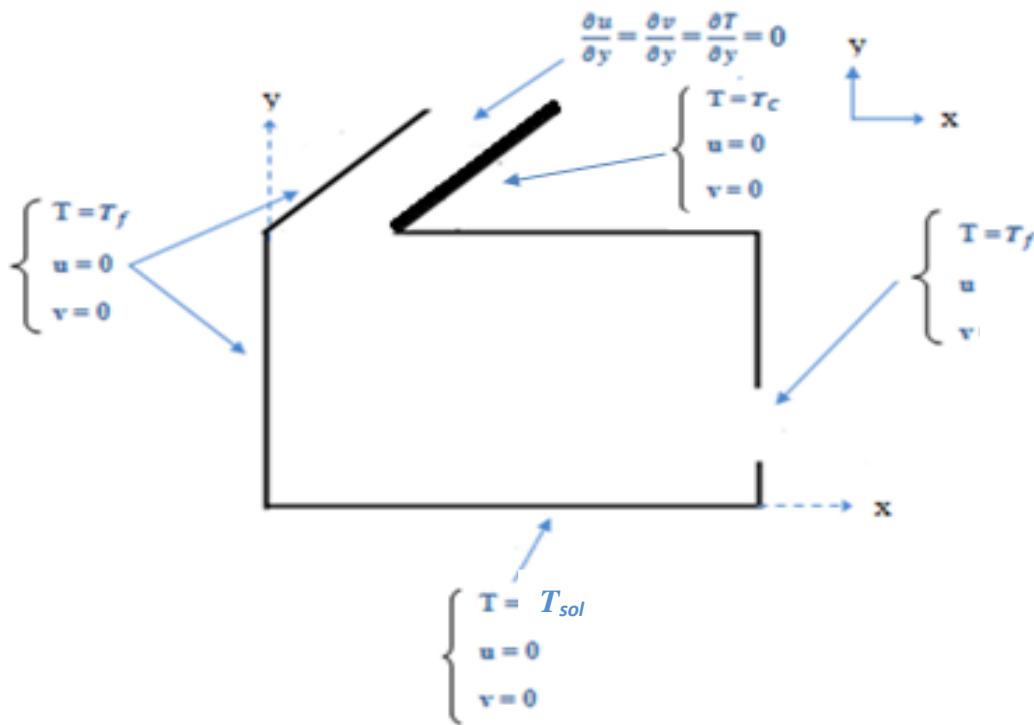
على المحور (oy):

$$(2.14) \quad u^+ \frac{\partial v^+}{\partial x^+} + v^+ \frac{\partial v^+}{\partial y^+} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P^+}{\partial y^+} + Pr \left(\frac{\partial^2 v^+}{\partial x^{+2}} + \frac{\partial^2 v^+}{\partial y^{+2}} \right) + Ra \cdot Pr \cdot T^+$$

➤ معادلة الطاقة:

$$(2.15) \quad u^+ \frac{\partial T^+}{\partial x^+} + v^+ \frac{\partial T^+}{\partial y^+} = a \left(\frac{\partial^2 T^+}{\partial x^{+2}} + \frac{\partial^2 T^+}{\partial y^{+2}} \right)$$

5.2 الشروط الحدية :



الشكل (2.2): النموذج الفيزيائي مع الشروط الحدية.

الشروط الحدية عند مدخل الهواء:

$$T = T_f, u, v$$

الشروط الحدية عند مخرج الهواء:

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial T}{\partial y} = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة للأرضية:

$$T = T_{sol}, u = 0, v = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة للسطح الماص للحرارة:

$$T = T_c, u = 0, v = 0$$

الشروط الحدية بالنسبة للزجاج وللسطوح الثابتة الحرارة:

$$T = T_f, u = 0, v = 0$$

الفصل الثالث:

المحاكاة العددية

1.3 مقدمة :

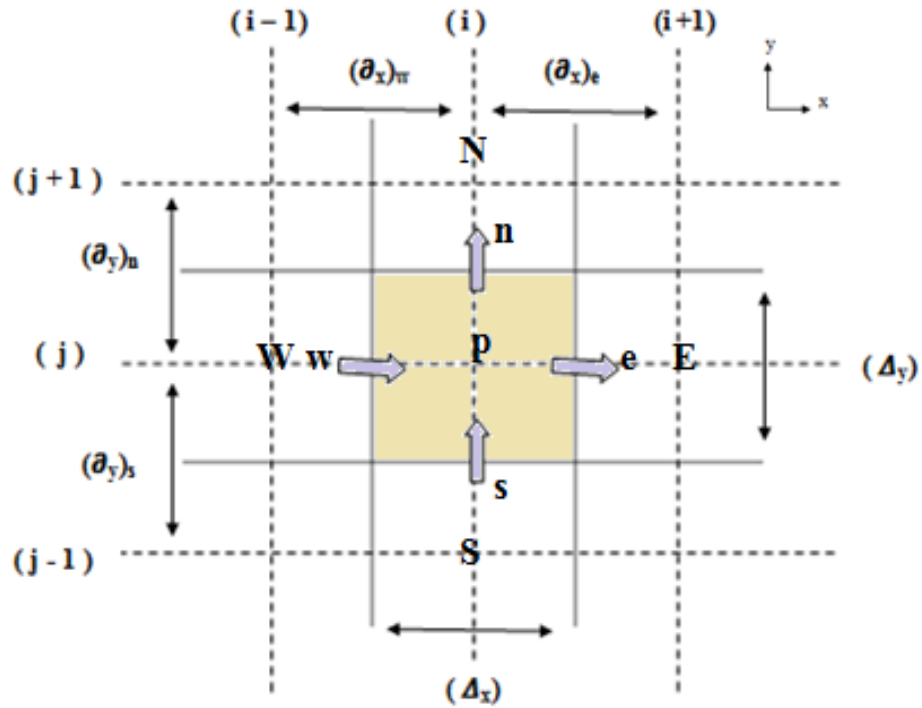
لدراسة الظواهر الموجودة في المباني يستوجب دراسة النّقل الحراري و كذلك حركة الهواء، وغالبا ما تكون المعادلات في مثل هذه الحسابات معقدة و يتعدّر حلها تحليليا. لهذا نلجأ إلى استعمال المحاكاة العددية كحل تقريبي باستخدام أحد البرامج المتاحة و من أشهر هذه البرنامج المستعملة في تطبيقات الموائع و حركتها برنامج الفلوينت (FLUENT)، حيث نعالج المعادلات الرياضية التي تحكم ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي بطريقة الحجم المنتهية.

2.3 طريقة الحجم المنتهية :

طريقة الحجم المنتهية هي تقنية تقوم بتحويل معادلات الإنحفاظ للمشتقات الجزئية إلى معادلات جبرية يمكن حلها عدديا، هذه الطريقة تتكيف بشكل خاص مع التقسيم المكاني لقوانين الإنحفاظ على عكس العناصر المنتهية وكذلك مستخدمة جدا في ميكانيكا الموائع، تستند العديد برامج المحاكاة العددية في ميكانيكا الموائع على طريقة الحجم المنتهية.

1.2.3 مبدأ عمل طريقة الحجم المنتهية :

ترتكز طريقة الحجم المنتهية على شبكة من الحجم تحدّد داخل المجال الحسابي تسمى الحجم المنتهية، كل حجم محاط بحجوم مجاورة حيث نقوم بعملية تكامل معادلات المشتقات الجزئية على الحجم العنصرية، حيث يترتب على ذلك انتقال الكميات المحفوظة من حجم إلى آخر حتى يتم تغطية جميع الحجم العنصرية و بذلك مجال الحساب بأكمله.



الشكل (3.1): يوضح طريقة الحجم المنتهية.

تمر طريقة الحجم المنتهية بمرحلتين أساسيتين:

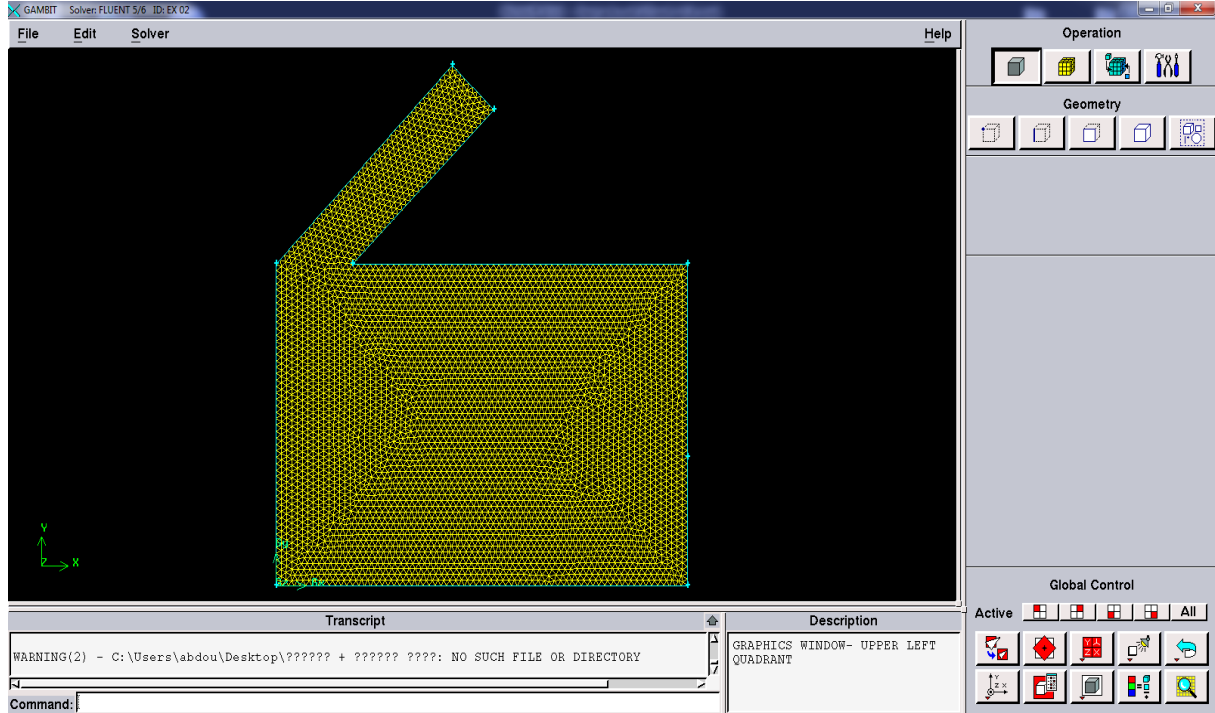
تجزئة مجال المحاكاة: في هذه المرحلة يتم تقسيم مجال المحاكاة إلى عدد كبير ومنته من
الحجوم العنصرية،

مكاملة المعادلات: تتم مكاملة المعادلات في كل حجم من هذه الحجوم العنصرية.

