



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
département Génie mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Cherif Abdelouhab / Meftah Hachem

Le : 13-06-2024

دراسة تأثير نسب اللجين المستخرج من مخلفات النخيل
على خواص مادة مركبة من مصفوفة الجبس

Jury :

Dr.	HECINI Mabrouk	Pr	Université de Biskra	Président
Dr.	DJOUDI Tarek	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	DJEMAI Hocin	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2023 - 2024



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم هندسة ميكانيكية

مذكرة الماستر

الميدان: العلوم والتكنولوجيا
الشعبة: الهندسة الميكانيكية
التخصص: انشاءات ميكانيكية
المرجع:

مقدمة ومعرضة من قبل:

شريف عبد الوهاب -مفتاح هاشم

التاريخ: 2024-06-13

دراسة تأثير نسب اللجين المستخرج من مخلفات النخيل
على خواص مادة مركبة من مصفوفة الجبس

اللجنة المناقشة:

الرئيس	جامعة بسكرة	استاذ	د. حسيني مبروك
المؤطر	جامعة بسكرة	استاذ محاضر ا	د. طارق جودي
المتحن	جامعة بسكرة	استاذ محاضر ا	د. جمعي حسين

العام الدراسي : 2023 - 2024

الملخص

الدراسة الحالية كانت عبارة عن بحث تجريبي تليه محاكاة عددية لدراسة حالة بهدف تطوير مادة حيوية صديقة للبيئة، تهدف إلى تحسين كفاءة العزل الحراري للجبس المستعمل في المباني. يتكون هذا المركب الحيوي من الجبس كمصفوفة، ومخلفات النخيل كألياف تقوية، والتي عادة ما يتم التخلص منها عن طريق الحرق في مزارع النخيل. تم استخلاص ألياف التقوية المستخدمة في هذه الدراسة ميكانيكياً، فطر التعزيز المستخدم من مخلفات النخيل (اللجين) كان حوالي 0.08 ملم. تحضير عينات المركب الحيوي كان بتركيزات كتلية متفاوتة 5%، 10%، 15% و 20% من اللجين، أجريت تجارب لدراسة الخواص الميكانيكية والفيزيائية والحرارية لعينات المركبات الحيوية ومقارنتها بالجبس النقي. أظهرت النتائج الميكانيكية تحسناً في معامل يونغ بعد دمج 5% ألياف كتسليح، في حين انخفضت قيم الصلابة مع زيادة نسبة كتلة الألياف. أظهرت الكثافة والتوصيل الحراري للمركبات الحيوية أداءً مرضياً مع زيادة معدل الألياف المسلحة حيث وصلت إلى كفاءة ملحوظة عند نسبة كتلية قدرها 20%. أظهرت عمليات المحاكاة الرقمية التي تم إجراؤها باستخدام برنامج ANSYS أن استخدام المركبات الحيوية كمواد عازلة داخل الهياكل المعمارية أثبتت فعاليته العالية في الحماية من درجات الحرارة الخارجية المرتفعة والحفاظ على الظروف الحرارية المثالية لراحة السكان.

الكلمات المفتاحية :

الجبس, الألياف النخيل, الضغط, صلابة برينل, الكتلة الحجمية, انتقال الحرارة.

Resume

La présente étude était une recherche expérimentale suivie d'une simulation numérique d'une étude de cas dans le but de développer un biomatériau respectueux de l'environnement visant à améliorer l'efficacité de l'isolation thermique du gypse utilisé dans les bâtiments. Ce biocomposite est constitué de gypse comme matrice et de déchets de palme comme fibres de renforcement, qui sont généralement éliminés par incinération dans les plantations de palmiers. Les fibres de renfort utilisées dans cette étude ont été extraites mécaniquement. Le diamètre du renfort utilisé à partir de déchets de palme (ligne) était d'environ 0,08 mm. Les échantillons de biocomposite ont été préparés avec des concentrations massiques variables de 5 %, 10 %, 15 % et 20 % de lignane. Des expériences ont été menées pour étudier les propriétés mécaniques, physiques et thermiques des échantillons de biocomposite et les comparer avec du gypse pur. Les résultats mécaniques ont montré une amélioration du module d'Young après l'incorporation de 5 % de fibres comme renfort, tandis que les valeurs de dureté diminuaient avec l'augmentation du rapport massique des fibres. La densité et la conductivité thermique des biocomposites ont montré des performances satisfaisantes avec un taux de renforcement des fibres croissant, atteignant une efficacité remarquable à un pourcentage massique de 20 %. Des simulations numériques réalisées à l'aide du logiciel ANSYS ont montré que l'utilisation de biocomposites comme matériaux isolants au sein des structures architecturales s'est avérée très efficace pour protéger contre les températures extérieures élevées et maintenir des conditions thermiques optimales pour le confort des résidents.

Mot clé :

Plâtre, Fibres de Palme, Compression, Dureté Brinell, Masse Volumique, Conductivité Thermique.

الشكر

لا يسعنا في نهاية هذا العمل الا ان نشكر الله عز وجل الذي بتوفيق منه وبفضل منه على تمكنا من انجاز هذه المذكرة

نتقدم بجزيل الشكر للأستاذ المشرف **طارق جودي**، الذي لم يبخل علينا بوقته وجهده وعلى كل التوجيهات والملاحظات فجزاه الله كل خير وله منا كل التقدير والاحترام .

إلى الأستاذ **يوسف جبلون**، الذي كان لخبرته وعلمه الأثر الكبير في توجيه هذا العمل، والذي لم يتردد في تقديم المساعدة والإرشادات القيمة. نشكركم على تحفيزكم لي وعلى دعمكم المستمر.

واكيد لا ننسى الاستاذ **صحراوي عبد الرحمان**، الذي كان حاضرا معنا دائما ولم يبخلنا بشيء من علمه فجزاه الله خير الجزاء .

وإلى كل من ساهم، بكلمة أو نصيحة أو توجيه، في إنجاز هذه المذكرة، لكم منا كل الشكر والتقدير والامتنان.

نسأل الله أن يوفقنا جميعًا لما فيه الخير والفلاح، وأن يجعل هذا العمل خالصًا لوجهه الكريم .

شريف عبد الوهاب - مفتاح هاشم

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

إلى من كانوا لي عونًا ودعمًا في مسيرتي التعليمية؛ أهدى هذا العمل المتواضع:

إلى روح والدي العزيز، الذي رحل عني جسدًا، ولكنه ما زال حاضرًا في قلبي وعقلي. إلى من زرع فيّ قيم المثابرة والاجتهاد، أسأل الله أن يتغمدك برحمته ويسكنك فسيح جناته.

إلى والدتي الحبيبة، رمز الحب والحنان، التي كانت سندًا لي في كل مراحل حياتي، ووهبتني القوة والإلهام.

إلى إخوتي وأخواتي، شركاء النجاح، الذين كانوا لي مصدر تشجيع دائم، والذين ساندوني في كل لحظة.

إلى أصدقائي وزملائي، الذين شاركوني أفراحي وأحزاني، وكانوا لي سندًا في مشوار الدراسة.

إلى أساتذتي الأفاضل، الذين لم يبخلوا عليّ بعلمهم وتوجيهاتهم، وساهموا في تكويني العلمي والمهني.

إلى كل من ساهم، بكلمة أو فعل، في إنجاز هذا العمل، لكم جميعًا أهدى هذه المذكرة، راجيًا من الله أن يجعلها لبنة في بناء مستقبل أفضل.

شريف عبد الوهاب

الإهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

الى من ألهمني وسانديني في مسيرتي العلمية :

الى والدي ووالدي : شكرًا لكم على حبكم غير المشروط ودعمكم الدائم .
لقد كنتم مصدر إلهام لي وساعدتموني على تحقيق أحلامي.

أساتذتي : شكرًا لكم على علمكم وتوجيهاتكم التي لا تقدر
بثمن .لقد ساعدتموني على اكتساب المهارات والمعرفة اللازمة للنجاح في
هذا المجال.

زملائي : شكرًا لكم على صداقتكم ودعمكم .لقد جعلتم رحلتي
الدراسية تجربة ممتعة لا أنسى.

كل من سانديني وآمن بي : شكرًا لكم على إيمانكم بقدراتي ودعمكم في جميع
مراحل حياتي.

أهدي إليكم هذه المذكرة، ثمرة جهدي وتعب سنوات من الدراسة والسهر.

أرجو أن تنال إعجابكم وتكون مساهمة مفيدة في مجال إنشاء الميكانيكي.

مع خالص الشكر والتقدير،

مفتاح هاشم

الفهرس

I.....	الملخص
I.....	Resume
I.....	الشكر
II.....	الاهداء
III.....	الاهداء
IV.....	الفهرس
VIII.....	قائمة الجداول
IX.....	قائمة الاشكال

مقدمة عامة

1.....	مقدمة عامة
--------	------------

I الفصل

مفاهيم عامة حول المواد المركبة

5.....	1.I. مقدمة
5.....	2.I. تعريف المواد المركبة
5.....	3. I. مكونات المواد المركبة
5.....	1.3. I. التعزيزات
8.....	2.3.I. المصفوفات
9.....	4.I. تعريف الجبس
10.....	5.I. استعمال الالياف الطبيعية في المواد المركبة

10	6.I استعمالات الواح الجبس في المباني
11	7.I الخصائص الميكانيكية والحرارية للألواح الجبسة في المباني
11	8.I خصائص المواد المركبة من الجبس والالياف الطبيعية
11	9.I المواد المركبة من الجبس والياف النخيل
12	10.I الخلاصة

الفصل II

التوصيف الميكانيكي، الفيزيائي والحراري للمادة المركبة

15	1.II مقدمة
15	2.II تحضير عينات الاختبارات
15	1.2.II الالياف
16	2.2.II الجبس
17	3.2.II المادة المركبة الحيوية
18	3.II الاختبارات
18	1.3.II الميكانيكية
20	2.3.II الفيزيائية
20	3.3.II الحرارية
21	4.II نتائج و تحاليل
22	1.4.II اختبار الضغط
23	2.4.II اختبار قياس الصلابة
24	3.4.II قياس الكتلة الحجمية الظاهرية

24 4.4.II اختبارات قياس الناقلية الحرارية

25 5.II الخلاصة

الفصل III

المحاكاة الرقمية لدراسة حالة جدار عازل

27 1.III مقدمة

27 2.III البرامج المستعملة في عملية المحاكاة

27 1.2.III برنامج Solid Works

27 2.2.III برنامج ANSYS

28 3.III دراسة حالة جدار عازل

28 1.3.III تصميم الجدارين ثلاثي الابعاد بواسطة برنامج Solid Works

31 2.3.III التحليل الهندسي بواسطة برنامج ANSYS Workbench

36 4.III تحليل نتائج محاكاة انتقال الحرارة لدراسة الحالة

37 5.III الخاتمة

خلاصة عامة

39 خلاصة عامة

المراجع

41 المراجع

المرفقات

46 المرفقات

46 المرفق رقم 1

47 المرفق رقم 2

قائمة الجداول

الفصل I

مفاهيم عامة حول المواد المركبة

جدول I.1. خصائص الراتنجات الحرارية..... 9

جدول I.2. خصائص اللدائن الحرارية الراتنجية..... 9

الفصل II

التوصيف الميكانيكي، الفيزيائي والحراري للمادة المركبة

الجدول II.1. الخواص الميكانيكية، الفيزيائية، والحرارية للمادة المركبة بنسب كتلية مختلفة من اللجين. 22

الفصل III

المحاكاة الرقمية لدراسة حالة جدار عازل

الجدول III.1. الناقلية الحرارية للمواد المكونة للجدارين..... 33

الجدول III.2. اعلى متوسط حرارة شهرية مسجلة في منطقة بسكرة-الجزائر من سنة 1991 الى سنة 2021 34

الجدول III.3. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار مزدوج الاجر والجدار أحادي الاجر. 35

الجدول III.4. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار مزدوج الاجر..... 36

الجدول III.5. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار أحادي الاجر..... 36

قائمة الاشكال

الفصل I

مفاهيم عامة حول المواد المركبة

- الشكل I.1. المواد المركبة 5
- الشكل I.2. ليف زجاجي 6
- الشكل I.3. اليف الكربون 7
- الشكل I.4. ألياف الأراميد 8
- الشكل I.5. أنواع المصفوفات 8

الفصل II

التوصيف الميكانيكي، الفيزيائي والحراري للمادة المركبة

- الشكل II.1. مراحل تحضير اليف التعزيز 15
- الشكل II.2. اجزاء مكونات ورقة النخيل 15
- الشكل II.3. المميزات التقنية للجبس المستعمل كمصفوفة 17
- الشكل II.4. مراحل تحضير المادة المركبة 18
- الشكل II.5. اختبار الضغط 19
- الشكل II.6. نتائج قياس من جهاز قياس صلابة برينل 19
- الشكل II.7. أدوات قياس الكتلة الحجمية الظاهرية 20
- الشكل II.8. قياس الناقلية الحرارية 21

- الشكل 9.II. معامل يونغ للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس. 22
- الشكل 10.II. صلابة برينل للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس. 23
- الشكل 11.II. الكتلة الحجمية للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس. 24
- الشكل 12.II. الناقلية الحرارية للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس. 25

الفصل III

المحاكاة الرقمية لدراسة حالة جدار عازل

- الشكل 1.III. واجهة برنامج SolidWorks 2023. 27
- الشكل 2.III. واجهة برنامج ANSYS 2019R3. 28
- الشكل 3.III. رسم تفصيلي للحائط الأول. 29
- الشكل 4.III. رسم تفصيلي للحائط الثاني. 30
- الشكل 5.III. امتداد ملف تركيب قطع الحائط. 31
- الشكل 6.III. ايقونة برنامج ANSYS Workbench. 31
- الشكل 7.III. تحليل الحالة الحرارية المستقرة. 32
- الشكل 8.III. البيانات الهندسية في الحالة الحرارية المستقرة. 32
- الشكل 9.III. استرداد الشكل الهندسي للجدار. 33
- الشكل 10.III. ملف الشكل الهندسي للجدار على شكل امتداد (.x_t ; .x_b) Parasolid. 33
- الشكل 11.III. الحرارة الأكثر اريحية للغرفة حسب وكالة حماية البيئة الامريكية US EPA. 34
- الشكل 12.III. خطوات دراسة التحليل الهندسي لإيجاد الناقلية الحرارية للجدار. 34

مقدمة عامة

مقدمة عامة

يشهد عالم الصناعة في الأونة الأخيرة منحى جديد نحو استخدام مواد بديلة للمواد الكلاسيكية وهي المواد المركبة. وقد يفتح ذلك افاق جديدة في عالم الصناعة والهندسة، يعود ذلك الى إمكانية وسهولة تشكيل هذه المواد المركبة، إضافة الى تميز المواد المركبة بخصائص جيدة لتلبية حاجيات الصناعة.

