UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTÉ DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES DE LA MATIÈRE
DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE
2017/2018

TRANSFERT DE MASSE LORS DE CROISSANCE CVD DE GRAPHÈNE

Préparé par les Etudiant :
SID ABDELDJALIL
MILOUDI MUSTAPHA

(adjalilsid@gmail,com)

Encadré par:
BABAHANI Oumelkheir

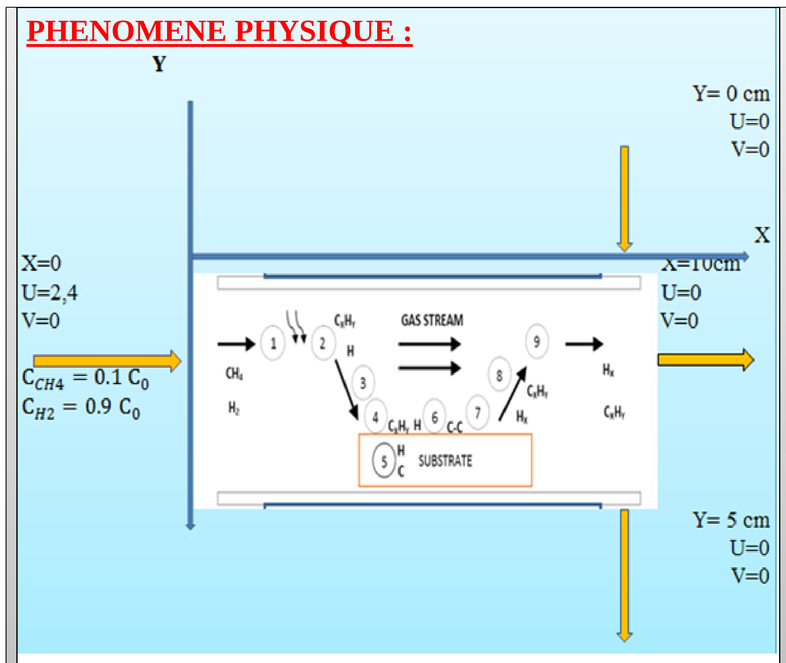
Résumé;
Dans ce travail, nous étudions le Transfert de masse, calculons les concentrations de gaz au cours du processus de préparation du graphène et étudions l'absorption du carbone à la surface du substrat. Nous utilisons la méthode des différences finie et la programmation par le langage Fortran

Mot Clé : Transfert de Masse- continuité -NAVIE STOCKES -concentrations- Méthode des Différences Finies

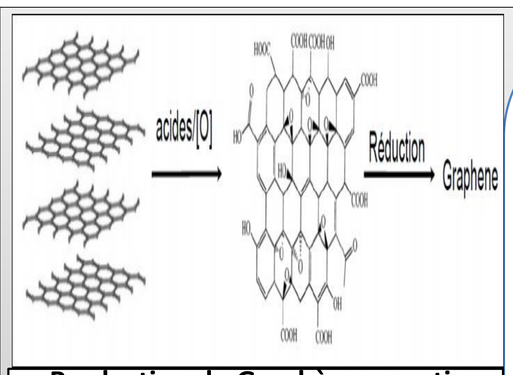
Introduction

Le graphène, plan d'atomes de carbone agencés en nid d'abeille, a été le premier cristal en deux dimensions à être isolé et étudié. Depuis 2004, l'essor pour ce matériau est grandissant tant ses propriétés électroniques et mécaniques sont intéressantes. En particulier, le graphène est le matériau ayant la plus grande mobilité électrique à température ambiante (de l'ordre de 200 000 cm²/(V.s)). Il est également très flexible, extrêmement solide et est un excellent conducteur thermique. Ces propriétés confèrent au graphène un potentiel incroyable pour de nombreuses applications dans les domaines de l'électronique, des matériaux composites, du stockage d'énergie, etc. Le passage du laboratoire à l'industrie repose avant tout sur la possibilité de produire du graphène à grande échelle et à un coût raisonnable