3.3 إنشاء الشكل الهندسي باستعمال برنامج الغامبيت :

باستعمال برنامج الغامبيت و هو متكامل مع برنامج Fluent نقوم برسم الشكل الهندسي
المجال قيد الدراسة وتقسيمه إلى حجوم صغيرة جدا و منتهية، هذه التقسيمات تسمى
بالشبكة (Maillage) كما نقوم بتحديد وظيفة كل سطح في الشكل (سطح مشع للحرارة،

مدخل للمائع...الخ) ثم يُصدَّر النموذج في ملف نهائي ليتم استعماله في برنامج الفلويونت.



الشكل(3.2): إنشاء شبكة التقسيمات المجال الهندسي (maillage).

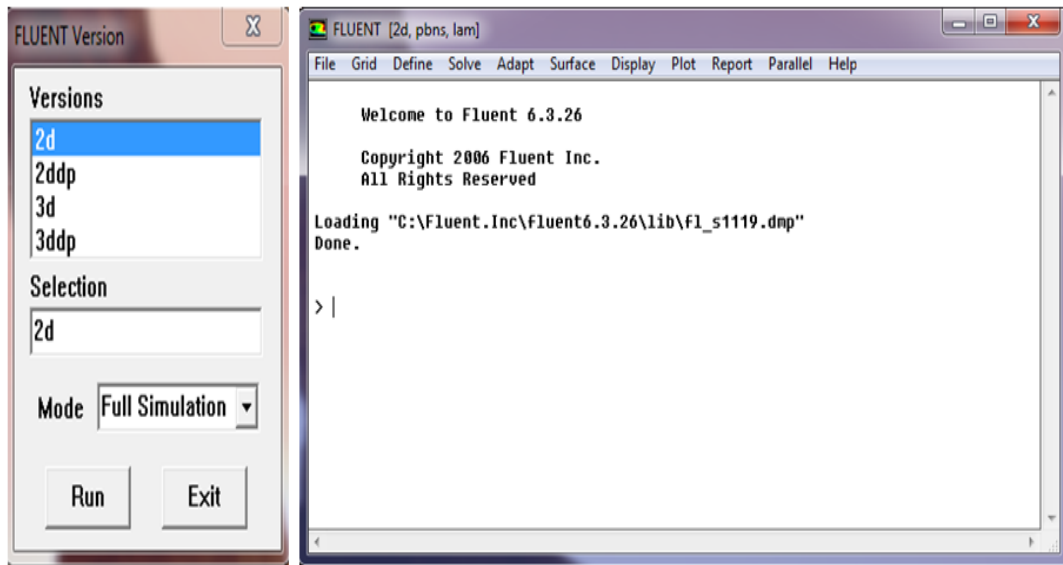
4.3 تعريف برنامج الفلويونت:

هو برنامج لعمل محاكاة حركة الموائع حول أشكال مختلفة، باستخدام تقنيات ديناميكا الموائع التحسينية (CFD) حيث يتوفر على ميزات لنمذجة الظواهر الفيزيائية مثل إيجاد توزيع الضغط و السرعة و درجة الحرارة يمكنه حل الأنظمة الثنائية و الثلاثية الأبعاد يستخدم الفلويونت طريقة الحجم المنتهية، حيث يقوم البرنامج بتقسيم المجال إلى عدد كبير من الأجسام لتتحول المعادلات التفاضلية إلى معادلات جبرية يسهل حلها بالطرق الحاسوبية عن طريق عدد كبير من التكرار، يُستخدم برنامج الفلويونت في عدة مجالات (تصميم الأجسام الخارجية للسيارات، الفضاء و الطائرات، التطبيقات الحرارية للإلكترونيات، كما يستعمل بشكل كبير في تدفق الموائع.

5.3 خطوات العمل على برنامج الفلوينت:

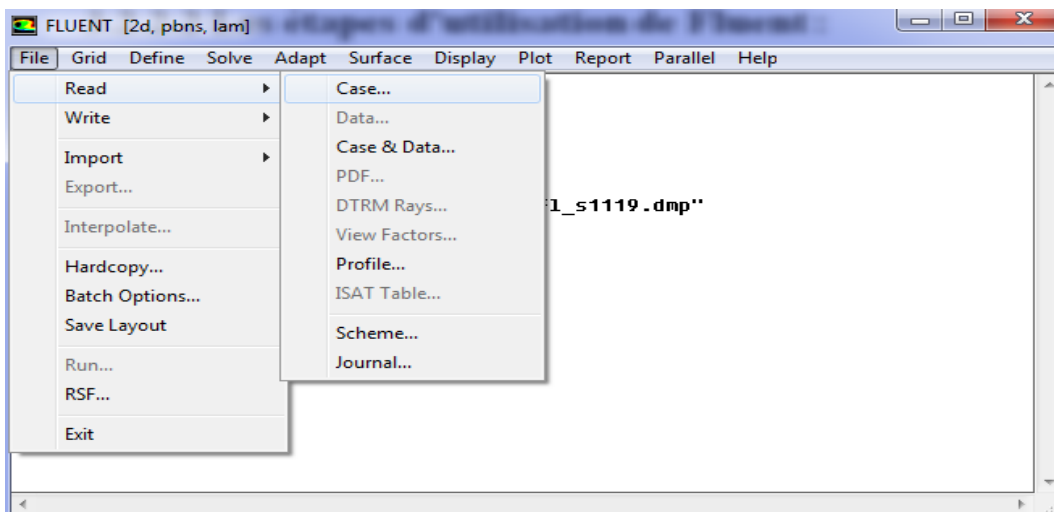
الخطوة 01: تتم هذه الخطوة في برنامج الغامبيت، يتم رسم و تجهيز النموذج، و تقسيم الحيز الهندسي إلى حجوم صغيرة بالإضافة إلى تحديد وظيفة كل سطح (سطح ماص للحرارة، مدخل المائع، مخرج المائع) ثم تصدير النموذج في ملف نهائي.

الخطوة 02: تشغيل برنامج الفلوينت.



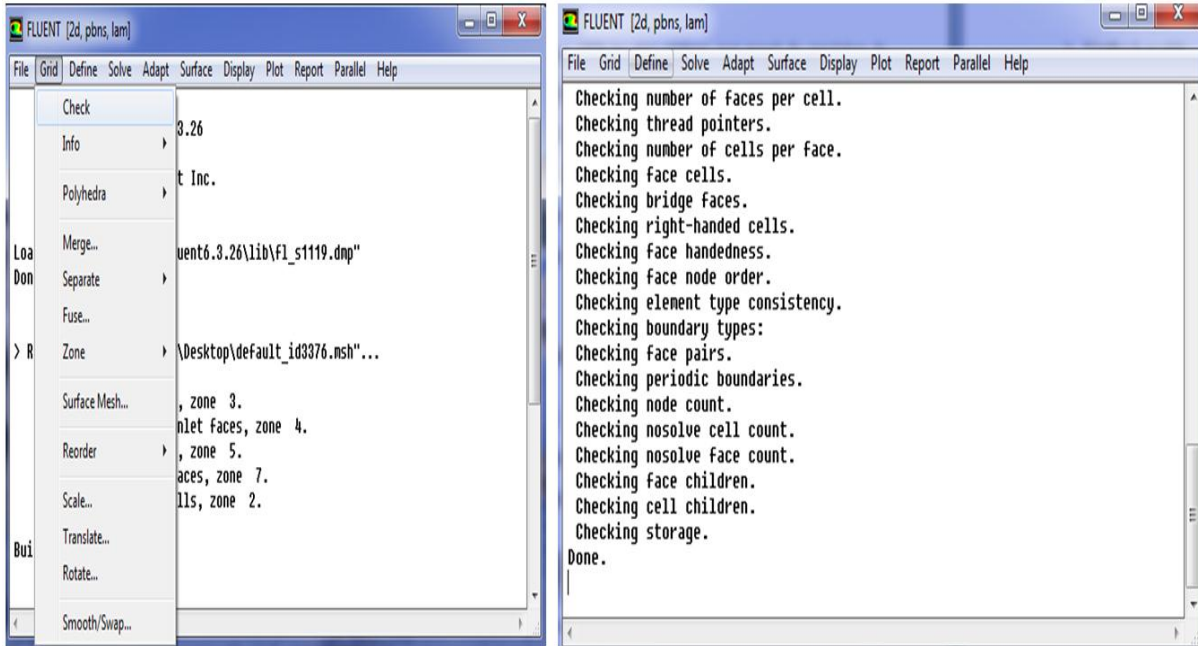
الشكل (3.3): الواجهة الأساسية لبرنامج الفلوينت.