ان فكرة المواد المركبة ليس احياء البشر بل هي فكرة مستوحات من الطبيعة وأحسن مثال على ذلك الخشب والذي يعتبر مادة مركبة طبيعية تتكون من مصفوفة وتعزيز من نفس الصنف (فأهم مركباته السيليلوز ومصفوفة اللجين).

المواد المركبة غالبا ما تتكون من مادتين مختلفتين من حيث ; الطبيعة والخصائص فتكون المادة الأولى عبارة عن مصفوفة والمادة الثانية عبارة عن تعزيز ذو خصائص أفضل من المصفوفة. وهذا غالبا ما يؤدي الى تحسين خصائص المادة المركبة و إعطاء حلول ارخص و افضل ,مما يفتح مجالات أخرى باستخدام هذه المواد المركبة.

كما يمكن الإشارة الى المادة المركبة الأكثر استعمالا في محيطنا وهي الخرسانة، حيث تتكون هذه الأخيرة من مصفوفة الاسمنت معززة بجزيئات من الرمل والحصى بأحجام متدرجة. ففي حالة استعمال اسمنت بورتلاند المرطب، توصل العلماء من خلال البحوث العلمية الى التحكم الدقيق في كل من كمية وتوزيع هذه المكونات والذي يشير اليه بمرحلة التكرار.

ففي الأونة الأخيرة اتجهت البحوث العلمية الى استخدام مواد بديلة ودمجها مع الخرسانة ;وقد يعزز ذلك من خصائص المادة المركبة الخرسانية، فكان استعمال الالياف والمواد النباتية من اهم المواد المدمجة مع الخرسانة والتي أدت بلاءا حسنا على الخصائص الميكانيكية والحرارية للخرسانة، والتي نعتبرها صديقنا للبيئة.

في نفس السياق، يمكن الإشارة بالاستخدام الكلاسيكي لمادة الجبس كمادة أساسية في البناء والمواد العازلة، وذلك يعود للخصائص المميزة للجبس ومرونته في التصاميم. رغم ذلك يبقى العمل على تحسين مميزات وخصائص الميكانيكية، الفيزيائية والحرارية للجبس مبتغى معظم البحوث الحديثة.

تأتي هذه الدراسة في إطار تحسين خصائص ومميزات الجبس، وذلك بتحضير مادة مركبة حيوية جديدة من مصفوفة الجبس بعد تعزيزها بمخلفات النخيل. بالإضافة الى تثمين مخلفات النخيل واستغلالها في صناعة مواد بديلة صديقة للبيئة تستعمل في بناء والعزل الحراري.

فتضمنت هذه الدراسة ثلاث محاور أساسية:

- الفصل الأول تضمن معلومات عامة حول أنواع واستخدامات المواد المركبة، كما تطرق الى إعطاء مختلف أنواع التعزيزات المستعملة في المواد المركبة، بالإضافة الى ذلك تم تعريف مختلف استعمالات الجبس وخصائصها. وفي الأخير قدمنا ملخص لاهم الاعمال والبحوث المنجزة حول المواد المركبة من الجبس والالياف الطبيعية.

- الفصل الثاني هو الجانب التجريبي للدراسة. عرض اهم مراحل تصنيع المادة المركبة على أساس مصفوفة الجبس وتعزيزات من مخلفات النخيل بنسب متفاوتة، ليتم بعدها التوصيف الميكانيكي، الفيزيائي والحراري لسلوك هذه المادة المركبة. النتائج المتحصل عليها من خلال الاختبارات المختلفة على عينات المادة المركبة تم تقديمها على شكل بيانات وتحليلها تحليل علمي.
 - الفصل الثالث هو عبارة على محاكاة رقمية لدراسة حالة جدران عازل باستخدام برامج المحاكاة ANSYS. النتائج قدمت على شكل بيانات وحلت بالرجوع الى النتائج التجريبية المتحصل عليها في الفصل السابق.
- وفي الأخير قدمنا خلاصة لاهم النتائج المتحصل عليها خلال هذه الدراسة مع إعطاء مجموعة من التوصيات.

الفصل I

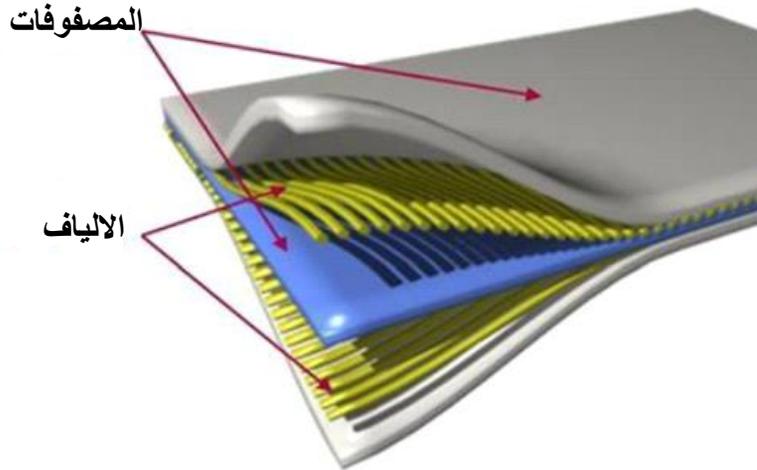
مفاهيم عامة حول المواد المركبة

1.I. مقدمة

في هذا الفصل تم تقديم اهم المفاهيم عن المواد المركبة، مكوناتها واستخداماتها، حيث يقدم تصنيف لأنواع المواد المركبة حسب نوعية المصفوفة والتعزيزات المستخدمة. بالإضافة الى تعريف لمادة الجبس، خصائصها ومجالات استخدامها ; كما تم عرض مجموعة من الاعمال المنجزة حول استخدام الالياف الطبيعية للجبس.

2.I. تعريف المواد المركبة

بشكل عام، المادة المركبة هي عبارة عن مجموعة من مادتين أو أكثر مع صفات نهائية أفضل من تلك الموجودة في كل مكون على حدة. في هذه الأيام، غالبًا ما يشار إلى ترتيبات الألياف على أنها مواد مركبة؛ وهي تعزيزات مدرجة في مصفوفة ذات قوة ميكانيكية أقل بكثير. ويرد المخطط العام لمواد مركبة في الشكل. بالإضافة إلى ضمان تماسك الألياف وتوجهها، تنقل المصفوفة الضغوط المفروضة على المكونات المواد الناتجة متباينة الخواص وغير متجانسة للغاية [1].



الشكل 1.I. المواد المركبة [1].

3. I مكونات المواد المركبة

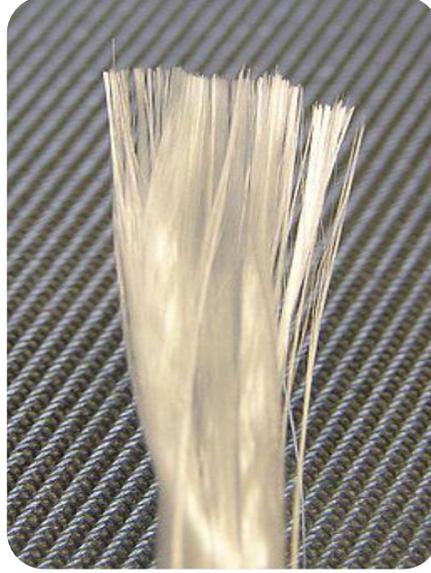
1.3. I التعزيزات

توجد عدة انواع مختلفة من التعزيزات اهمها :

• الياف الزجاج

يتم صنع الألياف الزجاجية عن طريق سحب الزجاج المنصهر إلى خيوط دقيقة للغاية ثم حمايتها على الفور من الهواء أو من الأسطح الصلبة. تفتقر الألياف الزجاجية إلى التصلب بسبب بنيتها الجزيئية، لكنها قوية تمامًا مثل أي من الألياف غير العضوية الحديثة.

يمكن تغيير التركيب الكيميائي للنظارات إلى حد ما من أجل تغيير خصائصها، ولكن الزجاج الوحيد الذي يستخدم على نطاق واسع في المواد المركبة هو زجاج البوروسيليكات العادي، والذي يشار إليه أحيانًا باسم الزجاج الإلكتروني. يستخدم التطبيق الأكثر شيوعًا للمواد المركبة الزجاج الإلكتروني كعنصر تقوية [2].



الشكل 2.1. ليف زجاجي [3].

• الألياف العضوية

على غرار القنب أو القطن، تمتلك الألياف العضوية صفات ميكانيكية متواضعة ولكنها أرخص بكثير في التصنيع مقارنة بأنواع الألياف الأخرى. من المهم ملاحظة أن قوة الشد لألياف القنب يمكن مقارنتها بقوة الألياف الزجاجية، حيث تتمتع كلتا المادتين بنفس القدر (E 70 GPa)، لكن ألياف القنب أكثر فعالية من حيث التكلفة. ومع ذلك، فإن قوة الشد أقل 5 مرات. يتم استخدام هذه المواد في قطاعات بناء السفن أو السيارات أو الهندسة المدنية للتطبيقات التي لها تركيز إيكولوجي كبير [2].

• الياف السيراميك

معروفًا أيضًا باسم الألياف الحرارية وهو نوع من مواد العزل ذات درجات الحرارة العالية ولديها القدرة أن تكون مواد صلبة عالية القوة. فمعظم السيراميك قوي في درجات الحرارة العالية ومقاوم للصدمات الحرارية تشبه الياف التعزيز ويتم استخدامه في مجموعة واسعة من تطبيقات الصناعية والتجارية التي تتطلب عزلاً حرارياً. وهي أيضا هشة وحساسة للشق، وقد التزمت غالبية البحوث الحديثة بالنهج الأكثر تقليدية؛ ومع ذلك، في محاولة لتعزيز مجموعة من الأكواب (مثل البوروسيليكات) والسيراميك الزجاجي (مثل ألومينوسيليكات الكالسيوم (CAS) وألومينوسيليكات الليثيوم (LAS)) بألياف مثل الكربون وكربيد السيليكون والألومينا،

ولا تزال هناك مسائل تتعلق بالتوافق فيما يتعلق بالعمليات التي تنطوي على تصنيع مركبات الكربون الكلورية فلورية باستخدام تقنيات الضغط التقليدية أو تعريض هذه المركبات لدرجات حرارة عالية. حتى كتابة هذا التقرير، هناك الكثير من الجدل حول

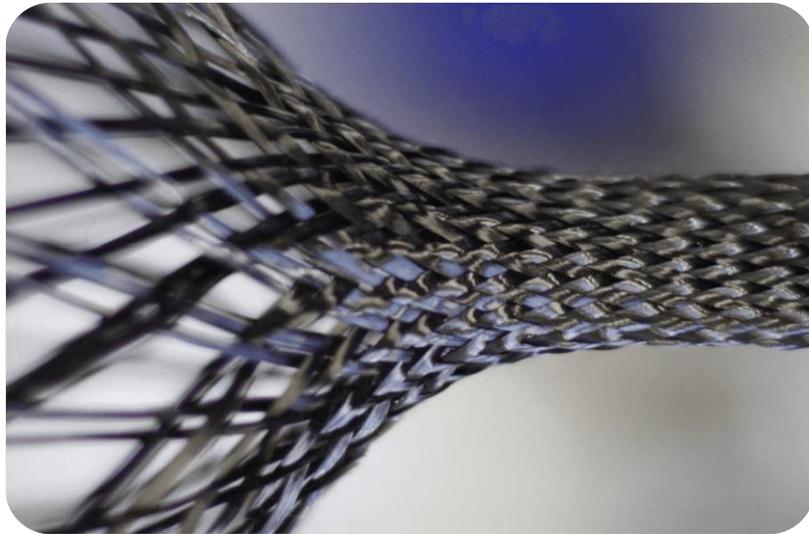
فكرة CMCs لجميع الأكسيد، على الرغم من حقيقة أن مركبات SiC/SiC الفرنسية تقدم بالفعل أمثلة مماثلة للأزواج المستقرة (Frey and Boussuge، 1990). فكرة أن المصفوفة في هذه المواد سوف تتصدع عند مستويات إجهاد منخفضة بشكل ينذر بالخطر (هاريس وآخرون، 1992)، تاركًا خيوط التعزيز مكشوفة، تم التحقيق فيها في السبعينيات (ايفستون وآخرون، 1971) ولم يقبله المهندسون على الرغم من فترة النشاط المكثف في أبحاث الزجاج المقوى بالألياف والزجاج والسيراميك مع التركيز على صناعة التوربينات الغازية [2].

• ألياف الكربون

ألياف الكربون عن مواد تتألف من ألياف دقيقة للغاية ذات قطر يتراوح بين (0.005 و0.010) ملم. ترتبط ذرات الكربون ببعضها في بلورات مجهرية موازية بشكل أو بآخر لمحور الألياف. هذا التوازي أو التوجه يجعل الألياف قوية جدا مقارنة بحجمها وكثافة ألياف الكربون أيضا هي أقل بكثير من كثافة الفولاذ مما يجعلها مثالية للتطبيقات التي تتطلب وزنا منخفضا وتتمتع بخصائص ميكانيكية قوية جدًا.

وتُظهر تركيبة وخصائص هذه الألياف تباينًا كبيرًا، ويتم إجراء تجارب مستمرة لتطوير ألياف جديدة. من الأمثلة الحديثة على المقدمات الألياف المجوفة والألياف الملفوفة. تم تصميم الأول لتعزيز صلابة تأثير البوليمرات المعززة بالكربون، في حين الأخير لديه القدرة على تمديد عدة أضعاف طوله الأصلي دون فقدان المرونة.

يُظهر الكربون بنيتين بلوريتين بارزتين، وهما الماس والجرافيت، بالإضافة إلى حالات شبه بلورية وزجاجية. الجرافيت هو الشكل الهيكلي الأساسي للكربون في سياق تكنولوجيا الألياف. يتكون الهيكل الرسومي من طبقات سداسية متصلة بإحكام، تُعرف باسم المستويات القاعدية، مع اتصالات فان دير فالس ضعيفة نسبيًا بين الطبقات [4].



الشكل 3.I. ألياف الكربون [5].

• ألياف الأراميد

تُظهر ألياف الأراميد مقاومة حرارية ممتازة عند استخدامها كمادة بوليميرية. تبلغ درجة حرارة انتقال الزجاج حوالي 360 درجة مئوية، وتظهر قابلية منخفضة للاشتعال، وتفتقر إلى القدرة على الخضوع للذوبان على غرار النايلون. تتسبب القرقرة

في انخفاض الأداء عند حوالي 425 درجة مئوية، ولكن لا يزال من الممكن استخدام هذه المواد في درجات حرارة أعلى لفترات طويلة من الزمن، وحتى عند 300 درجة مئوية لمدة محدودة. تتعرض ألياف الأراميد للتحلل عند تعرضها لأشعة الشمس والرطوبة. بالإضافة إلى ذلك، فإن قوتها الانضغاطية ضئيلة. استقرار أبعادها ممتاز بسبب معاملها المنخفض للتوسع الحراري، والذي يبلغ حوالي 4-10 K-16. تشمل الميزات الإضافية الحاسمة في تطبيقات محددة الحد الأدنى من التوصيل الكهربائي والحراري، فضلاً عن السعة الحرارية المرتفعة.[4].