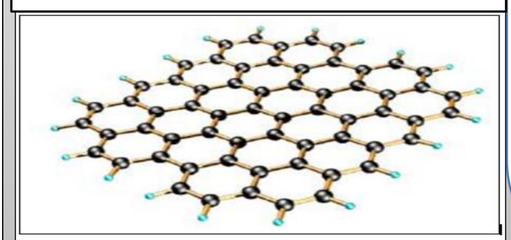
PHENOMENE PHYSIQUE :



Croissance de Graphène par CVD sur substrat en cuivre



Production du Graphène a partir d'oxyde de graphite



Structure de Graphène

MODELISATION NIMURIQUE :

Discrétisation du système :

En utilisent la Méthode des Différences Finies (MDF) pour la résolution des équations précédents:

Equation de continuité:

$$U^m_{(n,j)} - U^m_{(n-1,j)} = \frac{\Delta x}{\Delta y} V^m_{(n,j-1)} - \frac{\Delta x}{\Delta y} V^m_{(n,j)}$$

Conservation de quantités de mouvement :

$$-\left(\frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x} + \frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x^2}\right) U^m_{(n-1,j)} + \left(\frac{1}{\Delta m} + \frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x} + \frac{2U^m_{(n,j)}}{\Delta x^2} + \frac{2U^m_{(n,j)}}{\Delta y^2}\right) U^m_{(n,j)} - \frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x^2} U^m_{(n+1,j)} = \frac{U^{m-1}_{(n,j)}}{\Delta m} - V^m_{(n,j)} \left(\frac{V^m_{(n,j)} - V^m_{(n-1,j)}}{\Delta x}\right) + \left(\frac{U^m_{(n,j-1)} + U^m_{(n,j+1)}}{\Delta y^2}\right) U^m_{(n,j)}$$

$$-\left(\frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x} + \frac{V^m_{(n,j)}}{\Delta x^2}\right) V^m_{(n-1,j)} + \left(\frac{1}{\Delta m} + \frac{U^m_{(n,j)}}{\Delta x} + \frac{V^m_{(n,j)}}{\Delta Y} + \frac{2V^m_{(n,j)}}{\Delta x^2} + \frac{2V^m_{(n,j)}}{\Delta y^2}\right) V^m_{(n,j)} - \frac{V^m_{(n,j)}}{\Delta x^2} V^m_{(n+1,j)} = \frac{V^{m-1}_{(n,j)}}{\Delta m} + \frac{V^m_{(n,j-1)}}{\Delta Y} - g + \left(\frac{V^m_{(n,j-1)} + V^m_{(n,j+1)}}{\Delta y^2}\right) V^m_{(n,j)}$$

Equation de diffusion:

$$\frac{1}{\Delta x^2} C^m_{(n-1,j)} - \left(\frac{1}{D*\Delta m} + \frac{2}{\Delta x^2} + \frac{2}{\Delta y^2}\right) C^m_{(n,j)} + \frac{1}{\Delta x^2} C^m_{(n+1,j)} = \frac{C^m_{(n,j)}}{D*\Delta m} + \frac{C^m_{(n,j-1)}}{\Delta y^2} + \frac{C^m_{(n,j+1)}}{\Delta y^2}$$

En veut obtenir la forme:

$$\alpha U^m_{(i-1,j)} + \beta U^m_{(i,j)} + \delta U^m_{(i+1,j)} = D$$

Algorithme de calcul :

Méthode Itérative par la Méthode de Gauss-Seidel.

MODELISATION MATHEMATIQUE :

❖Equations d'énergie :

Hypothèse : dans notre travail on suppose que la température T = constante, donc l'équation de conservation de l'énergie est négligeable

❖Equations de continuité :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Supposent que le fluide est incompressible ;

Donc : $\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$

Alor : (1) => $\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0$

$\boldsymbol{\rho}$: densité volumique de la masse ,

❖ Conservation de quantités de mouvement (NAVIER STOCKES) :

Les équations de NAVIER STOCKES développes

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} + V\frac{\partial U}{\partial x} = U\left(\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2}\right)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U\frac{\partial V}{\partial x} + V\frac{\partial V}{\partial y} = -g + V\left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2}\right)$$

❖ Equation de diffusion:

$$\frac{1}{D}\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2}$$

REFERENCES:

1- Reberto Munoz and Cristina Gomez-Aleixandre; Review of CVD Synthesis of Graphene; Chemical Vapor Depositiion; 2013.
2- Bo Tang, Guoxin Hu and Dong Huang; Diffusion and adsorption of precursor gas in foam nickel rod substrate during CVD process for deposition of graphene; Journal of Analytical Sciences and Instrumentation; 2016.
3- M. Olivier; "Développement de la croissance de graphéne par CVD sur cobalt, analyses morphologique et structurale " ; thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay, préparée au NIMBECEA-CNRS UMR 3685 (2015).
4- Somnath Bharech and Riche Kunar ;" A Review on the properties and Application of Graphene "; journal of Material Science and Mechanical Engieering ;No.10 ;Vol.2 ;pp :70-73 (2015).
5-ح.بزيو'مساهمة في دراسة توضع الجرافين بتقنية الترسيب الكيميائي للبخار (CVD); مذكرة ماستر, جامعة ورقلة 2015
6-م.بالمهدي'حساب احتمالات التفاعل خلال توضع طبقة جرافين على سطح Cu بطريقة PECVD; مذكرة ماستر جامعة ورقلة 2017

جامعه قاصدي مرباح – ورقلة – كلية علوم المادة -قسم الفيزياء - تخصص فيزياء طاقوية - ماستر 2

ملصق علمي حول موضوع
دراسة تأثير الغبار على الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية الكهروضوئية بمنطقة ورقلة

المشرف : بشكي جمال الدين
المشرف المساعد : راشدي محمد ياسين
2018/2017
تقديم الطالب(ة): بوخلفة أمينة

الملخص

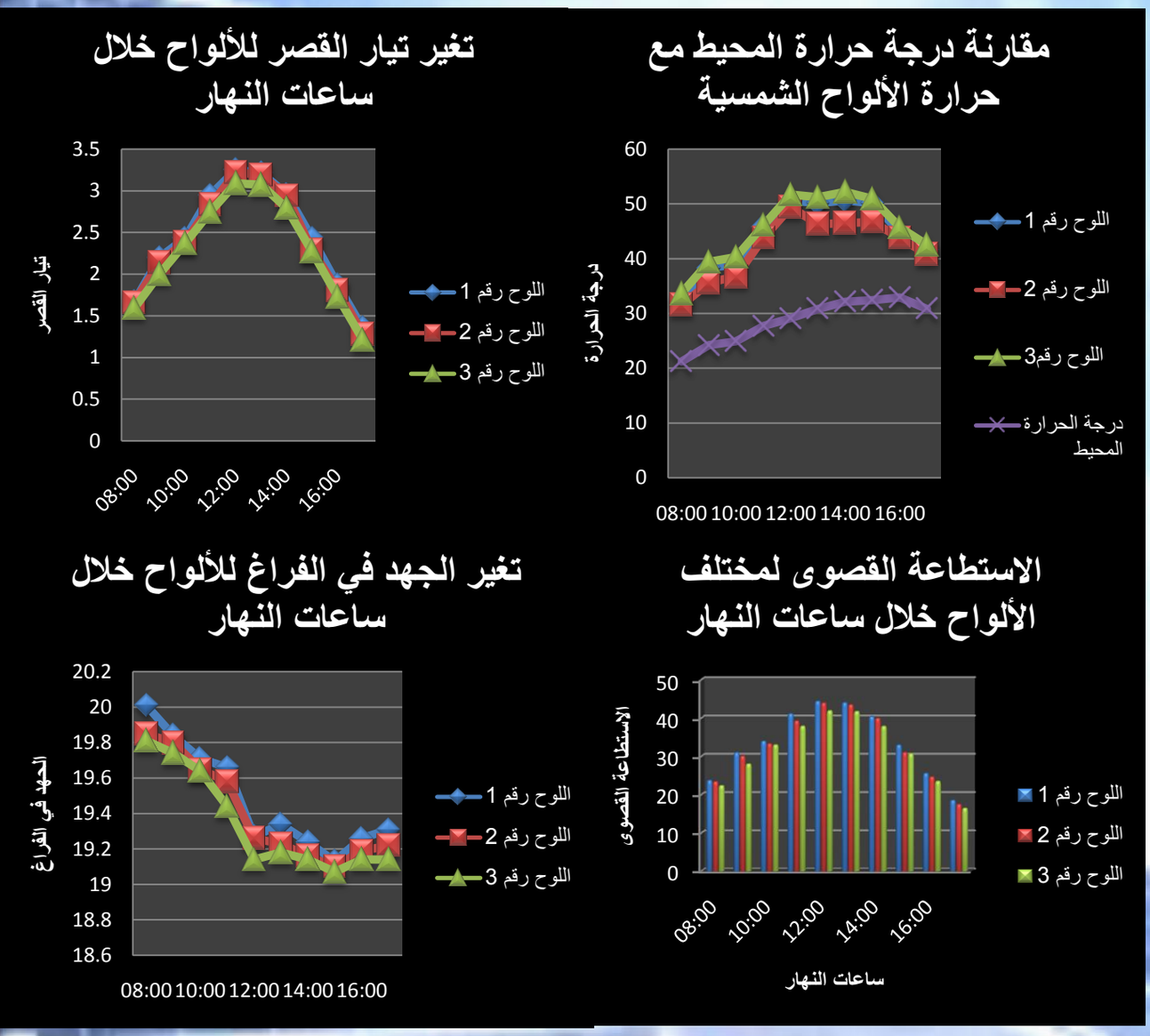
العمل عبارة على دراسة ميدانية عملية لتأثير الغبار المتراكم على الخصائص الكهربائية للألواح الشمسية بمنطقة ورقلة التي تعتبر من المناطق الأكثر تعرضا للزوابع الرملية بالجزائر وقد خلصنا من خلال أسبوعين من القياسات إلى ضرورة تنظيف الألواح على الأقل أسبوعيا وبعد كل زوبعة رملية لضمان مردود أحسن.