الخطوة 03: فتح الملف المصدر من برنامج الغامبيت



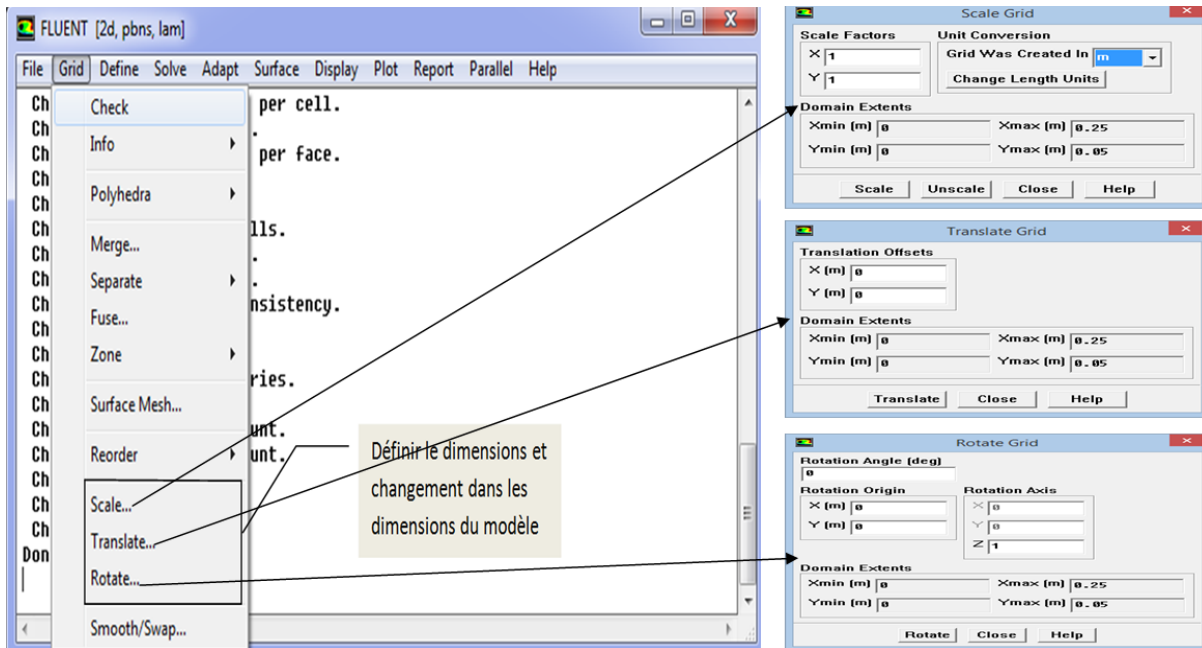
الشكل (3.4): فتح الملف بامتداد (.msh).

الخطوة 04: فحص الملف.



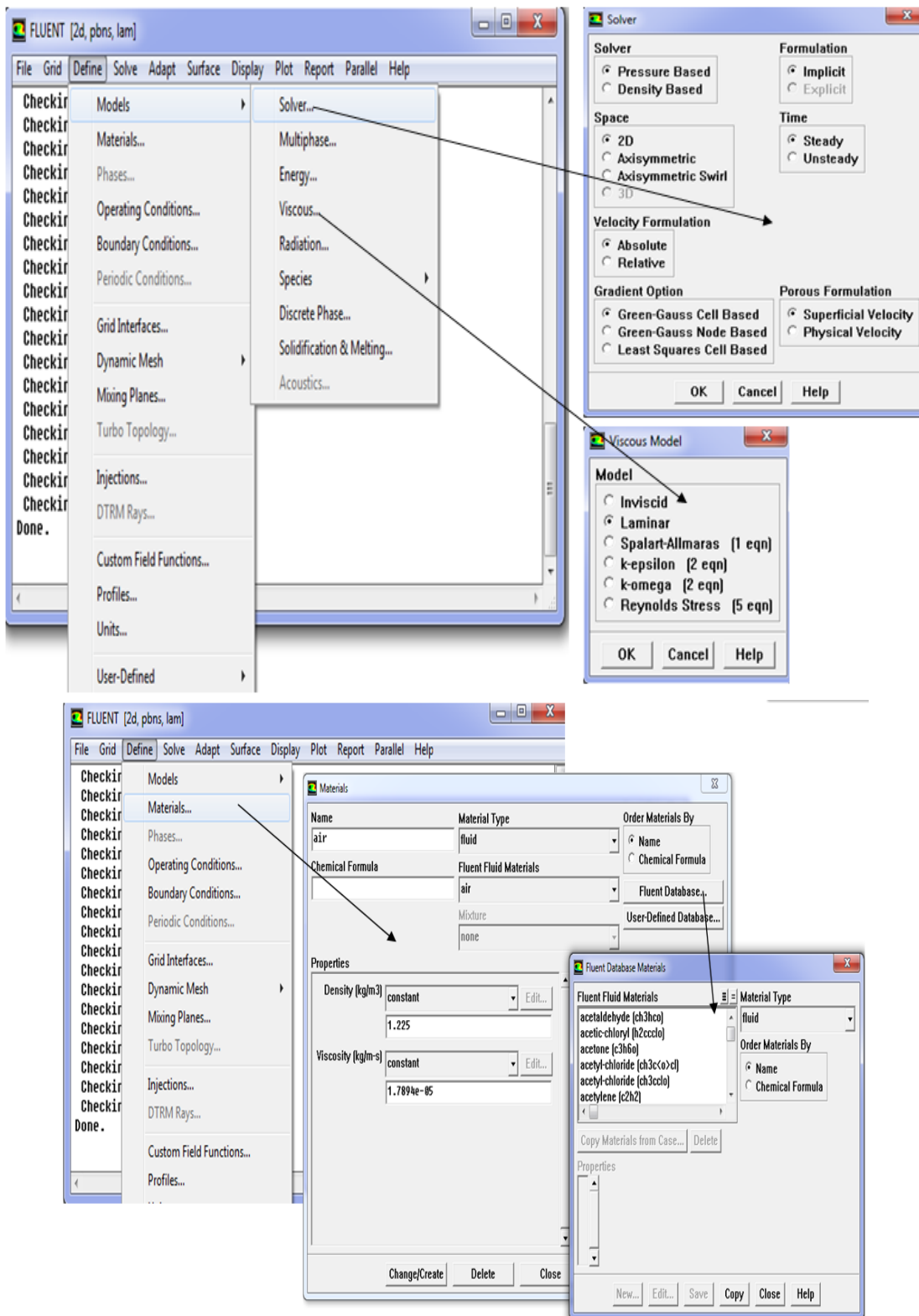
الشكل (3.5): فحص الشكل الهندسي و الشروط الحدية.

الخطوة 05: تحديد الأبعاد الخاصة بالنموذج.



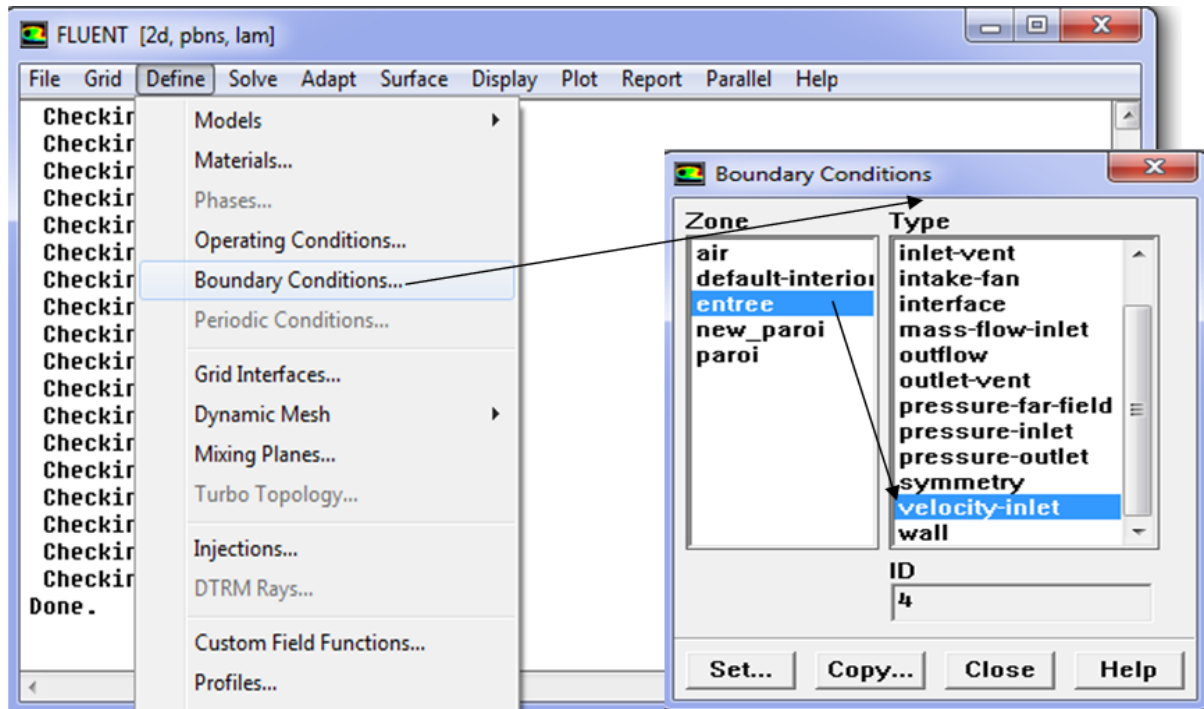
الشكل (3.6): أوامر خاصة بتحديد الأبعاد و التغيير في مقاسات النموذج.

الخطوة 06: تحديد المعادلات الحاكمة للنظام و الطريقة العامة للحل.