الشكل 4.I. ألياف الأراميد [6].

2.3.I. المصفوفات

• طبيعة مختلفة من المصفوفات

تشكل مصفوفة راتنج البوليمر المادة المركبة. هناك العديد من أنواع راتنجات البوليمر المختلفة، ولكل منها تطبيق محدد. يتم استخدام المواد المركبة التي تحتوي على مصفوفة معدنية أو خزفية أو كربونية في الحالات التي تتطلب قوة الهيكل عند درجات حرارة عالية جداً. من الممكن الوصول إلى درجات حرارة 2200 درجة مئوية عند التعامل مع مركبات الكربون. تصنيف أنواع المصفوفات المتكررة الحدوث:



الشكل 5.I. أنواع المصفوفات [7].

• الراتنجات الحرارية

الصفات الميكانيكية لراتنجات الترميز الحراري عالية. من الممكن تكوين هذه الراتنجات مرة واحدة فقط. توجد كبوليمرات مترابطة معلقة في المذيبات في المحلول. تشمل راتنجات التثبيت الحراري البوليستر غير المشبعة وراتنجات الإيبوكسي وراتنجات التكتيف (الأميوبلاست والفيرونات والفينولات) [7].

الجدول 1.I. يوضح بعض حالات راتنجات الترميز الحراري التقليدي تتميز منها الخصائص الميكانيكية العالية والكثافة المنخفضة بأكثر المواد كفاءة.

جدول 1.I. خصائص الراتنجات الحرارية

الراتنج	T_f (°C)	ρ (Kg/m ³)	ϵ_t^R (%)	σ_t^R (MPa)	σ_c^R (MPa)	E (GPa)
بوليستر	60 à 100	1140	2 à 5	50 à 85	90 à 200	2.8 à 3.6
فينوليك	120	1200	2.5	40	250	3 à 5
ايوكسيد	290	1100 à 1500	2 à 5	60 à 85	250	3 à 5

• اللدائن الحرارية الراتنجية

الخصائص الميكانيكية لراتنجات البلاستيك الحراري ضعيفة. نظرًا لأن هذه الراتنجات صلبة، فمن الضروري معالجتها في درجات حرارة عالية. تشمل هذه الراتنجات البلاستيكية الحرارية كلوريد البولي فينيل (PVC) والبولي إيثيلين والبولي بروبيلين والبوليسترين والبولي كربونات والبولي أميد. راتنجات البلاستيك الحراري النموذجية من أكثر المواد المنبثقة مثل راتنجات التثبيت الحراري لها كثافة منخفضة وخصائص ميكانيكية جيد وترد هذه في الجدول التالي [7] :

جدول 2.I. خصائص اللدائن الحرارية الراتنجية

الراتنج	T_f (°C)	ρ (Kg/m ³)	σ_t^R (MPa)	E (GPa)
بولي اميد	65 à 100	1140	60 à 85	1.2 à 2.5
بولي بروبيلين	900	1200	20 à 35	1.1 à 1.4

4.I. تعريف الجبس

تسمى الأشكال المرطبة والبلورية لكبريتات الكالسيوم التي تحدث بشكل طبيعي الجبس. الصيغة $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ يمكن أن تكون بمثابة تمثيل مناسب لتكوين الجبس النقي. لذلك، فإن التركيب النسبي للجبس النقي هو 20.9% ماء، 32.6% أكسيد الكالسيوم، و46.5% ثلاثي أكسيد الكبريت. ومع ذلك، عندما يتم استخراج الجبس، يتم دمج مع مجموعة متنوعة من الشوائب، بما في ذلك السيليكا والمواد الأرضية الأخرى. تتكون هذه من الألومينا والطين والكالسيوم وكربونات المغنيسيوم وأكسيد الحديد.

يشير التفاعل إلى أن الجفاف الجزئي هو التحول الكيميائي الذي يعطي الجبس أهميته كمادة بناء. يتم إجراء هذا الجفاف الجزئي في درجات حرارة تصل إلى 205% تقريبًا، وسيتم تغطيته بمزيد من التفصيل في قسم لاحق. $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ ، الذي يشار إليه

أحياناً باسم جص باريس أو هيدرات الهيمي، لديه القدرة على إعادة تشكيل بلورات الجبس عن طريق إضافة جزيئات الماء، وهي ميزة ضرورية لاستخدامها كمادة جبسية [8].

5.I. استعمال الألياف الطبيعية في المواد المركبة

يوفر دمج الألياف الطبيعية في المواد المركبة مزايا كبيرة في تعزيز الخواص الميكانيكية مقارنة بالألياف الاصطناعية التقليدي [9-12]. تتميز المركبات المقوتة بالألياف الطبيعية بخصائص مثل الوزن الخفيف، والتكلفة المنخفضة، والاستدامة البيئية، مما يجعلها قادرة على المنافسة مع الألياف الاصطناعية من حيث الخصائص الميكانيكية والحرارية والصوتية [13]. أظهرت الدراسات أن الألياف الطبيعية تؤثر بشكل إيجابي على قوة الانتشاء والضغط للمواد المركبة، مع ملاحظة تحسينات تصل إلى 27% في قوة الضغط. بالإضافة إلى ذلك، يساهم استخدام الألياف الطبيعية في تقليل استهلاك الطاقة أثناء الإنتاج، وتقليل الانبعاثات، وتحسين كفاءة استهلاك الوقود، مما يعزز الأداء الميكانيكي العام للمركبات. بشكل عام، يمثل استخدام الألياف الطبيعية في المواد المركبة وسيلة واعدة لتحقيق خصائص ميكانيكية محسنة مع الحفاظ على فعالية التكلفة والاستدامة البيئية.

تتمتع المواد المركبة القائمة على الألياف الطبيعية بإمكانية كبيرة للاستخدام في صناعات البناء والسيارات، من بين صناعات أخرى. هذه المركبات هي بدائل جذابة للمواد التقليدية بسبب مزاياها على المواد التقليدية، بما في ذلك قوتها العالية وتصميمها خفيف الوزن وصدقتها للبيئة والقدرة على تحمل التكاليف. تُجرى أبحاث مكثفة حول مركبات الألياف الطبيعية التي تُعزز بألياف مثل القنب والكتان والجوت وألياف أخرى [14-16]. من أجل زيادة أداء هذه المركبات في التطبيقات بما في ذلك مواد البناء والمصدات والقضبان المضادة لتلف وقطع جسم السيارات، يركز الباحثون على تحسين علاجاتهم الفيزيائية والكيميائية [17]. [18]. علاوة على ذلك، أظهر دمج الألياف الطبيعية في المواد المركبة الهجينة انخفاضاً ملحوظاً في اهتزاز السيارات.

يمثل استخدام الألياف الطبيعية في المواد المركبة فوائد بيئية جديرة بالملاحظة، مثل انخفاض البصمة الكربونية والقابلية للتحلل البيولوجي. وبالمقارنة بالألياف الاصطناعية، فإن مركبات الألياف الطبيعية، المصنوعة من مواد تشمل الجوت والكتان والقنب والتيل [14]، هي بدائل مفيدة بيئياً يمكن أن تقلل من انبعاثات غازات الدفيئة والبصمة الكربونية [19, 20]. تشمل الألياف الطبيعية صفات مثل القابلية للتجديد والتحلل البيولوجي، مما يجعلها مقبولة لمجموعة متنوعة من التطبيقات في الصناعات بما في ذلك الرياضة والسيارات والفضاء، على الرغم من عيوب مثل ضعف الالتصاق البيئي وامتصاص الرطوبة المفرط [21, 22]. من أجل تحسين المزايا البيئية لاستخدام الألياف الطبيعية في المواد المركبة، يتم بذل جهود لتحسين التوافق بين الألياف الطبيعية والبوليمرات عن طريق التعديلات السطحية.

6.I. استعمالات ألواح الجبس في المباني

يمكن استخدام ألواح الجبس بأمان في المناطق المعرضة للزلازل. تكشف الدراسات أن ألواح الجبس تستخدم كثيرًا كغمد في هياكل فولاذية خفيفة الوزن [23]. يمكن أن تحسن ألواح الجبس الأداء الزلزالي في أنظمة تقسيم الفجوة الزلزالية بجدران عودة بزواوية عن طريق تقليل انجرافات بدء الضرر وتعزيز قدرات الانجراف، وفقاً للدراسات [24]. علاوة على ذلك، أظهر إنشاء ألواح مركبة للعزل الحراري ذات أعمدة كثيفة مصنوعة من الجبس والخرسانة صفات واعدة تبديد الطاقة، مما أدى إلى تحسين الأداء الزلزالي من خلال زيادة القدرة على التحمل واللياقة [25]. تسلط هذه النتائج الضوء على مدى أهمية مراعاة عناصر مثل أنظمة

العزل الحراري، وقدرات تبديد الطاقة، وانجرافات بداية الضرر، وقدرات الانجراف عند التصميم باستخدام ألواح الجبس في الأماكن المعرضة للزلازل.

7.I. الخصائص الميكانيكية والحرارية للألواح الجبسة في المباني

يُظهر بناء ألواح الجبس بتركيبات وإضافات متنوعة صفات ميكانيكية وحرارية مختلفة. يمكن إضافة مواد تغيير الطور (PCMs) مثل البارافين أو PEG600 إلى ألواح الجبس لتحسين خصائصها الحرارية، والتي تشمل خفض درجات الحرارة اليومية القصوى وزيادة كفاءة الطاقة [26, 27]. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أن ينتج تحسين أداء الطاقة وإدارة درجة الحرارة في الظروف الجوية الفعلية عن دمج ثنائي الفينيل متعدد الكلور المركب المستقر الشكل، مثل المواد القائمة على الأتابولجيت [28]. علاوة على ذلك، فإن إضافة مجاميع النفايات البلاستيكية من إعادة تدوير الكابلات يمكن أن يحسن مرونة لوح الجبس وقوته المرنة والراحة الحرارية مع توفير بديل مستدام لمواد البناء التقليدية [29]. بالإضافة إلى ذلك، فإن إضافة تقوية ألياف الكتان إلى ألواح الجبس يمكن أن يحسن قوتها المرنة وخصائص العزل الحراري، كل ذلك مع تقليل بصمتها الكربونية [30].

8.I. خصائص المواد المركبة من الجبس والألياف الطبيعية

بالمقارنة مع ألواح الجبس التقليدية، تظهر المواد المركبة المكونة من الجبس والألياف الطبيعية صفات ميكانيكية واعدة. يتم تحسين الأداء والسلامة الهيكلية لمركبات الجبس عن طريق إضافة ألياف طبيعية مثل الزجاج والموز والقنب والسيزال. تزيد هذه الألياف من صلابة المركب، وتقلل من انتشار الشقوق، وتحسن تفاعل واجهة الألياف/المصفوفة [31, 32]. علاوة على ذلك، يمكن تحسين خلط المواد باستخدام عوامل التصحيح في تقنيات الصب الهجينة، وتحسين كثافة مركبات الجبس ومساميتها وقوتها المرنة وقوتها الانضغاطية [33]. بالإضافة إلى ذلك، فإن السمات المورفولوجية لألواح الجبس التي تحتوي على صفيح الماء وإضافات ألياف جوز الهند تظهر انتقالاً أفضل للحرارة وتجاويف أقل، مما يشير إلى إمكانية تحسين القدرات الميكانيكية [34].

9.I. المواد المركبة من الجبس والألياف النخيل

لقد حسنت مواد ألياف الجبس والنخيل المركبة صفات مثل القوة الأكبر ومقاومة المياه والمتانة، مما يجعلها مناسبة لمجموعة من الاستخدامات في قطاع البناء. وقد ثبت تحسن الصفات الميكانيكية، وانخفاض امتصاص الماء، وارتفاع مقاومة الصقيع والتآكل من خلال مركبات الجبس المعززة بألياف النخيل [34, 35]. يمكن استخدام هذه المركبات الحيوية بخصائصها الميكانيكية والحرارية والفيزيائية المقبولة كمواد عزل حراري فعالة [36]. علاوة على ذلك، فإن إضافة ألياف النخيل إلى مركبات الجبس يمكن أن يزيد من مرونتها، ومقاومة الانحناء، وقدرة امتصاص الطاقة، مما قد يؤجل انتشار الشقوق وتجنب الفشل الهيكلي في تطبيقات مثل الألواح والحزم [37]. على الرغم من أن انخفاض قوة الضغط قد يكون له عيوب، فإن البحث عن طرق لتقليل هذه التأثيرات يمكن أن يحسن وظائف وتطبيق هذه المواد المركبة.

10.I. الخلاصة

أظهرت الدراسات التأثير الإيجابي للمواد الطبيعية مثل الاليف النباتية على تحسين خواص المادة المركبة. حيث لوحظ ان اليف النباتية وخاصة اليف النخيل تحسن من الخواص وسلوك الجبس. ففي هذا السياق نهدف الى استعمال وتثمين مخلفات النخيل كمادة بديلة لتعزيز سلوك الجبس المستخدم في البناء والعزل الحراري.

الفصل II

التوصيف الميكانيكي، الفيزيائي والحراري للمادة
المركبة

1.II. مقدمة

في هذا الجزء من الدراسة، نعرض اهم مراحل تحضير عينات المادة المركبة، ليتم بعدها التوصيف الفيزيائي والميكانيكي والحراري للعينات المحضرة، من خلال مجموعة من الاختبارات، كما يتم عرض وتحليل النتائج المتحصل عليها من خلال اختبارات الضغط، صلابة برينل، قياس الكتلة الحجمية، و الناقلية الحرارية.

2.II. تحضير عينات الاختبارات

يتم تحضير مجموعة من العينات الاختبار حسب المعايير الدولية، حيث تكون المادة المركبة متكونة مصفوفة الجبس وتعزيز بنسب متفاوتة من مخلفات النخيل.