المقدمة

إن تطبيقات الطاقة الشمسية في الجزائر وخاصة في المدن الصحراوية مثل مدينة ورقلة تواجه مشاكل كبيرة ،من أهمها تأثير تراكم الغبار على أسطح الألواح الشمسية التي تقلل من كمية أشعة الشمس التي تصل إلى الخلية مما يسبب انخفاض أدائها بشكل حاد . فالعمل الحالي هو دراسة تأثير هذه الجسيمات على الخصائص الكهربائية للخلايا الشمسية وذلك بإجراء تجارب تمثلت في نصب أربع ألواح شمسية ثابتة متعددة البلورات سعتها 55 واط بزاوية ميل 32 درجة متجه نحو الجنوب. قمنا بتنظيف هذه الألواح وفق رزنامة محددة مسبقا بحيث الأول ينظف يوميا والثاني أسبوعيا والثالث شهريا والرابع موسميا ثم نقوم يوميا بأخذ قياسات خاصة بطقس والخصائص الكهربائية لكل لوح خلال كل ساعة قصد مقارنة النظيفة والألواح ذات رواسب مختلفة .

النتائج

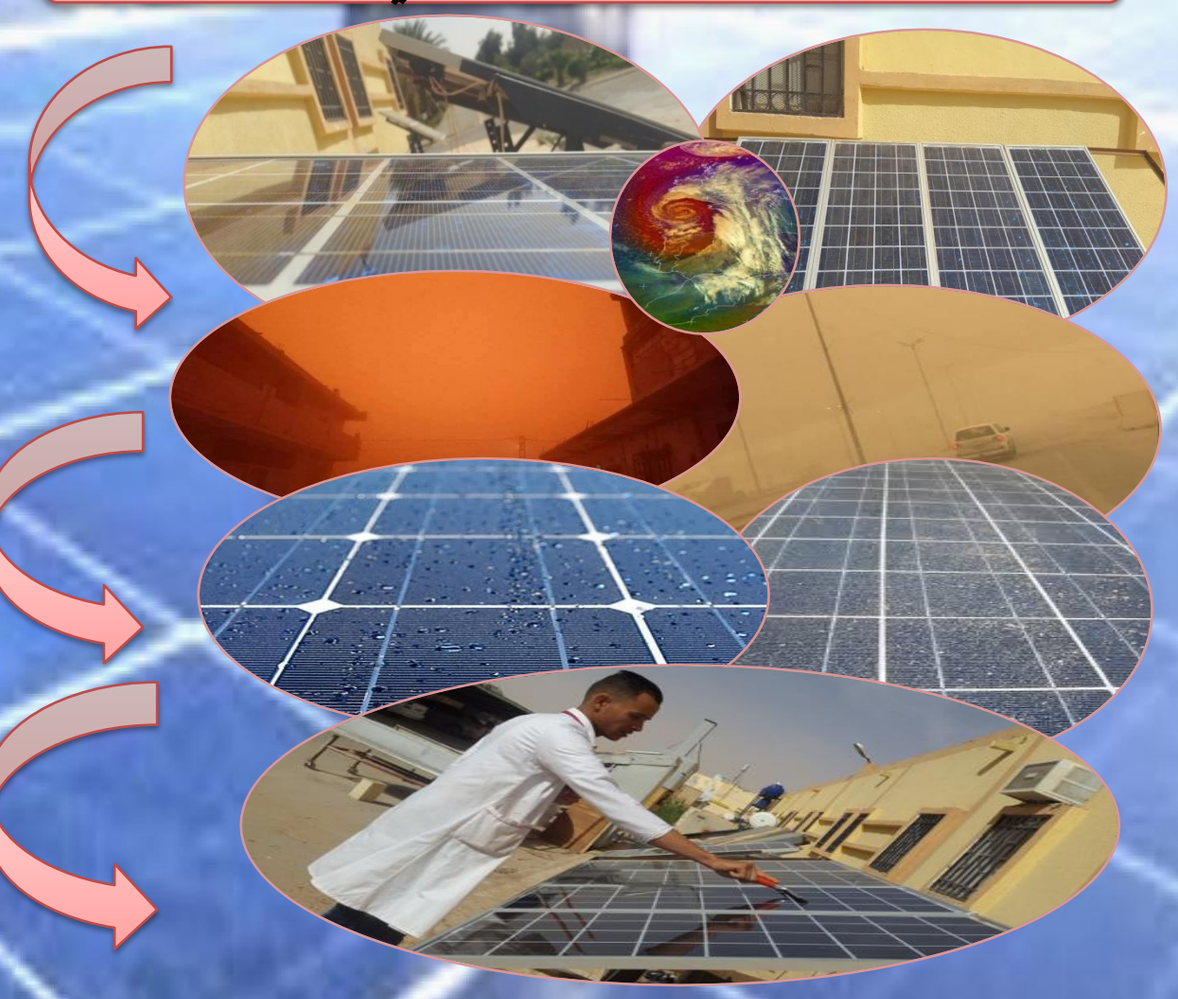
بعد أسبوعين من التجارب والقياسات (من 09 مارس إلى 21 مارس)، تحصلنا على النتائج التالية والتي توضح تغير الخصائص الكهربائية لثلاثة ألواح بحيث الأول نظيف والثاني لم ينظف لمدة أسبوع والثالث لم ينظف لمدة أسبوعين.



الخلاصة

بالرغم من قصر مدة التجربة إلا أنه يظهر إلى العيان من خلال النتائج المبينة أعلاه بان اللوح النظيف هو الأحسن. هذا الفرق سيظهر جليا كلما زادة مدة تعرض الألواح للغبار الأمر الذي سنقوم به إن شاء الله خلال الفترة القادمة والممتدة إلى غاية الأسبوع الأول من شهر ماي وسنعرض النتائج المتحصل عليها في مذكرة التخرج.

الجانب التطبيقي



المراجع

❖ H. Qasem, T. R. Betts, H. Müllejans, H. AlBusairi, R. Gottschalg, DUST EFFECT ON PV MODULES. *Chemical Engineering*, 5–9 (2009).
❖E. Klugmann-Radziemska, Degradation of electrical performance of a crystalline photovoltaic module due to dust deposition in northern Poland. *Renewable Energy*. 78, 418–426 (2015).
❖ T. Sarver, A. Al-Qaraghuli, L. L. Kazmerski, A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 22(2013), pp. 698–733.