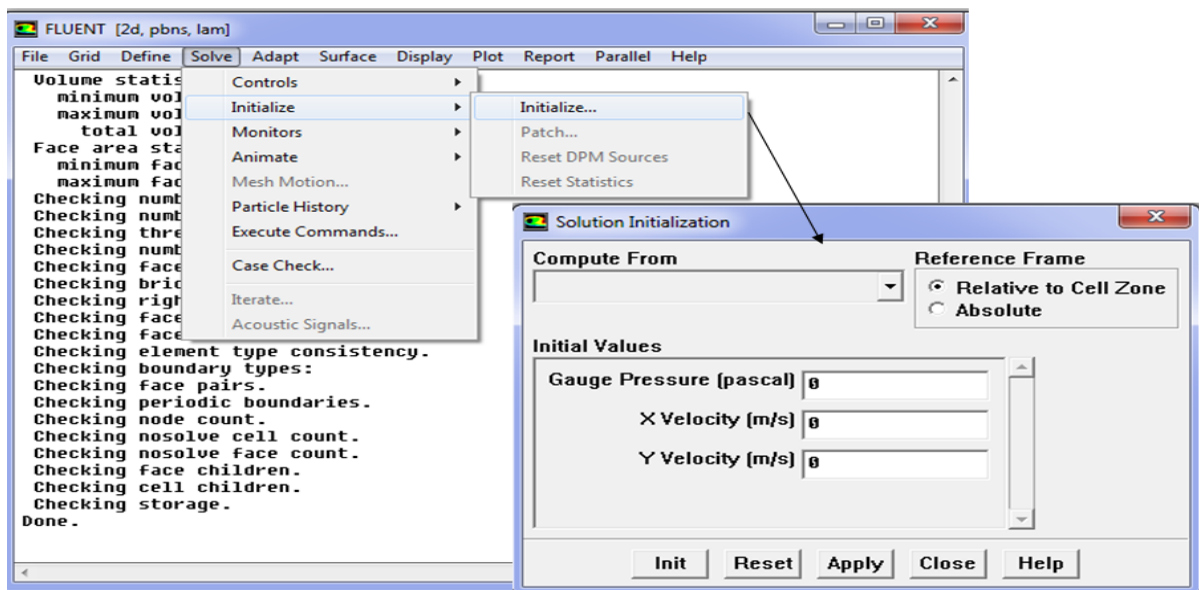
الشكل (3.7): تعريف بالنموذج الرياضي، تحديد نوع المادة (مائع أو صلب) و نوع التدفق.

الخطوة 07: تحديد الشروط الحدية (تحديد وظيفة كل سطح و خصائصه).



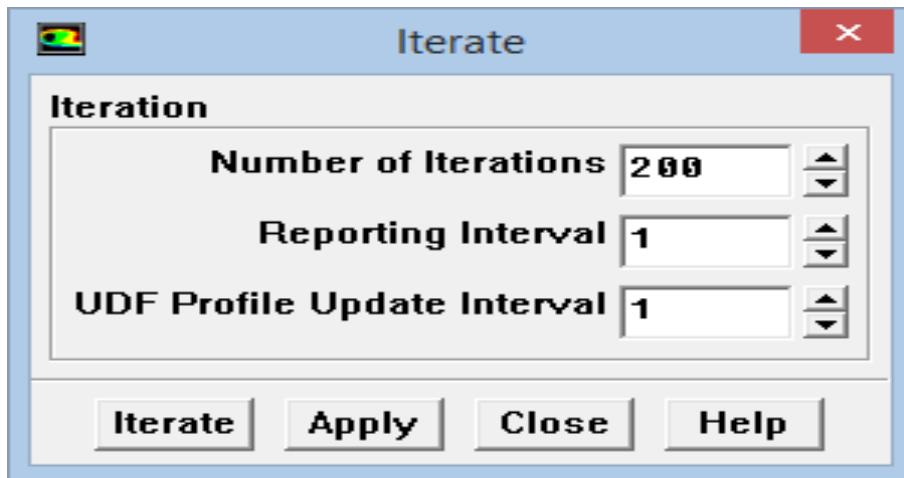
الشكل (3.8): تحديد الشروط الحدية.

الخطوة 08: تحديد من أين يبدأ البرنامج الحل.



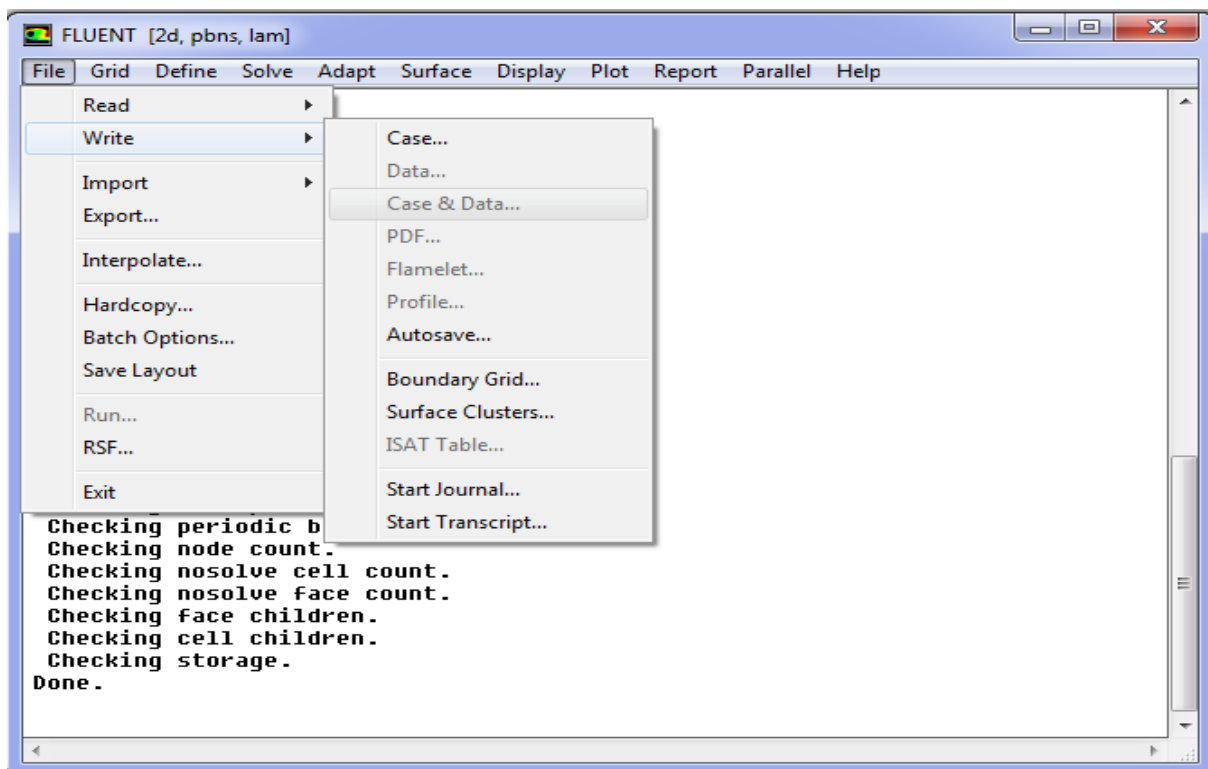
الشكل (3.9): تحديد القيمة الابتدائية ليبدأ بها البرنامج عملية التكرار.

الخطوة 09: الحساب والمعالجة.



الشكل (3.10): تحديد العدد المناسب لعملية التكرار و بداية الحساب.

الخطوة 10: حفظ النتائج.



الشكل (3.11): حفظ النتائج المحصل عليها من المحاكاة العددية.

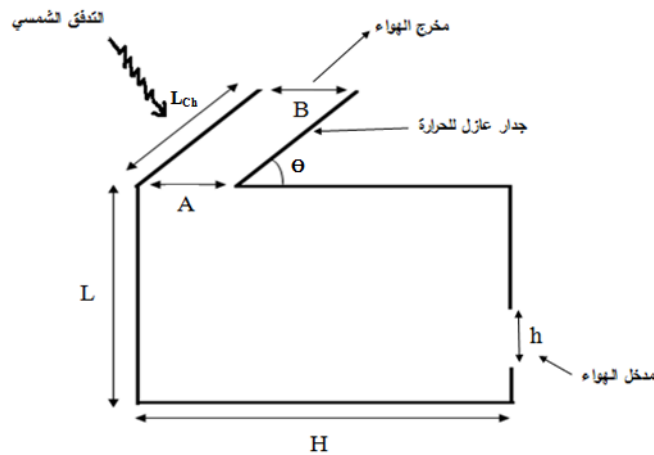
الفصل الرابع:
النتائج و المناقشة

1.4 مقدمة:

قبل البدء في الفصل الأخير من هذه الدراسة التي نستعرض فيها نتائج المحاكاة العددية، نتذكّر الهدف الذي حددناه في بداية هذا العمل، و المتمثل في استخدام واحدة من الطرق المستحدثة لتوفير الراحة الحرارية لشاغلي المباني و هي المدخنة الشمسية التي تعتمد على مبدأ الحمل الحراري الطبيعي المُعبّر عنه من خلال المعادلات التفاضلية الحاكمة له و ذلك بإجراء محاكاة عددية باستخدام برنامج فلوينت.

في هذا الفصل نقدّم نتائج المحاكاة ومناقشتها، بعد ما قمنا بإجراء هذه المحاكاة على الشكل الموضح سابقا و المتمثل في الحيز الهندسي $(3 \times 2) \text{m}^2$ به مدخنة شمسية بزاوية ميل $\theta = 45^\circ$ ، مزوّدة بسطح ماص للحرارة، و مدخل للهواء بسرعة ابتدائية $v = 0.1 \text{ m/s}$ ، و الفرق في درجة الحرارة بين أرضية المسكن و الجدران $\Delta T_{\text{sol}} = T_{\text{sol}} - T_f$ و هذه القيمة اعتبرناها ثابتة حيث درجة الحرارة الدنيا هي 25° و درجة حرارة الأرضية تقارب 37° أما

الفرق في درجة الحرارة بين السطح الماص للحرارة والجدران $\Delta T = T_{\text{Ch}} - T_f$



الشكل (4.1): الحيز الهندسي في شكل غرفة سكنية ذات مدخنة شمسية.