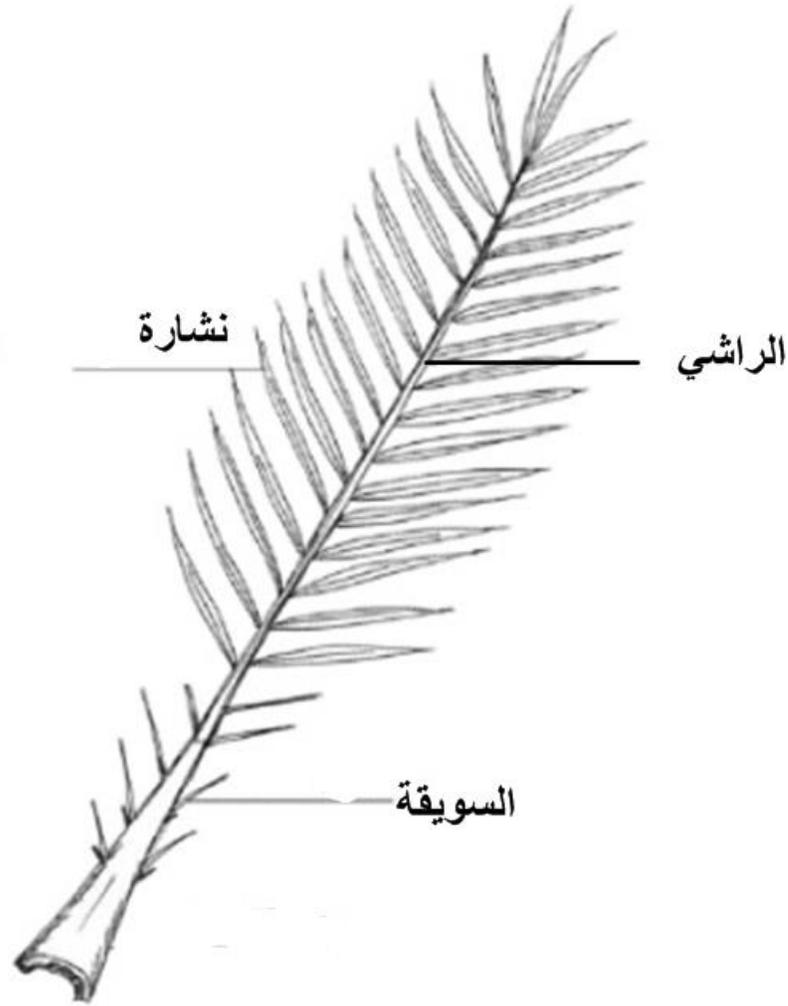
1.2.II. الالياف

الالياف المستخدمة لهذه الدراسة تتجسد في مخلفات أشجار النخيل من أوراق النخيل التي يتم جمعها في منطقة طولقة في بسكرة- الجزائر. تتوفر هذه الاوراق بكثرة في بساتين النخيل ويتم التخلص منها في اغلب الوقت عن طريق حرقها.

السويقات والراشي والنشارة هي الأجزاء الأساسية الثلاثة من أوراق النخيل. ويبين الشكل (1.II) مكونات أوراق النخيل وموضع الألياف المستخدمة في الدراسة داخل شجرة النخيل. تم استخراج جزء الراشي ميكانيكياً عن طريق نزع النشارة منه. بعدها يتم طحن اعواد الراشي إلى قطع بطول 30 سم بواسطة مطحنة سكين موجودة في بساتين النخيل. يتم إحضار الألياف التي تم الحصول عليها إلى المختبر ليتم تجفيفها عند 110 درجة في الفرن وغربلتها من خلال سلسلة من المناخل، ليتم في الاخير الحصول على الياف يبلغ قطرها 0.08 مم التي ستستخدم كتعزيز.



الشكل 1.II. مراحل تحضير الياف التعزيز.



الشكل 2.II أجزاء مكونات ورقة النخيل.

2.2.II الجبس

الجبس المستعمل في هذه الدراسة هو عبارة عن جبس البناء المسوق تحت علامة l'Aurés Plâtre ذو خصائص الموضحة في الورقة التقنية (الشكل 3.II).

المميزات التقنية

- تبيض على جميع الأسطح: الحجر، الخرسانة، الصخر... إلخ.
- جودة فائقة ومرهودة مرتفع 40 كغ - 6/4 متر مربع.
- جفاف سريع بعد التثبيت.
- سهل التثبيت و اقتصادي.
- صلابة عالية.
- أبيض صافي و بدون أي شوائب.
- خاصية الجبس الطبيعي هي المحافظة على درجة حرارة المكان.
- لوراس بلاتر للبناء هو منتج الجبس الطبيعي.

التخزين: جودة و نوعية المنتج تبقى ثابتة حوالي ستة [6] أشهر في حالة التخزين الطبيعي في المكان الجاف و بعيداً عن الرطوبة.

Caractéristique technique:

- Application sur tous types de cloisons (brique, pierre, parpaing ...etc).
- Facilité d'Application.
- Rendement hautement optimisé (40Kg - 4/6 m²)
- Excellent rendu de finition (surface blanche et lisse).
- Bonne dureté.
- Qualités naturelles de plâtre en tant que régulateur thermique.
- L'Aurès plâtre construction est un plâtre a base de gypse naturelle.

Stockage: La qualité du produit reste constante environ six (6) mois, tout en respectant les conditions naturelles, dans un lieu sec a l'abri de l'humidité, isolé du sol et en le gardant dans son emballage d'origine.

Groupe Chenoufi industrie

الشكل 3.II. المميزات التقنية للجبس المستعمل كمصفوفة.

3.2.II. المادة المركبة الحيوية

بعد عملية الغربلة تم اختيار الألياف بحجم 0.08 ملم كتعزيز، والجبس كمصفوفة. عينات الاختبار حضرت بنسب كتلية متفاوتة ويتم تسمية هذه العينات على النحو التالي CPF_i حيث i=I,II,III,IV والتي تمثل النسب 5%، 10%، 15%، و 20% على الترتيب. ابعاد العينات تكون حسب المعايير الدولية وباستخدام قوالب فولاذية مخصص لذلك.

حيث يتم خلط ألياف شجرة النخيل حسب العلاقة (2.II) مع الماء المقطر ومسحوق الجبس حيث كانت قيمة الماء المضاف هي 156 ملم. تُخلط المكونات معاً باستخدام الخلاط الكهربائي لمدة دقيقة ونصف، حتى يتجانس الخليط تماماً. يتم أخذ قطع الاختبار بعد قولبة الخليط يوضع في انتظار ما لا يقل عن أربع ساعات حتى يتصلب. تُترك قطع الاختبار التي تم جمعها في درجة حرارة الغرفة لمدة ثمانية وعشرين يوماً، ثم يتم إخضاعها لسلسلة من الاختبارات.

$$(2.II) \quad M_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100$$

M_f : نسبة كتلة الألياف [%]، m_f : كتلة الألياف [kg]، m_c : الكتلة الحيوية للمركب [kg].



الشكل 4.II. مراحل تحضير المادة المركبة.

3.II. الاختبارات

لتوصيف سلوك المادة المركبة ودراسة تأثير نسبة التعزيز على الخواص الميكانيكية، الفيزيائية والحرارية. يتم خضع العينات الى مجموعة من الاختبارات الضغط، صلادة برينل والناقلية الحرارية بالإضافة الى قياس الكتلة الحجمية.

1.3.II. الميكانيكية

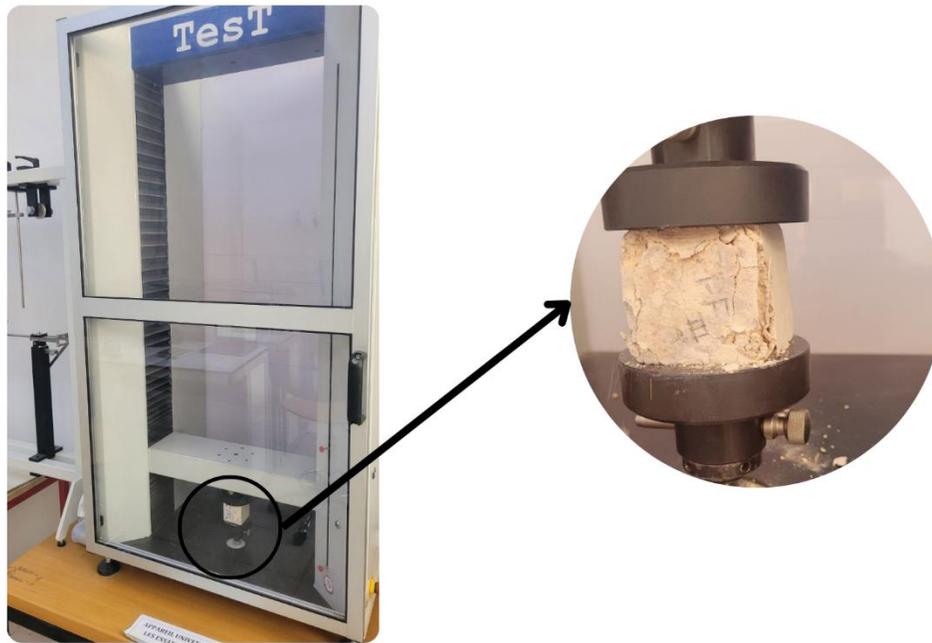
• اختبارات الضغط

تمت تجربة ضغط تبعاً للنظام الدولي EN 1015-11، ابعاد عينات الاختبار الانضغاطي (50 × 50 × 50) مم³. استعمل جهاز TEST GmbH ذو قوة ضاغطة 50 كيلو نيوتن، ومرتبطة برنامج حسابي رقمي Test Winner 950 بالحاسوب. ويتم حساب الاجهاد حسب العلاقة (3.II) ومعامل يونغ للضغط حسب العلاقة (4.II).

$$(3.II) \quad \sigma_c = \frac{F}{A}$$

$$(4.II) \quad E_c = \frac{\sigma_c}{\varepsilon_c}$$

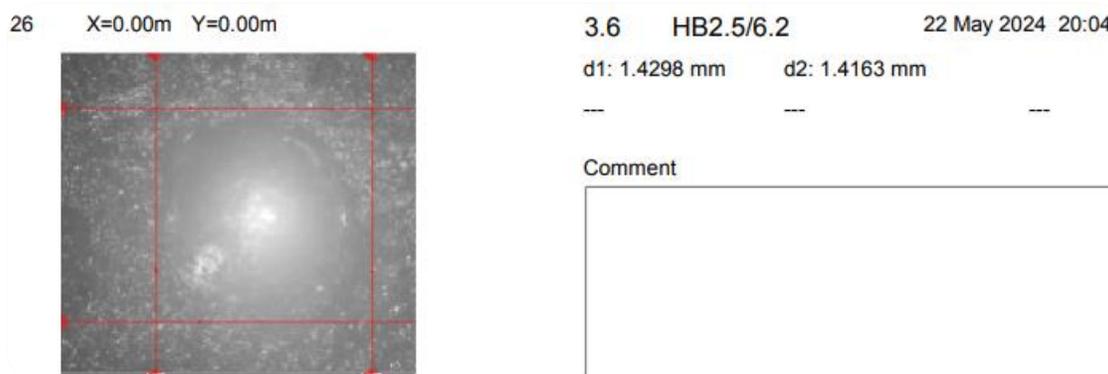
σ_c : الاجهاد [MPa], ε_c : تشوه الضغط, E_c : معامل يونغ للضغط [MPa], F: القوة المطبقة [N], A: المنطقة المقطعية [m²].



الشكل 5.II. اختبار الضغط.

• اختبارات صلابة برينل

تمت اختبار الصلابة بمعايير عالمية وذلك باستخدام جهاز INNOVATEST VERZUS 750CCD التابعة لشركة INNOVATEST Europe BV، حيث تم اختبار عينات بحجم (50×50×20) مم³ بكرة فولاذية مقاس 2.5 مم بوزن 6.2 كجم، وذلك لمدة 30 ثانية (انظر الشكل 6.II).



الشكل 6.II. نتائج قياس من جهاز قياس صلابة برينل.

يتم حساب رقم صلابة برينل (BHN) من خلال حساب متوسط بيانات خمسة قياسات لكل عينة باستخدام العلاقة (5.II).

$$(5.II) \quad BHN = \frac{(2.P)}{\pi . D . (D - \sqrt{(D^2 - d^2)})}$$

BHN: رقم صلابة بريزل [HB], P: القوة المطبقة [N], d: قطر علامة الكرة [mm], D: قطر الكرة [mm].

2.3.II. الفيزيائية

• قياس الكتلة الحجمية الظاهرية

تم قياس الكتلة الحجمية الظاهرية لعينات المركب الحيوي عن طريق قياس متوسط كتلتها و متوسط حجمها ، و من ثم حساب الحجم بطريقة هندسية ; كما هو محدد في المعادلة (6.II) [38].

$$(6.II) \quad \rho = \frac{m_c}{v_c}$$

ρ : الكتلة الحجمية الظاهرية [kg/m³], m_c : كتلة العينة [kg], v_c : حجم العينة [m³].

تم تحديد وزن العينات باستخدام ميزان بدقة 0.01 كجم. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد حجم العينة بقياس ابعادها عدة مرات باستخدام قدم قنوية بدقة 0.02 ملم. أجريت التجربة على خمس عينات من كل نسبة كتلية وتم حساب متوسط النتائج (انظر الشكل 7.II).



الشكل 7.II. أدوات قياس الكتلة الحجمية الظاهرية.

3.3.II. الحرارية

• اختبارات قياس الناقلية الحرارية

تم قياس الناقلية الحرارية باستعمال جهاز خاص المستعمل في الدراسة [39], كانت ابعاد العينات (50×50×8) مم³, توضع العينة التي سيتم تحديد مقاومتها الحرارية بين لوحين من الألومنيوم بقياس 55 سم. تضمن لوحًا الألومنيوم تجانس درجة الحرارة على كل جانب من العينة عن طريق التثبيت. الطبق العلوي على اتصال مع مصدر بارد θ_2 ، والصفحة السفلية على اتصال مع مصدر

ساخن θ_1 . الطاقة الحرارية قابلة للتعديل. يتم تعديل الطاقة الحرارية بحيث يتم الحفاظ على الصفحة السفلية عند درجة الحرارة θ_1 . ويبين الشكل (8.II) جهاز التوصيل الحراري عند الوصول إلى الثبات، يتم تحديد الموصلية الحرارية بواسطة العبارة (5.II).

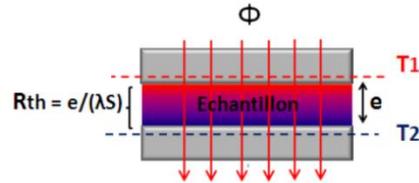
$$(5.II) \quad \gamma = \frac{\phi \cdot e}{\varphi_2 - \varphi_1}$$

يتوافق هذا التدفق الحراري ϕ مع الطاقة الكهربائية لنقل الطاقة:

$$(6.II) \quad \phi = P = U \cdot I$$

نجد:

γ : الموصلية الحرارية [w/m.k], ϕ : التدفق الحراري [w/m²], φ_2, φ_1 : درجة الحرارة منخفضة ودرجة الحرارة العالية
 e , [k]: السماكة, P , [m]: الطاقة الكهربائية [w], U : التوتر [V], I : الشدة [A].



الشكل 8.II. قياس الناقلية الحرارية.

4.II. نتائج و تحاليل

من خلال النتائج المتحصل عليها من مختلف الاختبارات التي أجريت على عينات المادة المركبة ; يتم تدوين قيم خواص الميكانيكية، الفيزيائية والحرارية للمركبات الحيوية، وذلك حسب مختلف نسب الكتلية للمادة التعزيز المستخرجة من مخلفات النخيل (اللجين).