تأثير العزل الحراري على الراحة الحرارية في المناطق الصحراوية (جنوب الجزائر)

جامعة قاصدي مرباح ورقـــلة كلية الرياضيات وعلوم المادة قسم الفيزياء
تخصص ماستر فيزياء طاقوية
من إعداد الطالب : بن عطية حمزة / بوقفة محمد شعبان
تحت إشراف : الأستاذ البروفسور بوقطاية حمزة

تمهيد :

يتميز مناخ المنطقة الصحراوية جنوب الجزائر بالجفاف، والارتفاع الشديد في درجة الحرارة و في شدة الإشعاع الشمسي، تشير الدراسات أن الغرض من استعمال أجهزة التكييف هو خفض الحرارة داخل المبنى، وهذا لتحقيق الراحة الحرارية المرجوة، ويتم ذالك عن طريق التخلص من الحرارة المتسربة إلى داخل المسكن عبر الأسقف و الجدران، حيث تمثل هذه الحرارة المتسربة الجزء الأكبر المراد التخلص منه، مما يؤدي الاعتماد على أجهزة التكييف لتحقيق الراحة الحرارية إلى ارتفاع في استهلاك الطاقة الكهربائية، إن الهدف الأساسي من عملنا هذا هو ترشيد استهلاك الطاقة المستخدمة للتكييف باستخدام البات العزل الحراري الذي يساهم في تقليل انتقال و تسرب الحرارة إلى داخل المبنى. في هذا الصدد قمنا بإبراز دور العزل لخفض استهلاك الطاقة عن طريق توضيح الفارق بين المبنى المعزول والمبنى الغير معزول، دراسة وضعيات العازل داخل وخارج و وسط الجدار، كما قمنا بمراجعة طريقة تصميم المباني في المناطق الصحراوية التي لا تتكيف حراريا مع مناخها ولا تراعي جانب الارتياح الحراري. فيها.

مقدمة :

يعد البعد البيني من العناصر الهامة في عمارة المناطق الصحراوية، لأنه يعمل على تحقيق مناخ ملائـم ومناسب، بحيث يحقق الحماية من أشعة الشمس والرياح الساخنة المحملة بالرمال والأتربة، و درجات الحرارة التي تفوق 50 درجة مئوية في بعض الأحيان، ونتيجة لـ تتسرب كميات كبيرة من الحرارة إلى داخل المبنى، وهذا يعني تعامل الإنسان بحساسية مع البيئة الصحراوية والتكـيف معها، كما سعي سكان المناطق الصحراوية في السابق لتكـيف مع ارتفاع درجة الحرارة، وهذا بمراعاة طريقة الإنشاء لهذه المباني، التي عرفت تجديداً واسع النطاق في طريقة البناء وفي نوعية المواد الأولية المستعملة لذلك . حيث أصبح التوجه إلى البناء الحديث هو الصفة السائدة في المنطقة، إلا أنه ورغم حداثة البناء لم يوفر الراحة الحرارية المرجوة. كما شهد قطاع البناء تطوراً هائلاً في مجال مواد البناء ومنها الخرسانة المسلحة التي تتميز بسهولة العمل بها وقدرة تحملها العالية ولكن صاحب تلك المواد بعض السلبيات المرتبطة بخصائصها، فالخرسانة المسلحة لها خاصية التوصيل السريع للحرارة وكذلك سرعة الفقدان لها، مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية أو أجهزة تكييف غير مريح للإنسان، على عكس البناء القديم الذي كان يعتمد على أشكالا تتماشى مع بيئة المنطقة كأسطح القباب والأقواس وفتحات الإضاءة والتهوية، ويستخدم فيه المواد الأولية المتوفرة كالجبس والطين والحجارة، التي لها خاصية عالية في تخزين الطاقة الحرارية من البيئة المحيطة وتباطؤ كبير في معدل توصيلها وذلك مقارنة بالتقنيات المعاصرة وغير المعزولة حرارياً. ويعود عدم توفر الراحة الحرارية في أكثر المباني فـي المناطق الصحراوية إلى إفتقارها إلى آليات العزل الحراري المدروسة، والبعد التام عن مفهوم التصميم المناخي في المناطق الصحراوية، فعلى سبيل المثـال المبـاني الخراسانية التي تساعد على اكتساب الحرارة بسرعة فائقة، مما يلجـأ الإنسان في فصل الصيف إلى استخدام وسائل ميكانيكية داخل المباني، فيرتفع بذالك استهلاك الطاقة وتـنقل إمكانيات جسم على التأقلم مع الحرارة الخارجية، كل هذه المؤشرات تدعو لإجراء دراسة حول الراحة الحرارية في المباني السكنية في المناطق الصحراوية. [1]