2.4 الخصائص الفيزيائية للمائع (الهواء) المستعمل في برنامج الفلوينت:

المائع	الناقلية الحرارية ($\text{w.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$)	اللزوجة الديناميكية ($\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$)	معامل التمدد الحراري (k^{-1})	السعة الحرارية ($\text{j.kg}^{-1}.\text{k}^{-1}$)
الهواء	0.0242	$1.7894 \cdot 10^{-05}$	0.0034	1006.43

3.4 نتائج المحاكاة:

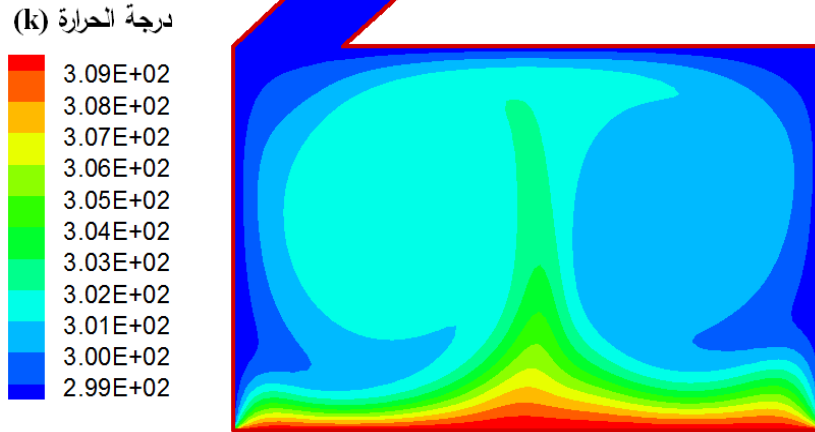
1.3.4 نتائج المحاكاة العددية بدون تأثير المدخنة الشمسية و بدون تهوية طبيعية:

النتائج المحصّل عليها مبينة في الأشكال (4.2)، (4.3) و (4.4) التي توضح خطوط متساوية درجة الحرارة (isothermes)، خطوط تيار الهواء و خطوط سرعة الهواء على التوالي.

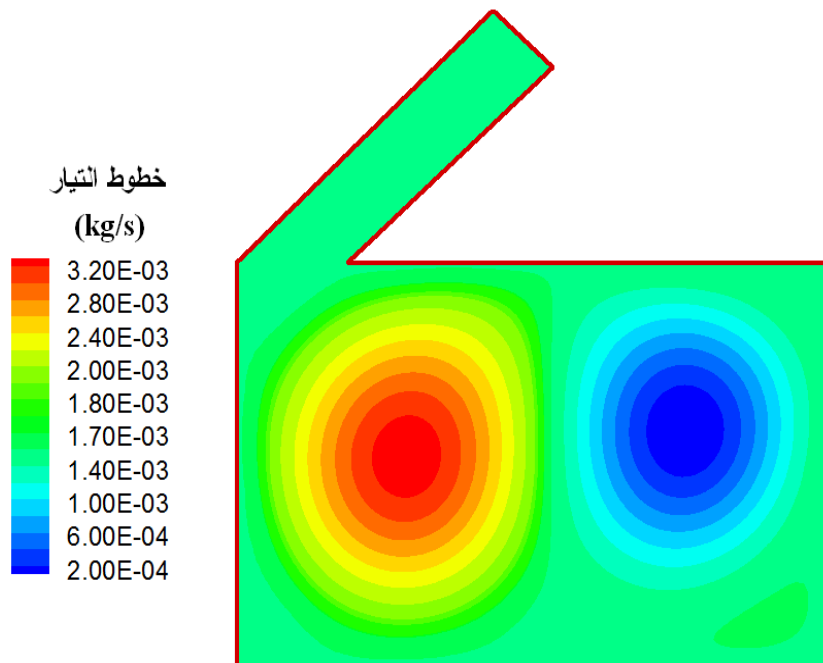
نلاحظ من خلال الشكل (4.2) توزيع درجات الحرارة داخل مسكن على شكل حيز، حيث نلاحظ أن درجة الحرارة بالقرب من أرضية المسكن أكبر مما هي عليه في الجزء العلوي من المسكن فالفرق في درجة الحرارة أنتج ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي، و هذا ما يفسر الشكل الغير منتظم لخطوط المتساوية الحرارة و التي تأخذ شكل قبة تنتقل من الجزء السفلي الساخن إلى الجزء البارد. هذا الفرق في درجة الحرارة و المقدر ب 12° تولد عنه تيارات حمل حراري طبيعي لكنه ضئيل وغير فعّال في عملية التهوية الطبيعية باعتبار عدم وجود تيارات هواء خارجية و عدم وجود تأثير المدخنة الشمسية.

من الشكلين (4.3) و (4.4) نلاحظ تشكل دوامتين تدوران في اتجاهين متعاكسين المعروفتين بعدم الاستقرار لرايلي بينارد (Rayleigh-Bénard) التي تعبر عن ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي، الدوامة الأولى كبيرة تقع في الجزء الساخن في الجهة اليسرى للمسكن تبلغ خطوط التيار الهوائي فيها $3.20 \cdot 10^{-3} \text{ (kg/s)}$ و الدوامة الثانية صغيرة تقع في الجزء البارد من الجهة اليمنى للمسكن، تقدر خطوط التيار الهوائي فيها ب $2.00 \cdot 10^{-4} \text{ (kg/s)}$.

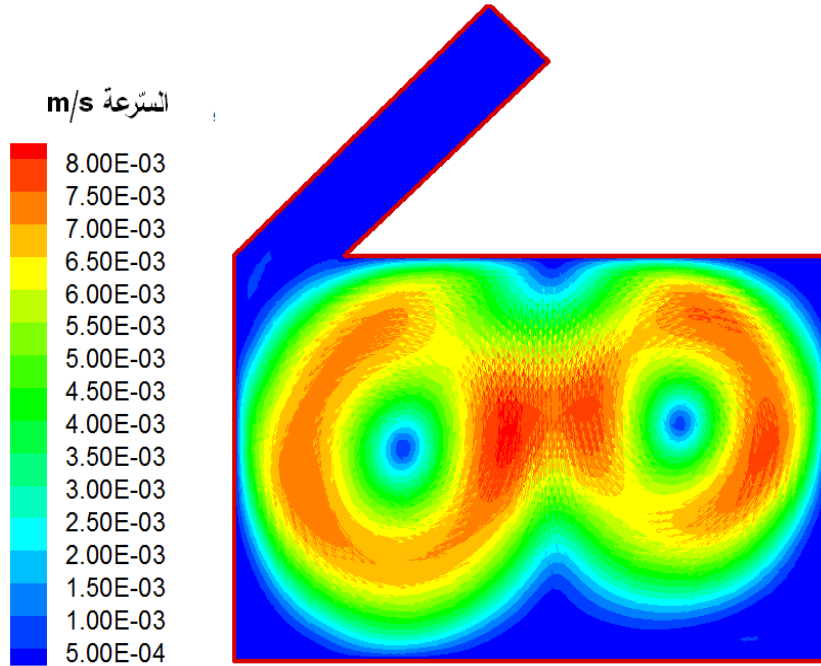
إن سرعة تدفق الهواء صغيرة جدا حيث نلاحظ أن أعلى قيمة لسرعة تدفق الهواء هي $8.00 \cdot 10^{-3} \text{ (m/s)}$ وأدنى سرعة له هي $5.00 \cdot 10^{-4} \text{ (m/s)}$ وهذه ميزة أساسية للحركة الناتجة عن الحمل الحراري الطبيعي الملاحظ و الذي يُعبر عنه عدد Rayleigh و الذي يتعلق بنقطين أساسيتين و هما الفارق في درجة الحرارة و حجم الحيز الذي يحدث فيه الحمل الحراري.



الشكل (4.2): خطوط متساوية درجات الحرارة.



الشكل (4.3): خطوط تيار الهواء.



الشكل (4.4): خطوط سرعة الهواء.

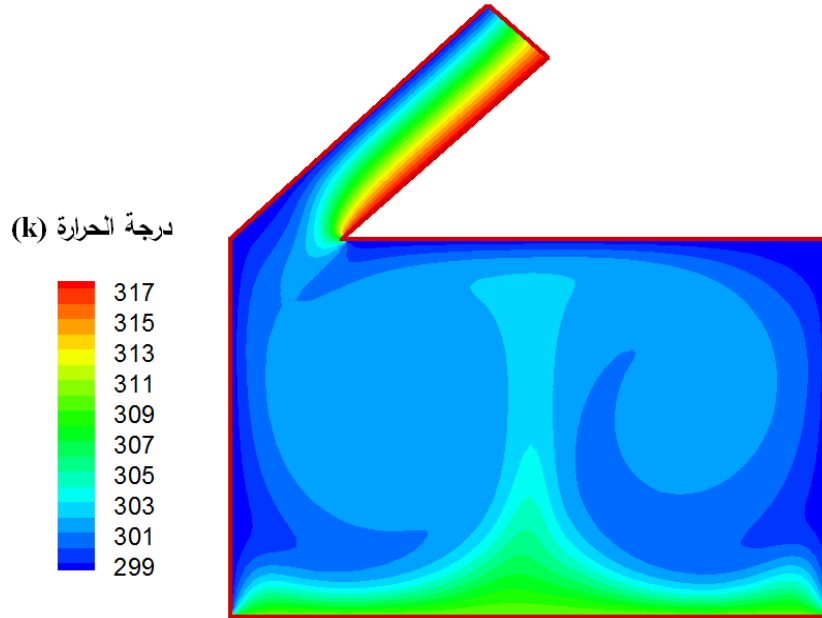
2.3.4 نتائج المحاكاة العددية مع تأثير المدخنة الشمسية و بدون تهوية طبيعية:

توضح الأشكال (4.5)، (4.6) و (4.7) خطوط متساوية درجة الحرارة (isothermes)، خطوط التيار الهوائي و خطوط سرعة الهواء على التوالي. من الشكل (4.5) نلاحظ أن توزيع درجة الحرارة محدود على شكل حيز حيث تكون على مستوى أرضية المسكن أكبر مما عليه في الجهة العلوية، كما نلاحظ تركز الحرارة على مستوى السطح الماص للمدخنة الشمسية .