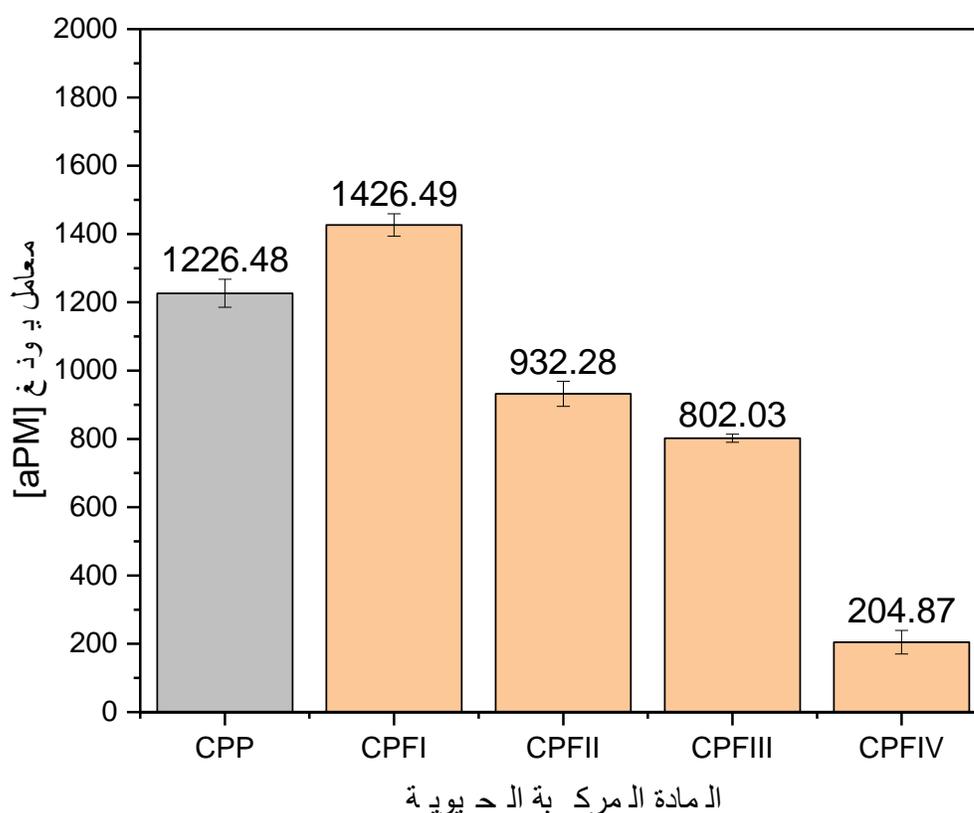
الجدول 1.II. الخواص الميكانيكية، الفيزيائية، والحرارية للمادة المركبة بنسب كتلية مختلفة من اللجين.

معامل يونغ [MPa]	صلابة برينل [HB]	الكتلة الحجمية [Kg/m ³]	الناقلية الحرارية [w/m.k]	معرف المواد
40.79 ± 1226.48	0.20 ± 4.40	23.74 ± 1225.05	0.0052 ± 0.4932	CPP
32.98 ± 1426.49	0.14 ± 3.38	22.70 ± 1213.94	0.0038 ± 0.4578	CPFI
36.74 ± 932.28	0.14 ± 3.26	13.71 ± 1109.95	0.0044 ± 0.3664	CPFII
12.11 ± 802.03	0.20 ± 2.50	39.92 ± 1041.80	0.0036 ± 0.2851	CPFIII
34.45 ± 204.87	0.18 ± 2.40	12.39 ± 899.72	0.0048 ± 0.2548	CPFVI

نلاحظ من الجدول تباين في سلوك المادة المركبة، حيث ان الخصائص الميكانيكية تتدهور عند إضافة مخلفات النخيل، إلا ان نسبة 5% لقد أظهرت تأثير إيجابي على قيم معامل يونغ. على عكس الخصائص الفيزيائية والحرارية التي تتحسن كلما زادت النسب الكتلية لمخلفات النخيل وذلك مقارنة بالجبس النقي.

1.4.II. اختبار الضغط

الشكل (9.II) يمثل قيم معامل يونغ للمادة المركبة بدلالة مختلف النسب الكتلية اللجين مقارنة بالجبس النقي.



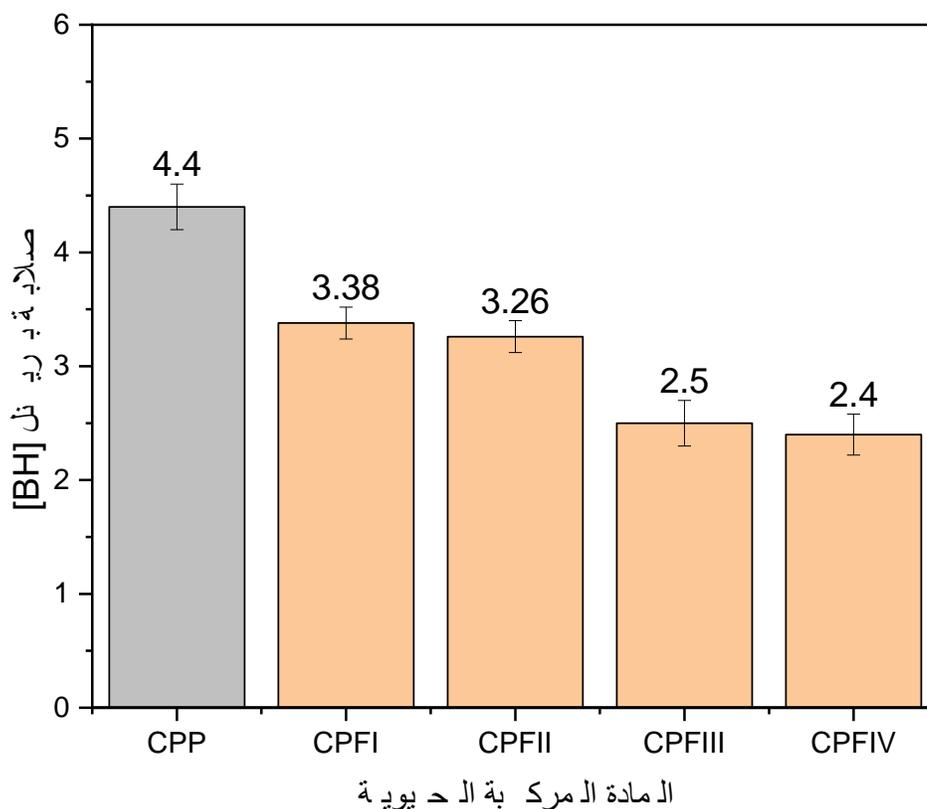
الشكل 9.II. معامل يونغ للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس.

نلاحظ من الشكل 9.II. ان قيمة معامل يونغ لعينة الجبس النقي محصورة في المجال (1185,69 و 1267,27) ميغا باسكال. كما يمكننا ملاحظة تحسن معامل يونغ للمركب الحيوي عند إضافة 5% من اللجين ذات الحجم 0,08 الى الجبس النقي بقيمة تقدر

16%. اما عند النسب الكتلية 20% 15% 10% فتكون قيمة المعامل اقل من عينة الجبس بقيم تقدر 24%، 35% و84% على الترتيب. نلاحظ كذلك انه كلما زادت نسب اللجين انخفضت قيم معامل يونغ. قد يعود ذلك الى الاحجام المختارة في تحضير العينات مما يخلق نقاط ضعف داخل المصفوفة.

2.4.II. اختبار قياس الصلابة

الشكل (10.II) يمثل قيم صلابة برينل للمادة المركبة بدلالة مختلف النسب الكتلية اللجين مقارنة بالجبس النقي.

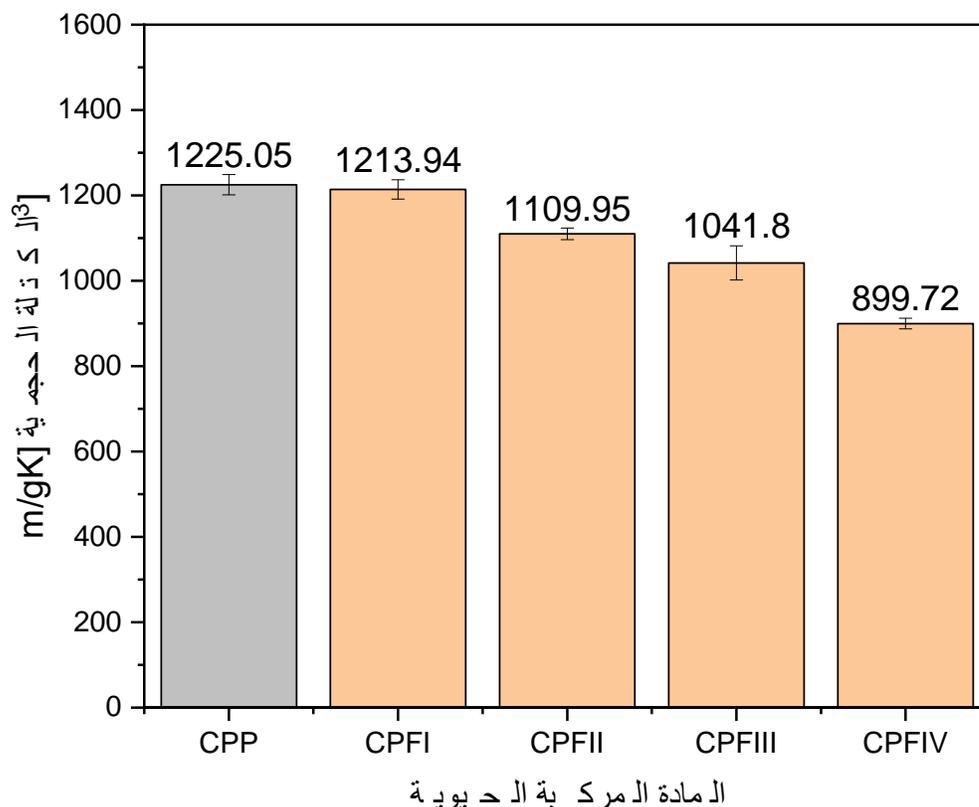


الشكل 10.II. صلابة برينل للمواد المركبة الحبيوية مقارنة بالجبس.

نلاحظ من الشكل 10.II. ان صلابة مادة المركبة الحبيوية (CPFI) اقل من صلابة الجبس النقي (CPP). كما يوضح البيان انه كلما زادت النسبة الكتلية اللجين للمادة المركبة كلما تناقصت قيمة صلابة للمادة المركبة وقد يعود ذلك لطبيعة مادة اللجين الذي يعتبر مادة مرنة. صلابة الجبس النقي (CPP) كانت في حدود HB 4.40، كما سجلت اعلى و اقل قيمة لصلابة للمادة المركبة الحبيوية (CPFI) عند النسب 5% و20% بقيم تبلغ HB 3.38 و HB 2.40 على الترتيب.

3.4.II . قياس الكتلة الحجمية الظاهرية

الشكل (11.II) يمثل قيم الكتلة الحجمية للمادة المركبة بدلالة مختلف النسب الكتلية للجلين مقارنة بالجبس النقي.

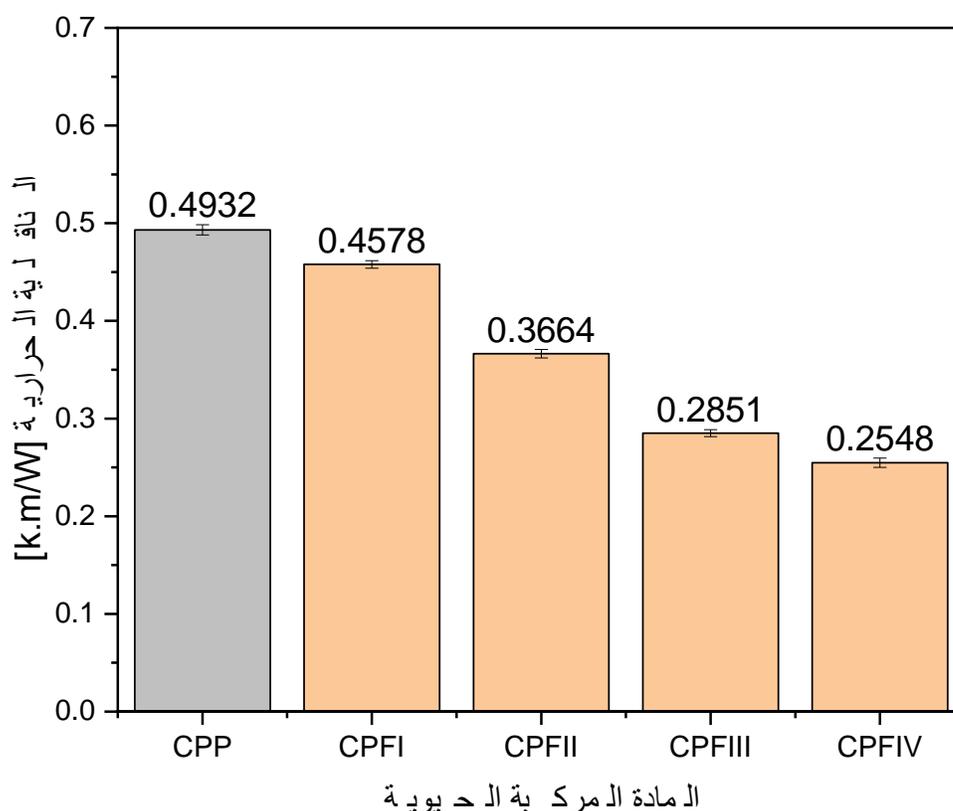


الشكل 11.II. الكتلة الحجمية للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس.

يظهر الشكل 11.II. ان الكتلة الحجمية للمادة المركبة الحيوية (CPFi) اقل من الكتلة الحجمية للجبس (CPP). كلما زادت النسبة الكتلية للألياف المضافة للجبس كلما نقصت الكتلة الحجمية للمواد المركبة الحيوية (CPFi). تبلغ الكثافة الحجمية للجبس (CPP) 1225.05 Kg/m^3 . سجلت اعلى وافل قيمة للكتلة الحجمية للمواد المركبة الحيوية (CPFi) عند النسب الكتلية للألياف المقدره ب 5% و 20% بقيم تبلغ 1213.94 Kg/m^3 و 899.72 Kg/m^3 على الترتيب. نسبة انخفاض الكتلة الحجمية للمواد المركبة الحيوية (CPFi) مقارنة بالجبس (CPP) كلما زادت النسبة الكتلية للألياف المضافة كتعزيز هي 1%، 9.4%، 14.6%، و 26.6% على الترتيب.

4.4.II. اختبارات قياس الناقلية الحرارية

الشكل (12.II) يمثل قيم الناقلية الحرارية للمادة المركبة بدلالة مختلف النسب الكتلية للجلين مقارنة بالجبس النقي.



الشكل 12.II. الناقلية الحرارية للمواد المركبة الحيوية مقارنة بالجبس.