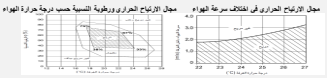
I- الطريقة والأدوات

اعتمدنا في بحثنا هذا على الجانب النظيري انطلاق من دراسات سابقة في هذا الميدان حيث تم اتخاذ تجرب أنجزت على الواقع الحقيقي لغرض تقريب مفهوم العزل على المباني ودوره في توفير الراحة وتحيظ استهلاك الطاقة الكهربائية على نحو الآتي :

الفصل الأول : توضيح طرق الانتقالات الحرارية

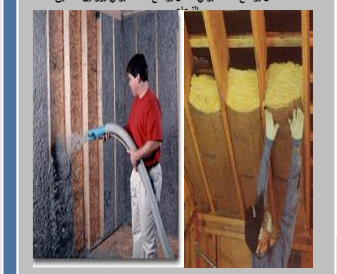
الفصل الثاني : الراحة الحرارية

تعتبر الراحة الحرارية جانب من جوانب الراحة المنشودة داخل المسكن، كما أنها مطلب ضروري لقاطني البيئة الداخلية من الناحية الصحية والإقتصادية، لذا لابد أن يوفر المسكن الارتياح الحراري للانسان في ظل الظروف البيئية السائدة في المنطقة التي يعيش فيها، وخاصة أن المسكن هو المأذ الأساسي، والمكان الذي يقضي فيه الإنسان ساعات طويلة.



الفصل الثالث : العزل الحراري

يمكن تعريف العزل الحراري على أنه استخدام مواد لها خواص عازلة للحرارة (قليلة التوصيل للحرارة)، بحيث تساعد على الحد من تسرب الحرارة وانتقالها من خارج المبنى إلى داخله صيفا والعكس في الشتاء. ويتم انتقال الحرارة إلى داخل المبنى عن طريق الأسقف والحوائط والنوافذ وتقدر نسبة الحرارة المتسربة من الأسقف والجدران بحوالي 70 في المائة والباقي من النوافذ وفتحات التهوية.

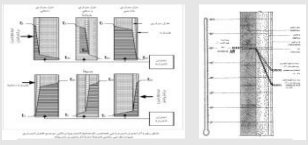


II- النتائج

تشير الدراسات إلى أن نسبة الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف في المباني الصحراوية تقدر بحوالي من 60-70 درجة مئوية بينما تأتي البقية عن طريق فتحات النوافذ والأبواب، وهذا يعني أن الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف تمثل الجزء الأكبر المراد التخلص منه عن طريق أجهزة التكييف، ولذلك يمثل العزل الحراري أهمية كبيرة، لأنه يؤدي إلى تخفيض الحرارة المتسربة إلى داخل المبنى، وبالتالي التقليل من استهلاك الطاقة الكهربائية المستخدمة في تبريده. وللتقليل من استهلاك الطاقة يلزم استخدام العزل الحراري في [illegible]

لدينا الشكل التالي الذي يوضح نسبة نفاذية الحرارة للمبنى[4]

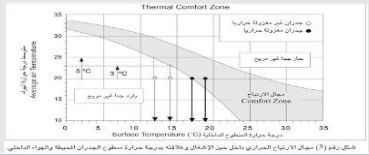
تأثير العازل الحراري على درجة الحرارة داخل المبنى في فصل الصيف[4]



معامل النفاذ لبعض المواد البناء[4]

مثال تطبيقي للعزل في مبنى [3]

مجال الارتياح الحراري للمسكن[5]



شكل رقم (3) مجال الارتياح الحراري داخل حيز الإشغال و علاقته بدرجة حرارة سطوح الجدران المحيطة والهواء الداخلي

III- تحليل ومناقشة

- شهد قطاع البناء تطوراً هائلاً في مجال مواد البناء ومنها الخرسانة المسلحة التي تتميز بسهولة العمل بها وقدرة تحملها العالية.

لكن صاحب تلك المواد بعض السلبيات المرتبطة بخصائصها، فالخرسانة المسلحة لها خاصية التوصيل السريع للحرارة وكذلك سرعة الفقدان لها، مما يجعل استخدامها في بناء المباني بدون عوازل حرارية أو أجهزة تكييف غير مريح للإنسان.