من الشكلين (4.6) و (4.7) نلاحظ تشكل دوامتين أكبر نسبياً من الدوامتين السابقتين وتدوران في اتجاهين متعاكسين تدلان على زيادة في ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي، الأولى تتموضع في الجهة الساخنة يسار المسكن تبلغ خطوط التيار الهوائي فيها 3.40 (kg/s) و 10^{-3} و الدوامة الثانية أقل حجماً من الأولى تتموضع في الجهة الباردة على يمين المسكن تقدر خطوط التيار الهوائي فيها $2.00 \cdot 10^{-4} \text{ (kg/s)}$.

كما نلاحظ أن أقصى سرعة لتدفق الهواء تقدر بقيمة $9.50 \cdot 10^{-3} \text{ (m/s)}$ و أدنى قيمة لها تقدر ب $5.00 \cdot 10^{-4} \text{ (m/s)}$ حيث زادت نسبياً بقيمة $1.50 \cdot 10^{-3} \text{ (m/s)}$ و هي قيمة تبقى

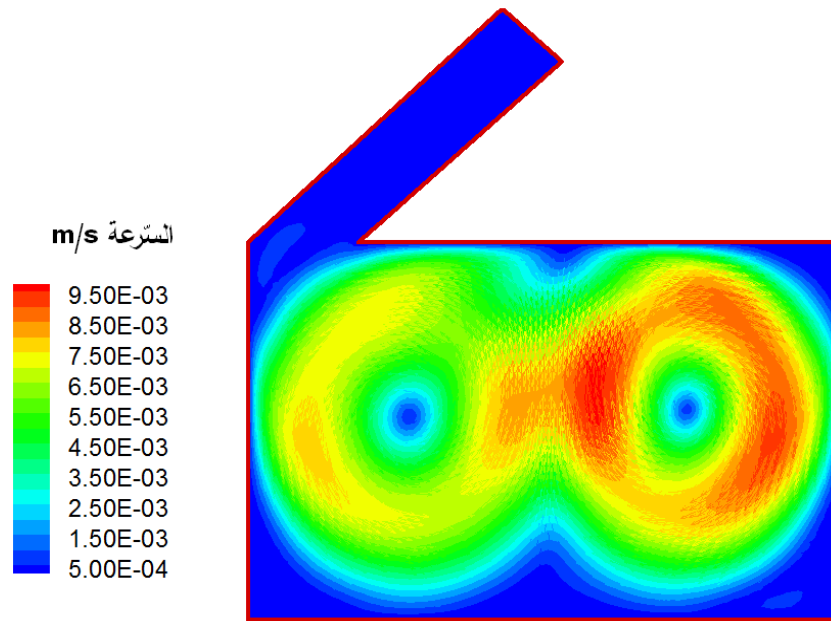
ضئيلة، ذلك لأن تيارات الحمل الطبيعي ضعيفة لم تكن كافية لحمل الهواء الساخن عبر المدخنة التي تأثيرها على التهوية الطبيعية يبقى غير فعال و هذا مع غياب تيارات الهواء الخارجية.



الشكل (4.5): خطوط متساوية درجات الحرارة.



الشكل (4.6): خطوط تيار الهواء.



الشكل (4.7): خطوط سرعة الهواء.

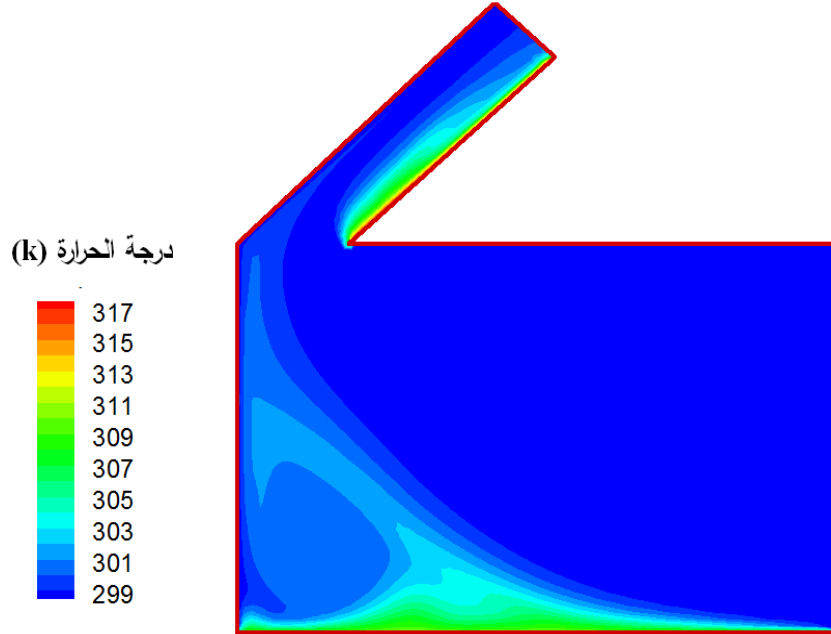
3.3.4 نتائج المحاكاة العددية مع تأثير المدخنة الشمسية و التهوية الطبيعية:

➤ الحالة الأولى: $\Delta T = 20\text{ C}^\circ$

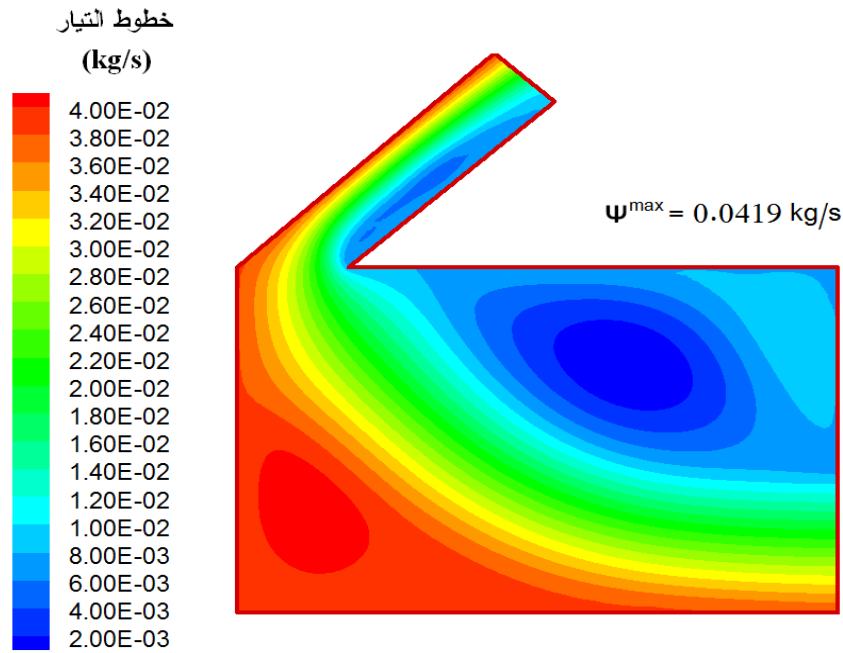
توضح الأشكال (4.8)، (4.9) و (4.10) خطوط متساوية درجة الحرارة، خطوط التيار الهوائي و خطوط سرعة الهواء على التوالي في حالة $\Delta T = 20\text{ C}^\circ$. من الشكل (4.7) نلاحظ انتقال محسوس للحرارة نحو السطح باتجاه المدخنة الشمسية، كما تتموضع الحرارة على السطح الماص للمدخنة الناتجة من أشعة الشمس الممتصة بواسطة الزجاج.

من الشكلين (4.8) و (4.9) وعند فرق درجة حرارة $\Delta T = 20\text{ C}^\circ$ وبوجود مدخل للهواء نلاحظ تشكل دوامتين تدوران في اتجاهين متعاكسين دليل عن ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي مع تأثير التهوية الخارجية، الدوامة الموجودة أعلى يمين المسكن أكبر حجماً من الدوامة المتموضعة أسفل اليسار، حيث خطوط التيار الهوائي تأخذ أقصى قيمة لها $\psi^{\max} = 4.19 \cdot 10^{-2} \text{ (kg/s)}$ أما السرعة القصوى للهواء هي $v^{\max} = 3.66 \cdot 10^{-1} \text{ (m/s)}$

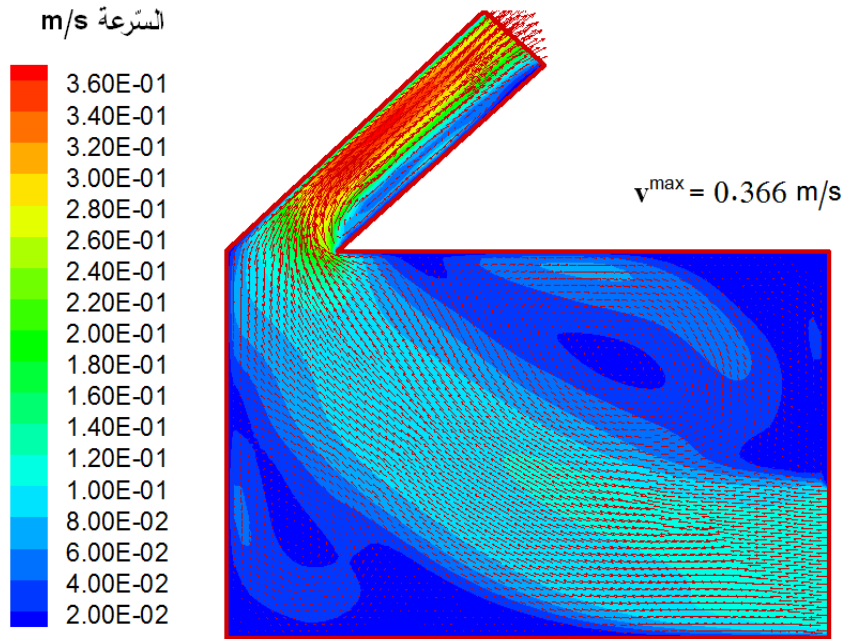
الفرق في درجة الحرارة $\Delta T=20\text{ C}^0$ وُلد تيارات حملية طبيعية كما أثرت التهوية الخارجية على زيادة محسوسة في سرعة الهواء الخارج عبر المدخنة.



الشكل (4.8): خطوط متساوية درجات الحرارة في حالة $\Delta T=20$.