يظهر الشكل 12.II. ان الناقلية الحرارية للمادة المركبة الحيوية (CPFI) اقل من الناقلية الحرارية للجبس النقي (CPP). كلما زادت النسبة الكتلية للجبس كلما نقصت الناقلية الحرارية. كما ان الحرارة الداخلية للجبس المدعم بألياف التعزيز للجبس اقل من الحرارة الداخلية للجبس النقي. سجلت اعلى واقل قيمة للناقلية الحرارية للمواد المركبة الحيوية عند النسب الكتلية للألياف 5% و20% حيث بلغت قيمتها $W/m.K$ 0.4578 و $W/m.K$ 0.2548 على الترتيب. اضافة مخلفات النخيل الى الجبس النقي يؤدي الى تحسين الخصائص الحرارية للجبس. وقد يرجع ذلك كون جزيئات اللجين تعيق انتشار الحرارة داخل المادة المركبة.

5.II. الخلاصة

من خلال النتائج المتحصل عليها من مختلف الاختبارات الميكانيكية, الفيزيائية و الحرارية على عينات المواد المركبة بنسب كتلية متفاوتة من اللجين . نستنتج تأثير ملحوظ لهذه النسب على مختلف خصائص المادة المركبة. تدهور الخصائص الميكانيكية عند اضافة نسب كتلية 10% و 15% و20% من اللجين وتحسنت عند اضافة نسبة كتلية 5%. اما فيما يخص الخصائص الفيزيائية والحرارية فقد تحسنت بشكل ايجابي وملحوظ مقارنة بالجبس النقي. فكلما زادت النسب الكتلية للجبس كلما تحسنت الخصائص الفيزيائية والحرارية. فيمكننا ان نستنتج ان اضافة مخلفات النخيل للجبس تحسن من خصائصها الفيزيائية والحرارية والذان يعتبران خاصيتان اساسيتان عند المواد المستعملة في البناء والعزل الحراري.

III الفصل

المحاكاة الرقمية لدراسة حالة جدار عازل

1.III. مقدمة

هذا الفصل، يركز على دراسة حالة جدارين عازلين وذلك باستخدام محاكاة الرقمية باستعمال برنامج ANSYS، من خلال اجراء التجارب التطبيقية التي تطرقنا اليها في الفصل الثاني، والتي تقدم خصائص المادة المركبة وعلى أساس هذه النتائج كانت المحاكاة الرقمية بعد إنشاء نموذج لجدارين مختلفين باستخدام برنامج SolidWorks وبرنامج ANSYS لمحاكاة انتشار الحراري .

2.III. البرامج المستعملة في عملية المحاكاة

بغرض اجراء عملية المحاكاة لدراسة حالة لنوعين من الجدارين الذي تم عزله بطبقة داخلية من المواد المركبة الحيوية. تم استغلال برنامجين في هذه الدراسة، الأول هو برنامج SolidWorks لتصميم الحائط تصميمًا ثلاثي الأبعاد، اما الثاني هو برنامج ANSYS لتحليل الهندسي. تم تطبيق شروط داخلية وخارجية من حرارة مطبقة على الحائطين. الحرارة الخارجية تم اعتماد اكبر حرارة مسجلة في منطقة بسكرة من سنة 1991 الى سنة 2021 بحرارة تبلغ 39,2 درجة مئوية [40]. اما الحرارة الداخلية فتم اعتمادها على حسب ما تنص عليه وكالة حماية البيئة الامريكية (US EPA) [41], بحرارة تبلغ 20 درجة مئوية.

1.2.III. برنامج Solid Works

يسمح لنا برنامج التصميم الميكانيكي SOLIDWORKS® برسم قطع ميكانيكية و دمجها ، ويمكن للمصممين رسم بسرعة ويعطي ميزات كثيرة منها إنشاء نماذج ورسومات معقدة [42].



الشكل 1.III. واجهة برنامج SolidWorks 2023.

2.2.III. برنامج ANSYS

بعد برنامج التحليل الهندسي (ANSYS) أحد أفضل برامج اختبار التصميم وأكثرها فاعلية، وهو أيضًا سهل الاستخدام للغاية وينتج نتائج بدقة ممتازة. ومن أقوى البرامج التحليل الهندسي هو برنامج ANSYS. دقته كبيرة في النتائج وسهولة استخدامه وهي السمات المميزة له [43].



الشكل. III.2. واجهة برنامج ANSYS 2019R3.

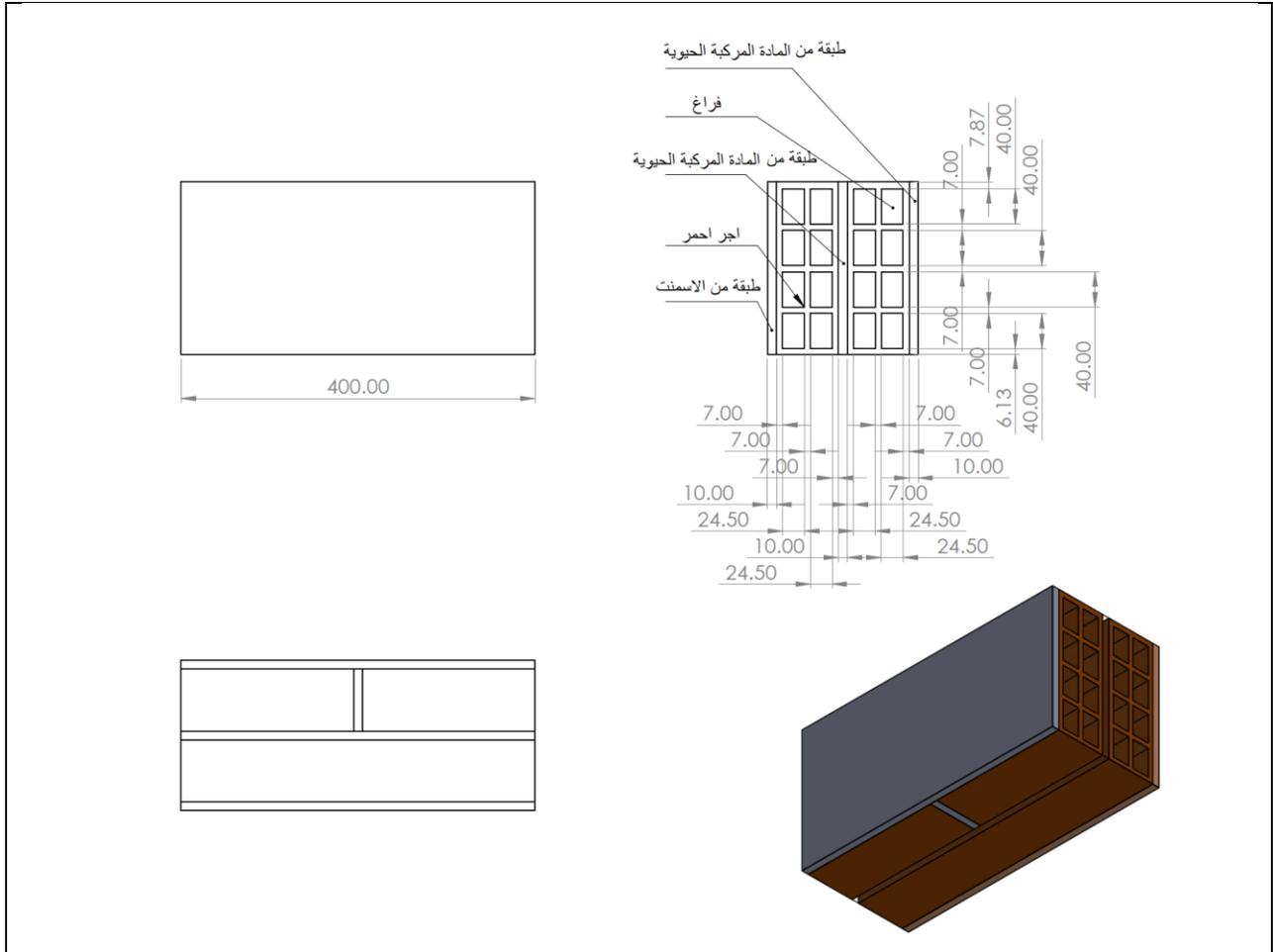
III.3. دراسة حالة جدار عازل

في هذا الجزء من الدراسة نركز على استعمال النتائج التجريبية للمركب الحيوي المدروس في الفصل II. ومن ثم محاكاة حالة جدار عازل وسط المباني. نأخذ حالتين مختلفتين من الجدران.

III.3.1. تصميم الجدارين ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج Solid Works

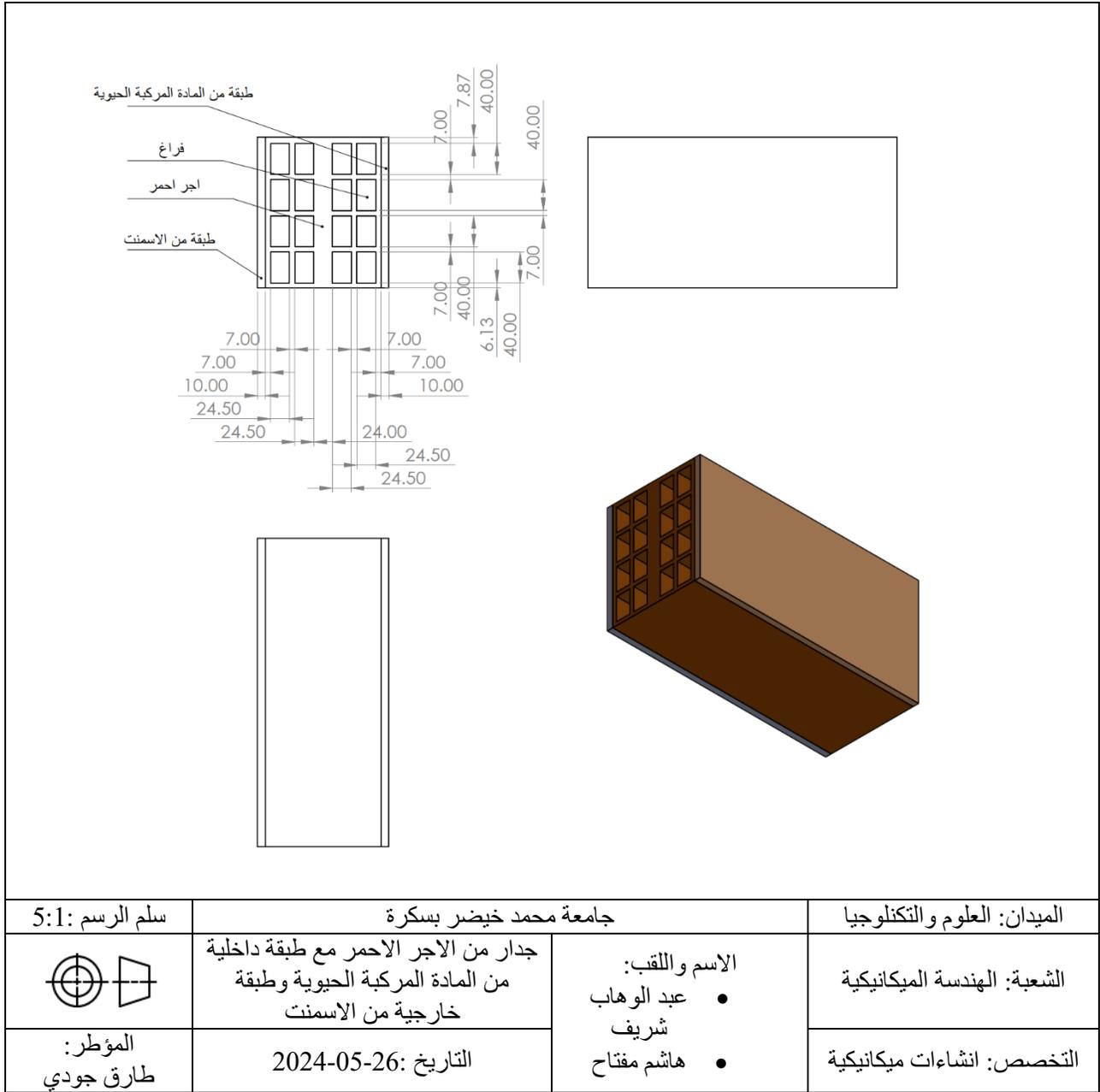
تم تصميم نوعين من الجدران بأبعاد محددة ومأخوذة من الواقع بواسطة برنامج SolidWorks. تصميم الاجر مأخوذ من شركة الاسبانية للاجر (انظر المرفق رقم 1) [44]. تم وضع طبقة داخلية من المواد المركبة الحيوية بسمك 10مم لعزل الجدار ذو سماكة 150مم مع طبقة خارجية من الاسمنت. تم دراسة الجدار على نوعين مختلفين:

- **الجدار الأول** : مكون من جدارين من الاجر بسمك 70 مم لكل منهما مع مادة مركبة حيوية او من الجبس بينهما بسمك 10 مم (انظر الشكل III.3);
- **الجدار الثاني** : مكون من جدار واحد من الاجر الأحمر بسمك 150 مم (انظر الشكل III.4).



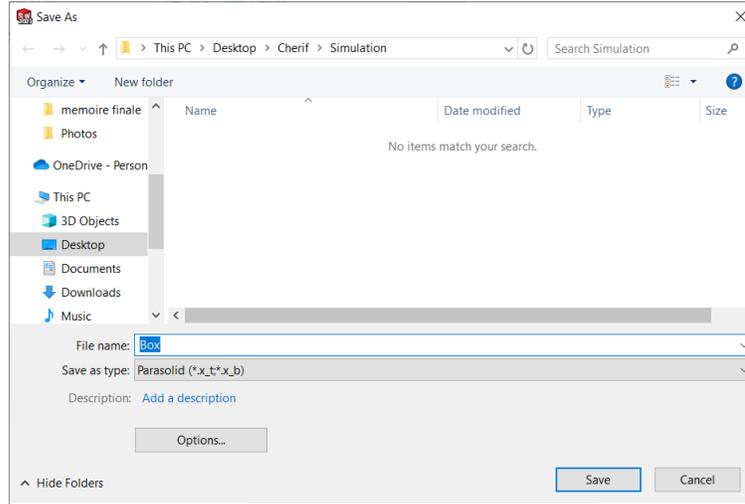
5:1 سلم الرسم	جامعة محمد خيضر بسكرة		الميدان: العلوم والتكنولوجيا
	جدار مزدوج من الاجر الاحمر مع مادة مركبة حيوية او الجبس في الوسط وطبقة داخلية من المادة المركبة الحيوية وطبقة خارجية من الاسمنت	الاسم واللقب: • عبد الوهاب شريف • هاشم مفتاح	الشعبة: الهندسة الميكانيكية
	المؤطر: طارق جودي	التاريخ: 2024-05-26	

الشكل III.3. رسم تفصيلي للحائط الأول.



الشكل III.4. رسم تفصيلي للحائط الثاني.

بعد تركيب قطع الحائطين بواسطة برنامج SolidWorks يتم حفظ ملف تركيب القطع على شكل امتداد Parasolid (*.x_t ;*.x_b) (انظر الشكل 5.III).



الشكل 5.III. امتداد ملف تركيب قطع الحائط.

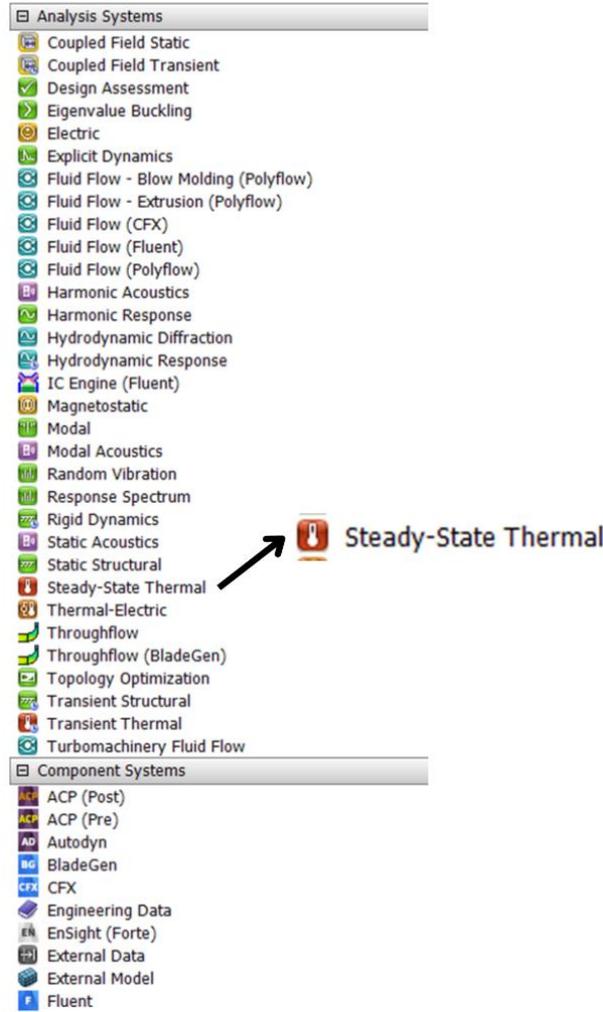
2.3.III. التحليل الهندسي بواسطة برنامج ANSYS Workbench

قمنا بتحليل هندسي لتطبيق شروط داخلية وخارجية من حرارة مطبقة على الجدارين بواسطة برنامج ANSYS Workbench (انظر الشكل 6.III).



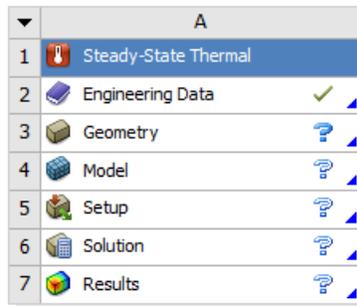
الشكل 6.III. ايقونة برنامج ANSYS Workbench.

بعد فتح البرنامج نختار من القائمة لنافذة أنظمة التحليلات (Analysis Systems) ايقونة الحالة الحرارية المستقرة (Steady State Thermal) (انظر الشكل 7.III).



الشكل 7.III. تحليل الحالة الحرارية المستقرة.

بعد اختيار حالة الدراسة نقوم بإدخال خصائص المادة المكونة للجدارين عن طريق النقر على البيانات الهندسية (Engineering Data) (انظر الشكل 8.III) لإدخال الناقلية الحرارية الخاصة بكل مادة (انظر الجدول 1.III).



الدراسة الحرارية

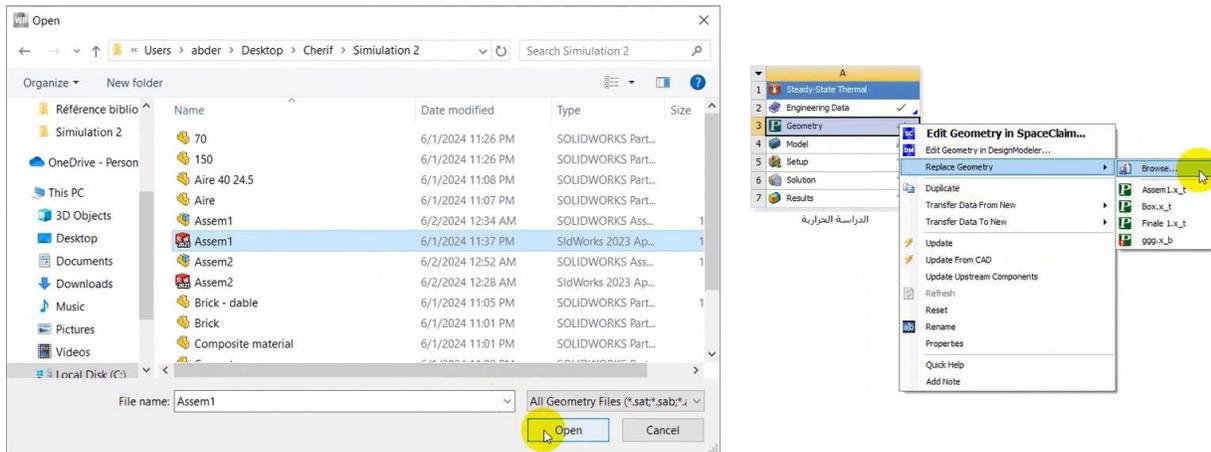
الشكل 8.III. البيانات الهندسية في الحالة الحرارية المستقرة.

يمثل الجدول 1.III. الناقلية الحرارية للمواد المكونة للجدارين.

الجدول 1.III. الناقلية الحرارية للمواد المكونة للجدارين.

الناقلية الحرارية [w/m.k]	المادة	
^[45] 0.026	الهواء	
^[44] 0.29	الاجر الاحمر	
^[45] 0.72	الاسمنت	
0.0052 ± 0.4932	CPP	الجبس
0.0038 ± 0.4578	CPFI	المواد المركبة الحيوية
0.0044 ± 0.3664	CPFII	
0.0036 ± 0.2851	CPFIII	
0.0048 ± 0.2548	CPFIV	

بعد ادخال البيانات الهندسية (Engineering Data) نقوم باسترداد ملف تركيب قطع الجدار المصمم مسبقا (انظر الشكل 9.III) و الذي هو محفوظ على شكل امتداد Parasolid (*.x_t ; *.x_b) (انظر الشكل 10.III).



الشكل 10.III. ملف الشكل الهندسي للجدار على شكل امتداد Parasolid (*.x_t ; *.x_b)

الشكل 9.III. استرداد الشكل الهندسي للجدار.

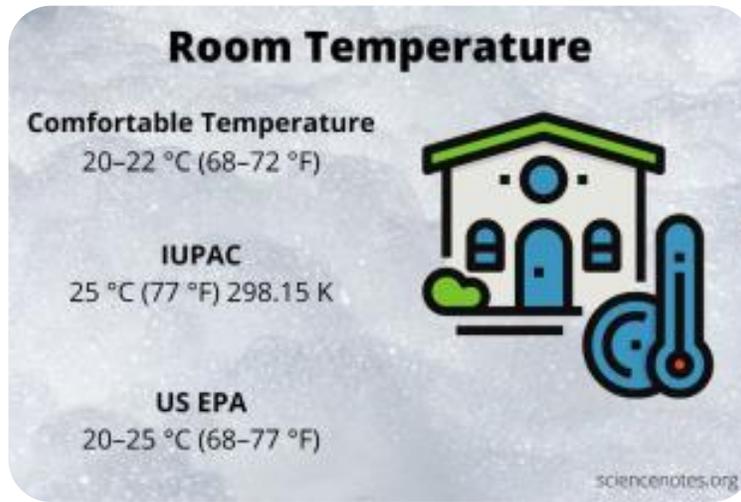
لدراسة انتقال الحرارة على طول الجدار تتطلب الدراسة الالتزام بالقواعد التالية:

- تحديد نوعية كل مادة لكل قطعة مكونة للجدار
- تحديد شبكة (Mesh) التحليلات لزيادة دقة النتائج
- اعتماد حرارة خارجية لأكبر متوسط اعلى حرارة شهرية مسجلة في منطقة بسكرة من سنة 1991 الى سنة 2021 والتي بلغت 39,2 درجة مئوية^[46].
- اعتماد حرارة داخلية اكثر اريحية على حسب ما تنص عليه وكالة حماية البيئة الامريكية ^[41](US EPA) بحرارة تبلغ 20 درجة مئوية داخل غرف المنازل (انظر الشكل 11.III).

يمثل الجدول 2.III. أعلى متوسط حرارة شهرية مسجلة في منطقة بسكرة-الجزائر من سنة 1991 الى سنة 2021 (انظر الجدول 2.III).

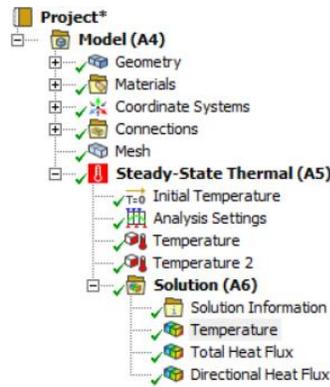
الجدول 2.III. أعلى متوسط حرارة شهرية مسجلة في منطقة بسكرة-الجزائر من سنة 1991 الى سنة 2021. [40]

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	افريل	ماي	جوان	جويلية	اوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
اعلى متوسط للحرارة C°	15.2	16.9	21.5	25.8	30.7	36	39.2	38	32.7	27.4	19.9	15.8



الشكل 11.III. الحرارة الأكثر اريحية للغرفة حسب وكالة حماية البيئة الامريكية US EPA [41].

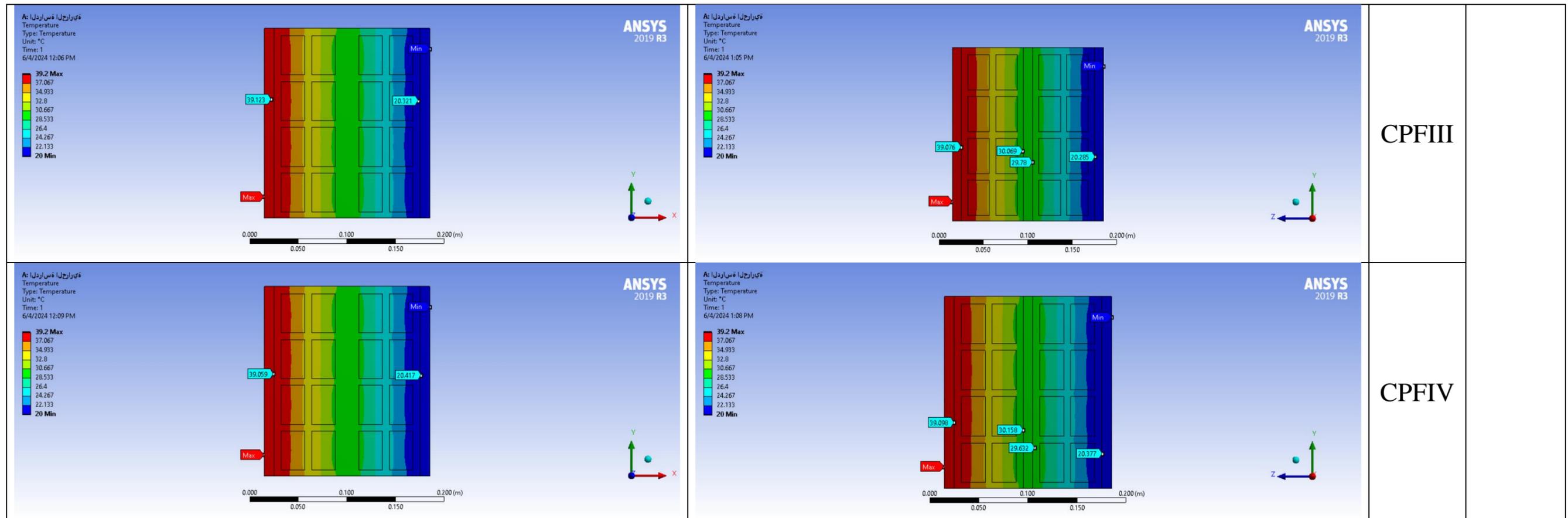
بعد ادخال المواد المكونة للجدار وتطبيق الحرارة الداخلية والخارجية على الجدار (انظر الشكل 12.III). نقوم باستخراج نتائج الناقلية الحرارية للجدار وتنظيمها (انظر الجدول 3.III).



الشكل 12.III. خطوات دراسة التحليل الهندسي لإيجاد الناقلية الحرارية للجدار.

يمثل الجدول 3.III. نتائج المتحصل عليها بعد تطبيق شروط الحرارة الداخلية و الخارجية و اعتماد المواد المكونة للجدار منها المادة المكونة للطبقة الداخلية للعزل في حالة الجبس او المواد المركبة الحيوية.
 الجدول 3.III. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار مزدوج الاجر والجدار احادي الاجر.

جدار احادي الاجر	جدار مزدوج الاجر	المادة	
		CPP	الجبس
		CPFI	المواد المركبة الحيوية
		CPFII	المواد المركبة الحيوية



4.III. تحليل نتائج محاكاة انتقال الحرارة لدراسة الحالة

تم استعراض النتائج الخاصة بالمحاكاة الرقمية للجدارين في الجدولين (4.III و 5.III).

الجدول 5.III. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار أحادي الاجر.

الحرارة [°C]					الجبس	طول الجدار [mm]	جدار احادي الاجر
CPFIV	CPFIII	CPFII	CPFI	CPP			
39.200	39.200	39.200	39.200	39.200	0		
39.059	39.123	39.095	39.028	39.009	10		
20.417	20.321	20.225	20.836	20.221	160		
20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	170		

الجدول 4.III. نتائج الدراسة التحليلية للناقلية الحرارية للجدار مزدوج الاجر.

الحرارة [°C]					الجبس	طول الجدار [mm]	جدار مزدوج الاجر
CPFIV	CPFIII	CPFII	CPFI	CPP			
39.200	39.200	39.200	39.200	39.200	0		
39.098	30.076	39.024	39.066	39.096	10		
30.158	30.069	30.077	30.028	29.937	80		
29.632	29.78	29.761	29.724	29.738	90		
20.377	20.285	20.3	20.228	20.165	160		
20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	170		

المحاكاة الرقمية بواسطة برنامج ANSYS اثبتت كفاءة وفاعلية المواد العازلة من الحرارة المرتفعة التي تتميز بها منطقة بسكرة – الجزائر في الحالتين سواء كان الجدار مزدوج الاجر ام احادي الاجر. في الجدار المزدوج الاجر تم استعمال الجبس او المادة المركبة الحيوية بين كل جداري الاجر ذو السمك 70 مم لكل منهما، وعند مقارنة انتقال الحرارة على طول الجدار نجد انه لديهما نفس الكفاءة وربما يرجع الى سمك الجدار او نوعية الاجر المستخدم في الدراسة. يمكن الجزم في الاخير ان المادة المركبة الحيوية ذات كفاءة عالية للحفاظ على درجة حرارة الأكثر اريحية للغرفة.