الشكل (4.9): خطوط تيار الهواء في حالة $\Delta T=20\text{ C}^0$.



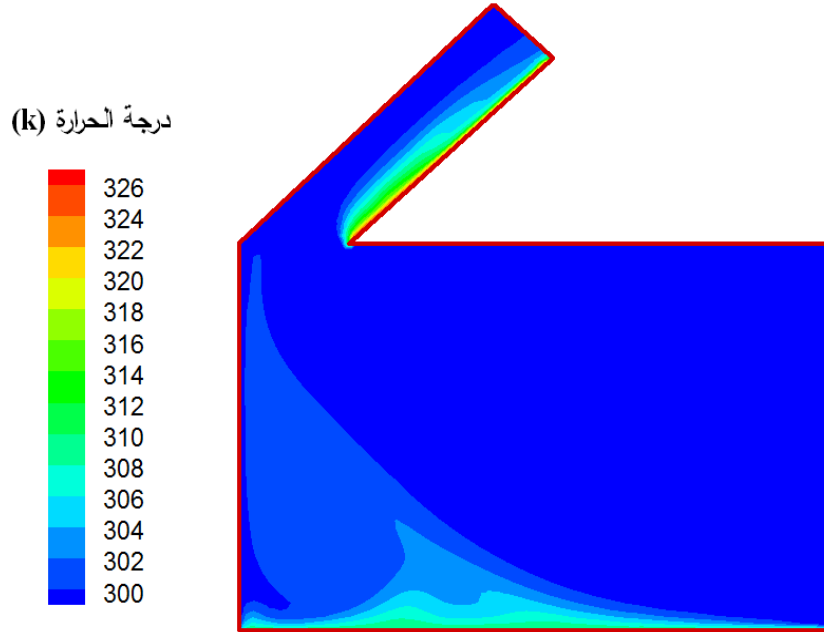
الشكل (4.10): خطوط سرعة الهواء في حالة $\Delta T=20\text{ C}^{\circ}$.

➤ الحالة الثانية: $\Delta T=30\text{ C}^{\circ}$

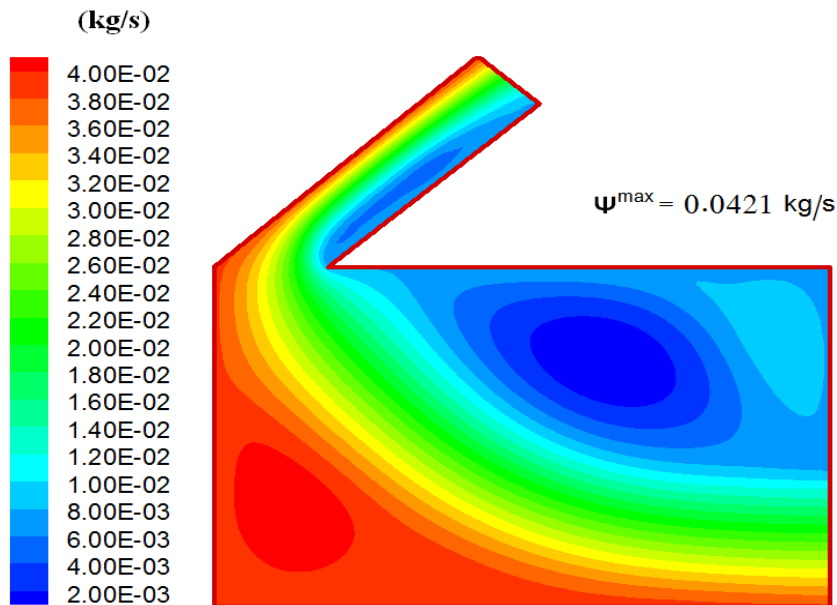
توضح الأشكال (4.11)، (4.12) و (4.13) خطوط متساوية درجة الحرارة، خطوط التيار الهوائي و خطوط سرعة الهواء على التوالي في حالة $\Delta T=30\text{ C}^{\circ}$. من الشكل (4.11) نلاحظ انتقال محسوس للحرارة نحو السطح باتجاه المدخنة الشمسية، كما تتموضع الحرارة على السطح الماص للمدخنة و الناتجة من أشعة الشمس الممتصة بواسطة الزجاج، حيث انتقال الحرارة في هذه الحالة أكبر بقليل من الحالة الأولى و زيادة الفرق في درجة الحرارة يفسر ذلك.

من الشكلين (4.12) و (4.13) وعند فرق درجة حرارة $\Delta T=30\text{ C}^{\circ}$ وبوجود مدخل للهواء نلاحظ تشكل دوامتين تدوران في اتجاهين متعاكسين، الدوامة الموجودة أعلى يمين المسكن أكبر حجماً من الدوامة المتموضعة أسفل اليسار، حيث خطوط التيار الهوائي تأخذ أقصى قيمة لها $\psi^{\max}=4.21 \cdot 10^{-2}(\text{kg/s})$ أما السرعة القصوى للهواء هي $v^{\max}=3.68 \cdot 10^{-1}(\text{m/s})$

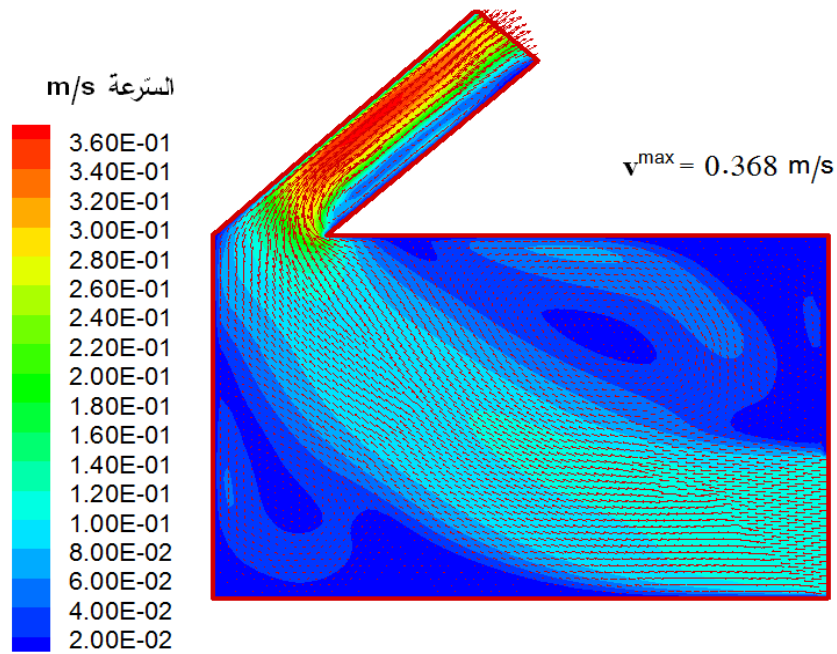
الفرق في درجة الحرارة $\Delta T=30\text{ C}^0$ على مستوى المدخنة الشمسية أدى إلى زيادة طفيفة في تيارات الحمل الحراري الطبيعي، بالتالي زيادة في تدفق الهواء وخروج كمية أكبر منه عبر المدخنة الشمسية، إلا أن تأثير المدخنة الشمسية بهذا الفارق في درجة الحرارة مع وجود تهوية خارجية يبقى محدود.



الشكل (4.11): خطوط متساوية درجات الحرارة في حالة $\Delta T=30\text{ C}^0$.



الشكل (4.12): خطوط تيار الهواء في حالة $\Delta T=30\text{ C}^0$.



الشكل (4.13): خطوط سرعة الهواء في حالة $\Delta T = 30 \text{ C}^{\circ}$.

الخاتمة:

تضمّنت دراستنا تأثير المدخنة الشمسية على حدوث التهوية الطبيعية داخل مسكن فردي، هذه المدخنة مائلة بزاوية $\Theta = 45^\circ$ و المزودة بسطح ماص للحرارة في المسكن والتي تعتمد في عملها على مبدأ الحمل الحراري الطبيعي، حيث قمنا بدراسة عددية لدور الحمل الحراري في التهوية الطبيعية باستعمال البرنامج العددي الفلوينت و تم حل المعادلات التفاضلية (الاستمرارية، الطاقة و الحركة) بطريقة الحجوم المنتهية.

من النتائج المُحصَل عليها من عملية المحاكاة العددية بدون تأثير المدخنة الشمسية و بدون تهوية طبيعية، مع تأثير المدخنة الشمسية و بدون تهوية طبيعية ثم تأثير المدخنة الشمسية و التهوية الطبيعية معًا، نستنتج ما يلي:

➤ الفارق في درجة الحرارة ينتج عنه تشكل خليتان متعاكستان في الاتجاه الأولى تدور عكس اتجاه عقارب الساعة والأخرى باتجاه عقارب الساعة داخل المسكن دليل على وجود الحمل الحراري الطبيعي و المتمثل في ظاهرة عدم استقرار لرايلي-بينارد.

➤ كما أن في حالة عدم وجود تهوية خارجية فإن انتقال الحرارة في المسكن من السطح الساخن عبر منفذ الهواء يعتمد أساسا على تأثير الحمل الحراري الطبيعي الناتج عن الفارق في درجة الحرارة على مستوى المدخنة الشمسية.

➤ تيارات الهواء الخارجية تلعب دورا هاما في التهوية الطبيعية للمسكن و زيادة الفارق في درجة الحرارة على مستوى المدخنة الشمسية داخل المسكن يتناسب مع زيادة تيارات الحمل الحراري الطبيعي التي تساهم في عملية التهوية الطبيعية، لكن هذه المساهمة تعتمد أساسا على الفارق في درجة الحرارة التي كلما زادت زاد معها السحب الطبيعي التي تقوم به المدخنة.

➤ دور المدخنة الشمسية قد لا يبدو فعالا من خلال النتائج المحصل عليها و هذا لسببين أساسيين و هما:

- كون الفارق في درجة الحرارة داخل المساكن لا يمكنه أن يتعدى حدودا معينة و هذا لاعتبارات لها علاقة بسلامة الأشخاص و الممتلكات فإن تأثير المدخنة يبقى محدودا.