5.III. الخاتمة

في هذا الفصل تم اجراء محاكاة عددية بواسطة برنامج ANSYS، بهدف دراسة عملية العزل الحراري للمواد المركبة الحيوية التي اجرينا عليها التجارب مسبقا. اظهرت عملية المحاكاة فاعلية قصوى للعزل الحراري من الحرارة العالية التي تمتاز به منطقة بسكرة-الجزائر للمحافظة على الحرارة الداخلية الاكثر اريحية للغرفة.

خلاصة عامة

خلاصة عامة

هذه الدراسة كانت من جزئيين: جزء تجريبي وجزء للمحاكاة الرقمية لدراسة حالة جدارين عازلين. هدفت هذه الدراسة لتثمين مخلفات النخيل وبالإضافة الى تحسين سلوك وخصائص الجبس النقي المستعمل في المباني والعزل الحراري. وذلك بتطوير مادة حيوية جديدة صديقة للبيئة.

في الجزء التجريبي كانت نتائج الميكانيكية متدهورة نسبيا في اختبارات الضغط والصلادة وقد يعود ذلك لطبيعة المادة المستعملة كتعزيز واحجامها (مادة لجين) على عكس خصائص الفيزيائية والحرارية التي تحسنت بشكل ملحوظ مقارنة بالجبس النقي. حيث كلما زادت نسبة مادة التعزيز (اللجين) تحسنت الخصائص الفيزيائية والحرارية للمركب الحيوي.

نستنتج ان إضافة مخلفات النخيل (اللجين) للجبس تجعل منه مادة عازلة مميزة وذلك لانخفاض كتلته الحجمية وناقليته الحرارية كلما زادت النسبة الكتلية لللجين بالمركب.

الجزء الثاني كان كمحاكاة لدراسة حالة لجدار عازل باستخدام المادة المركبة المدروسة في الجزء التجريبي قدمت نتائج إيجابية. حيث بالاستناد الى النتائج المتحصل عليها في الجزء التجريبي للمادة المركبة. كان انتشار الحرارة في الجدار الأول أكبر من انتشار الحرارة في الجزء الثاني. ويعود ذلك لفعالية المادة المركبة كمادة عازلة.

وفي الحالتين المادة المركبة اثبتت فعاليتها كمادة عازلة في برنامج المحاكاة.

نستنتج ان نسب التعزيز من مخلفات النخيل للجبس كان لها تأثير جد ملحوظ على الخواص الميكانيكية، الفيزيائية والحرارية للجبس.

وفي الأخير يمكن الإشارة الى ضرورة دراسات مستقبلية. لدراسة تأثير احجام الياف مخلفات النخيل على تحسين الخواص الميكانيكية للجبس.

المراجع

المراجع

1. Anouar, M., *Effet des traitements chimiques sur les propriétés mécaniques des composites polychlorures de vinyle/fibre de palmier*.
2. Harris, B., *Engineering composite materials*. 1999.
3. 2024 [cited 2024 04-06-2024]; Available from: https://ar.wikipedia.org/wiki/%D9%84%D9%8A%D9%81_%D8%B2%D8%AC%D8%A7%D8%AC%D9%8A%D8%A7%D9%86%D8%B8%D8%B1_%D8%A3%D9%8A%D8%B6%D9%8B%D8%A7_2.
4. Matthews, F.L., et al., *Finite element modelling of composite materials and structures*2000: Elsevier.
5. 2022. عمار, أ., ألياف الكربون.. 4 معلومات عن تقنية متوقع استخدامها في تخزين الهيدروجين, 2022.
6. TIANMA, ألياف الأراميد القصيرة, TIANMA: TIANMA.
7. Gornet, L., *Généralités sur les matériaux composites*. 2008.
8. Felsing, W. and A. Potter, *Gypsum and gypsum products*. Journal of Chemical Education, 1930. **7**(12): p. 2788.
9. Dev, B., et al., *Mapping the progress in natural fiber reinforced composites: preparation, mechanical properties, and applications*. Polymer Composites, 2023. **44**(7): p. 3748-3788.
10. Kurpińska, M., et al., *The impact of natural fibers' characteristics on mechanical properties of the cement composites*. Scientific Reports, 2022. **12**(1): p. 20565.
11. Mohammed, M., et al., *Comprehensive insights on mechanical attributes of natural-synthetic fibres in polymer composites*. Journal of Materials Research and Technology, 2023.
12. Rajeshkumar, L., et al., *Synthesis and thermo-mechanical properties of bioplastics and biocomposites: A systematic review*. Journal of Materials Chemistry B, 2023.
13. Kashyap, S. and J. Islam, *Optimization of the Mechanical Properties of Energy-Efficient Natural Fiber-Reinforced Polymeric Composites*, in *Advances in Smart Energy Systems*2022, Springer. p. 77-99.
14. Elfaleh, I., et al., *A comprehensive review of natural fibers and their composites: an eco-friendly alternative to conventional materials*. Results in Engineering, 2023: p. 101271.
15. Khatri, H., et al., *Potential of natural fiber based polymeric composites for cleaner automotive component Production-A comprehensive review*. Journal of Materials Research and Technology, 2023.
16. Patel, R.V., A. Yadav, and J. Winczek, *Physical, mechanical, and thermal properties of natural fiber-reinforced epoxy composites for construction and automotive applications*. Applied Sciences, 2023. **13**(8): p. 5126.
17. Jawale, P., et al., *Natural Fiber Base Composite Material Solution for Vibration Damping of ICE and Next-Generation Vehicle*, 2023, SAE Technical Paper.
18. Hasan, K.F., et al., *Natural/Synthetic Polymer Hybrid Composites in Automotive Applications*, in *Green Hybrid Composite in Engineering and Non-Engineering Applications*2023, Springer. p. 97-112.
19. El Hawary, O., et al., *An overview of natural fiber composites for marine applications*. Journal of Marine Science and Engineering, 2023. **11**(5): p. 1076.
20. Wang, Y., et al., *Energy efficient out-of-oven manufacturing of natural fibre composites with integrated sensing capabilities and improved water barrier properties*. Composites Science and Technology, 2023. **239**: p. 110062.
21. Ari, A., et al., *A review of cellulosic natural fibers' properties and their suitability as reinforcing materials for composite panels and applications*. AATCC Journal of Research, 2023. **10**(3): p. 163-183.

22. Barbosa, R.F., et al., *1 Biodegradable polymer-based natural fiber composites*. Cellulose Composites: Processing and Characterization, 2023. **15**.
23. Wang, D., et al., *Seismic fragility of Chinese light-gauge steel keel gypsum board partition walls*. Shock and Vibration, 2021. **2021**: p. 1-13.
24. Mulligan, J., T. Sullivan, and R. Dhakal, *Experimental study of the seismic performance of plasterboard partition walls with seismic gaps*. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 2020. **53**(4): p. 175-188.
25. Ma, S., P. Bao, and N. Jiang, *Experimental study of gypsum-concrete dense-column composite boards with external thermal insulation systems*. Applied Sciences, 2020. **10**(6): p. 1976.
26. Imani, N. and M. Madhkan, *Thermal and mechanical properties of gypsum sandwich-panels with phase change material*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Structures and Buildings, 2022. **175**(10): p. 781-789.
27. Chen, C., et al., *Mechanical and Thermal Properties of Thermally Conductive Enhanced Paraffin/Gypsum Composites*. Processes, 2023. **11**(4): p. 999.
28. Yaras, A., et al., *Characteristics, energy saving and carbon emission reduction potential of gypsum wallboard containing phase change material*. Journal of Energy Storage, 2022. **55**: p. 105685.
29. Vidales-Barriguete, A., et al., *Study of the mechanical and physical behavior of gypsum boards with plastic cable waste aggregates and their application to construction panels*. Materials, 2021. **14**(9): p. 2255.
30. Agossou, O.G. and S. Amziane. *Experimental Investigation on the Strengthening of Gypsum Board by Flax Fibres*. in *International Conference on Bio-Based Building Materials*. 2023. Springer.
31. Martins, I., et al. *Study of flexural and yield strength of gypsum composite boards*. in *22nd International Scientific Conference "Engineering for Rural Development": proceedings:[Jelgava, Latvia], May 24-26, 2023*.
32. MUTUK, T., et al., *Thermal and mechanical evaluation of natural fibers reinforced gypsum plaster composite*. Journal of Metals, Materials and Minerals, 2023. **33**(1): p. 116-123.
33. Duggal, P., R. Tomar, and N. Kaushika. *Analysis of Variation in Mechanical Properties of Glass Fiber with Natural Fiber Reinforced Concrete*. in *2023 4th International Conference on Intelligent Engineering and Management (ICIEM)*. 2023. IEEE.
34. Guedri, A., et al., *Properties Evaluation of Composite Materials Based on Gypsum Plaster and Posidonia Oceanica Fibers*. Buildings, 2023. **13**(1): p. 177.
35. Adamu, M., et al., *A comprehensive review on sustainable natural fiber in cementitious composites: the date palm fiber case*. Sustainability, 2022. **14**(11): p. 6691.
36. Jia, R., Q. Wang, and P. Feng, *A comprehensive overview of fibre-reinforced gypsum-based composites (FRGCs) in the construction field*. Composites Part B: Engineering, 2021. **205**: p. 108540.
37. Fantilli, A.P., D. Jóźwiak-Niedźwiedzka, and P. Denis, *Bio-fibres as a reinforcement of gypsum composites*. Materials, 2021. **14**(17): p. 4830.
38. Benchouia, H.E., et al., *An experimental evaluation of a hybrid bio-composite based on date palm petiole fibers, expanded polystyrene waste, and gypsum plaster as a sustainable insulating building material*. Construction and Building Materials, 2024. **422**: p. 135735.
39. Djebloun, Y. and M. Hecini, *Physcal and Thermomechanical Characteristics of Epoxy Biocomposites Laminates Reinforced by Mat of Date Palm Tree Fibers*. Journal of Composite & Advanced Materials/Revue des Composites et des Matériaux Avancés, 2022. **32**(6).
40. Climate-Data.org. *BISKRA WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES*. 2024 [cited 2024 04-06-2024]; Available from: <https://en.climate-data.org/africa/algeria/biskra/biskra-3691/t/may-5/>.
41. GOV, E., <https://www.epa.gov/lep/arabic>, in <https://www.epa.gov/lep/arabic2023>, 2023.

42. Topare, N.S., S.J. Raut, and S.J. Attar, *3 D MODEL DESIGN AND SIMULATION OF PHOTOCATALYTIC REACTOR FOR DEGRADATION OF DYES USING SOLIDWORKS SOFTWARE*. International Journal of Chemical Sciences, 2012. **10**(2): p. 808-816.
43. ANSYS. *Ansys Workbench | Simulation Integration Platform*. 2024; Available from: <https://www.ansys.com/products/ansys-workbench>.
44. S.L., C.I.S.F.D.B., *HUECO SENCILLO DE 7x20x40*, C.I.S.F.D.B. S.L., Editor 2017, CERAMICA INDUSTRIAL SAN FRANCISCO DE BAILEN S.L.: CERAMICA INDUSTRIAL SAN FRANCISCO DE BAILEN S.L.
45. ANSYS, *Air*, Air: ANSYS Software.
46. <https://en.climate-data.org/africa/algeria/biskra/biskra-3691/t/may-5/>, *BISKRA WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES*, in *BISKRA WEATHER BY MONTH // WEATHER AVERAGES2021*.

المرفقات

المرفقات

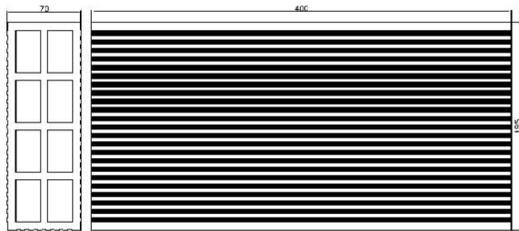
المرفق رقم 1



CERAMICA INDUSTRIAL SAN FRANCISCO DE BAILEN S.L.

Telf.: 953 675 271/ 953 672 509/ Fax: 953 676 088
 www.ceramicasanfrancisco.com
 Ctra. Córdoba - Valencia Km. 110
 23710 BAILEN (JAEN)



Fecha:	 0099/CPD/A73/0101	
	UNE EN 771-1 + A1: 2015 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida	
	Año estampado marcado: 07	
	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
	Designación del producto	HUECO SENCILLO DE 7x20x40
	Descripción	Ladrillo hueco de arcilla cocida con perforación horizontal, no visto, categoría II, tipo LD
	Uso previsto	Pieza P con uso previsto en fabrica de albañilería protegida. Muros no resistentes, con exigencias térmicas, acústicas y resistencia frente al fuego. Junta corriente de mortero.
	Dimensiones y Tolerancias dimensionales (EN 772-16, EN 772-3)	Geometría Y Forma (UNE EN 772-16, EN 772-3)
	Longitud: 400 mm Anchura: 195 mm Grueso: 70 mm Categoría tolerancias: T ₁ Categoría Intervalo: R ₁ Configuración: Como en el esquema adjunto. (Pieza del grupo 4 según la Norma EN 1996-1-1:2005) Planicidad: PND Paralelismo: PND % Huecos (volumen de todos los huecos formados): 61% Volumen del mayor hueco (% volumen bruto): 7,2% Espesor combinado de los tabiquillos interiores y exteriores: ≥ 20	

Datos del cliente y obra a la que se suministra el material:

Fecha: 7/08/17 Aprobado por: Rubio Rusillo Juan Jesús



المميزات التقنية

- تلبس على جميع الأسطح: الأجر، خرسانة، الحجر... إلخ.
- جودة فائقة ومردود مرتفع 40 كغ - 6/4 متر مربع.
- جفاف سريع بعد التلبس.
- سهل التحضير و اقتصادي.
- صلابة عالية.
- ابيض صافي و بدون اي شوائب.
- خاصية الجبس الطبيعي في المحافظة على درجة حرارة المكان.
- لوراس بلاتر للبناء هو منتج الجبس الطبيعي.

التخزين: جودة و نوعية المنتج تبقى ثابتة حوالي ستة [6] أشهر في حالة التخزين الطبيعي في المكان الجاف و بعيدا عن الرطوبة.

Caractéristique technique:

- Application sur tous types de cloisons (brique, pierre, parpaing ...etc).
- Facilité d'Application.
- Rendement hautement optimisé (40Kg - 4/6 m²)
- Excellent rendu de finition (surface blanche et lisse).
- Bonne dureté.
- Qualités naturelles de plâtre en tant que régulateur thermique.
- L'Aurès plâtre construction est un plâtre a base de gypse naturelle.

Stockage: La qualité du produit reste constante environ six (6) mois, tout en respectant les conditions naturelles, dans un lieu sec a l'abri de l'humidité, isolé du sol et en le gardant dans son emballage d'origine.