- كذلك المساحات المتوفرة بالمساكن الفردية لحدوث حمل حراري ذا تأثير قوي ليست متوفرة مقارنة بالمساكن الجماعية أو البنايات الصناعية و التي توفر فراغات أكبر لحدوث ظاهرة الحمل الحراري الطبيعي و هذا المعامل هو الأهم و يتبين هذا من عبارة عدد رايلي.

➤ و بهذا نستنتج أن المدخنة الشمسية ليس لها تأثير كبير في عملية التهوية الطبيعية للمساكن الفردية التي تعتمد على تيارات الهواء الخارجية و كذلك مداخل و مخارج الهواء، أما استغلال تيارات الهواء الناتجة عن السحب الطبيعي للمدخنة الشمسية فلا يكون فعالا إلا بتوفر فارق في درجة الحرارة عبر المدخنة و بدرجة أكبر توفر فراغات كبيرة يمكن أن تنتج تيارات حمل حراري طبيعي معتبرة و هذا قد يتوفر في البنايات الجماعية حيث ارتفاع المدخنة قد يلعب دورا فعالا و كذلك في البنايات ذات الطابع الصناعي.

هذه الدراسة يمكن جعلها أكثر شمولا في المستقبل و هذا بإمكانية تحليل تأثير ارتفاع المدخنة الشمسية و ميلها و كذلك توسيع الحيز الهندسي ليشمل بنايات كبيرة و ذات هندسة معمارية مهيئة لهذا الغرض. كذلك دراسة تأثير نوعية الجدران على التهوية الطبيعية.

قائمة المراجع:

[1] ا.د.محمد عبد الباقي إبراهيم، م.شيماء جاد حسنين، فريق العمل بقسم التكيف، محاكاة أداء المباني باستخدام التهوية الطبيعية بأسلوب معاصر، مركز الدراسات التخطيطية و المعمارية، 2419/0271/744/843(202)، القاهرة، 23، 24 يونيو، 2013.

[2] رأفت، علي، البيئة و الفراغ، الطبعة الثانية مطابع دار التحرير للطبع و النشر، الجيزة، مصر، 2003م.

[3] <https://www.archdaily.cn/cn/756965/skysong-at-asu-campus-ftl-design-engineering-studio/>

[4] <https://www.pinterest.com/1straindrop3442/bait-ul-haram/>

[5] <http://architectureassociate.blogspot.com/2013/07/thesenedd-national-assembly-for-wales.html>

[6] www.michiganair.com/newsletters/2010-2/section2.htm

[7] الحمدي، ناصر، تطبيقات نظم التبريد الطبيعية السلبية على المباني الصحراوية في -قسم العمارة، 1997م. المملكة العربية السعودية، المؤتمر المعماري الثالث-جامعة أسيوط

[8] <http://www.sustainability.vic.gov.au/publications-andresearch/research>

[9] https://www.youtube.com/watch?v=U-6UH0V_4-Y

[10] <http://www.albrari.com/vb/archive/index.php/t-79047.html>

[11] م.جوليت الفرحات، تقنيات التهوية الطبيعية للفراغات الداخلية في العمارة المعاصرة، مجلة جامعة البحث-المجلد(37) العدد (9) 2015.

[12] Hugues Boivin, **La ventilation naturelle: Développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et l'aide à la conception architecturale**, Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maitre en sciences, Faculté d'aménagement, Architecture et Arts visuels-Université Laval Québec 2007.

[13] M.Akchich Zineb, **Etude de comportement d'une cheminée solaire en vue de l'isolation thermique**, Mémoire de Magistère, Université Kasdi Merbah –Ouargla, 05/05/2011.

[14] M. khaldi Sabrina, **Etude numérique de la ventilation naturelle par la cheminée solaire**, Mémoire de Magistère, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.2013.

[15] Bahache Hadjer, **Simulation numérique de la convection naturelle dans une cheminée solaire, mémoire de master académique**, Université Mohamed Boudiaf-M'sila, 2017.

[16] الدكتور عهد محمود سليمان، النمذجة العددية لتحديد تأثير أعداد نوسل الحملية و الإشعاعية ضمن تجاويف الحجرة المقسمة في الحيز غير الثابت، مجلة تشرين للبحوث و الدراسات العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (35) العدد (3) 2013.

[17] M.Denis Bonnelle, **Tour solaire, Tour à vaporisation d'eau et modes de conversion d'énergie renouvelable apparentés: Présentation, Critique et Suggestions**, Thèse du diplôme de doctorat, 09/07/2004.

[18] Toufik Chergui, **Modélisation des écoulements dans les cheminées solaires**, Mémoire de Magistère, Ecole Nationale Polytechnique, 30/06/2007.

[19] م.م. عامر جميل شريف، م.م. هيثم كامل داوود، تأثير النسبة الباعية على توزيع درجة حرارة و سلوك الهواء داخل مدخنة شمسية، جامعة الأنبار - كلية الهندسة - قسم الهندسة الميكانيكية، 2009.

[20] Semai hakim, **Modélisation d'une centrale à cheminée solaire en régime turbulent et avec stockage thermique**, Mémoire de magister, Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen (05/01/2010) .

[21] Tayebi Tahar, **Processus de la convection naturelle laminaire dans une cheminée solaire**, Mémoire de Magistère, Université Mentouri Constantine, 06/07/2010.

[22] Badre Eddine Dounane et Boubakeur Hathat, **Conception et analyse de fonctionnement d'un échangeur air-sol**, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah- Ouargla, 25/06/2011.

[23] Ismail Zabat, **Etude Numérique de l'efficacité dimensionnelle d'une cheminée solaire**, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah -Ouargla, 25/06/2011.

[24] Olivier Farges, **Conception optimale de centrales solaire à concentration: application aux centrales à tour et aux installation <beam down>, génie des procédés**, Ecole des mines d'Albi-Carmaux, français 2014.

[25] Cheloufi Djassem, **Réalisation et expérimentation d'une cheminée solaire**, Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah -Ouargla, 08/06/2014.

[26] Tayebi Tahar, **Contribution a l'étude numérique de la convection naturelle laminaire d'un système radial de chauffage solaire**, Thèse de doctorat, Université Constantine 01, 10/12/2014.

[27] بومعيزة نوال، **دراسة الحمل الحراري الطبيعي داخل نموذج سكني على شكل متوازي سطوح تحت شروط حدية مختلفة، شهادة الماجستير في الفيزياء، جامعة 20 أوت 1955 سكيكدة، 2014/12/25.**

[28] Charles Garnier, **Modélisation numérique des écoulements ouverts de convection naturelle au sein d'un canal vertical asymétriquement chauffé**, Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie-Paris, 07/03/2015.

[29] Z.Akchiche, N. Settou, N. saifi, I. Mehani, B. Negrou, **Etude numérique de l'effet de la température sur la ventilation naturelle d'une pièce munie d'une cheminée solaire**, Laboratoire de alorisation et de promotion des ressources sahariennes.

[30] Boualleg Salim Mekki, **Analyse des performances énergétique des centrales cheminées solaires par utilisation de différents modèles mathématiques**, Mémoire de Magistère, Ecole Nationale polytechnique.

ملخص:

عملنا يتعلّق بدراسة أحد العوامل المؤثرة في عمليّة التهوية الطبيعيّة، حيث قمنا بدراسة تأثير المدخنة الشمسية في مسرى تدفق الهواء داخل نموذج سكني مزوّد بمدخنة شمسيّة مائلة بزاوية $\Theta = 45^\circ$ ، وبوجود مدخل للهواء ذلك من خلال إجراء محاكاة عددية للانتقال الحراري الطبيعي باستخدامنا للبرنامج العددي "الفلوينت" المبني بطريقة الحجوم المنتهية. المعادلات التفاضلية للحمل الحراري الطبيعي هي معادلة الاستمرارية، معادلة الحركة و معادلة الحرارة في الإحداثيات الديكارتية مع إدخال تقريب Boussinesq. حيث أظهرت نتائج المحاكاة أن دور المدخنة الشمسية لا يكون فعالا في حالة قيمة تدرج درجة الحرارة ضعيفة و كذلك في حالة المساكن الفردية حيث لا تتوفر على مساحة كبيرة.

الكلمات المفتاحية : المدخنة الشمسيّة، الحمل الحراري الطبيعي، التهوية الطبيعيّة، المحاكاة العدديّة.

Abstract:

Our work concern the study one of the factors that influence the natural ventilation process, where we studied the effect of solar chimney on airflow inside a housing model with a solar chimney of $\Theta = 45^\circ$ inclination and with the presence of air inlet. The numerical simulation is carried out with Fluent software. The differential equations of natural convection are the equation of continuity, equation of motion, and the equation of heat in the Cartesian coordinates with the introduction of the Boussinesq approximation. The results obtained showed that the role of the solar chimney is not effective in the case of the low values of the temperature difference and in the case of individual housing model where the surfaces are not big enough.

Keywords: Solar chimney, Natural convection, Natural ventilation, Numerical simulation.

Résumé:

Notre travail porte sur l'étude d'un des facteurs influençant le processus de ventilation naturelle, où nous avons étudié l'effet de la cheminée solaire sur le flux d'air à l'intérieur d'un modèle de logement avec une cheminée solaire de $\Theta = 45^\circ$ et avec entrée d'air. La simulation numérique est réalisée avec le logiciel Fluent. Les équations différentielles de la convection naturelle sont l'équation de la continuité, l'équation du mouvement et l'équation de la chaleur en coordonnées cartésiennes avec l'introduction de l'approximation de Boussinesq. Les résultats obtenus ont montré que le rôle de la cheminée solaire n'est pas efficace dans le cas des faibles valeurs de la différence de température et dans le cas d'un modèle de logement individuel où les surfaces ne sont pas assez grandes.

Mots-clés: Cheminée solaire, Convection naturelle, Ventilation naturelle, Simulation numérique.