على العكس في حالة استخدام مواد البناء التقليدية (الطين والحجر) التي لها خاصية عالية في تخزين الطاقة الحرارية من البيئة المحيطة وتباطؤ كبير في معدل توصيلها وذلك مقارنة بالتقنيات المعاصرة وغير المعزولة حرارياً.

- لعزل الحراري في المباني هو افضل وسيلة لتوفير الطاقة الكهربائية للمستهلكة حيث يؤدي استخدام العوازل في الاسقف والحوائط على منع دخول أكثر من نصف الحرارة المتوقعة وبالتالي يؤدي استخدامها إلى وفر كبير في كمية الطاقة تتراوح بين 30-50 في المائة[3].

- كما أوضحت الدراسات أن استخدام الطاقة الكهربائية لاغراض التكييف هو السبب الرئيسي لارتفاع استهلاك الطاقة، ويرجع السبب في ذلك إلى أن مواد البناء المستعملة في معظم المباني هي عبارة عن بلوك اسمنتي للجدران لا يزيد سمكه عن 20سم واسقف خرسانية بسمك 30سم بدون أية مواد عازلة للحرارة أو مؤخرة لها، وهذا يجعل مستوى درجات الحرارة داخل المباني تتأثر بصورة تقريبية مع التغيير الخارجي ، وهذا من شأنه يؤدي إلى زيادة احمال التكييف ومن زيادة استهلاك الطاقة [3].

الخلاصة والتوصيات

نخلص مما سبق إلى أن عمارة الصحراء حاليا لا تتلائم مع الظروف المناخية المحيطة بها مما ادي إلى إبراز الحاجة لاستخدام أجهزة التكيف بهدف تحقيق الراحة الحرارية في المباني الأمر الذي أدى إلى استهلاك الطاقة الكهربائية، وأنه يمكن عن طريق استخدام العزل الحراري منع أو تقليل تسرب الحرارة من خارج المبنى إلى داخله وبالتالي تخفيض حجم أجهزة التكييف وساعات تشغيلها ومن ثم توفير استهلاك الطاقة المستخدمة لتأمين الحد الاعلى من الراحة للافراد داخل المبنى بالإضافة إلى حماية المبنى من التصدعات والتلف وإطالة عمره الافتراضي . ولتحقيق ما سبق فإنه يلزم إتباع التوصيات الاتية :

- ضرورة التعرف على مواد العزل الحراري الملائمة والمناسبة لبيئة المناخ الصحراوي.
- ضرورة أن تكون مواد العزل الحراري المستخدم ذات معامل توصيل حراري منخفض لانه كلما كان معامل التوصيل قليل كلما زادت مقاومتها لانتقال الحرارة وزادت كفاءتها في العزل.
- أهمية التعرف على قدرة المادة العازلة على امتصاص الماء ونفاذيته لان وجود الماء يؤدي إلى تقليل عزلها ومقاومتها الحرارية.
- لابد أن تكون المادة العازلة المستخدمة لها القدرة على العزل الحراري أكبر فترة زمنية ممكنة بأن تحتفظ بمعامل حراري ثابت نسبيا.
- يجب أن تكون مواد العزل لها القدرة على مقاومة الحريق أو تكون لها خاصية اطفاء ذاتي .
- أهمية وضع الطبقة العازلة في المكان المناسب في المبنى وبفضل أن تكون في السطح الخارجي للحوائط والأسقف.

المراجع

[1]- البابطين عمر عبدالرحمن. العزل الحراري للمباني. مجلة المهندس،،المجلد 8 العدد 2، رمضان 1415هـ.
[2]- المقرن خالد بن عبدالله بن محمد.العزل الحراري للمباني. مجلة المهندس،المجلد 2، العدد 1، صفر 1409هـ.
[3]- شريف عاطف. العزل الحراري . مجلة المهندس ، المجلد 4، العدد4 ، ذو الحجة1411هـ.
[4]- بالغنيم عبدالمحسن بن سليمان. الحاجة لاستعمال العوازل الحرارية في المملكة العربية السعودية.مجلة المهندسن المجلد الثاني، العدد 1، صفر 1409ه
-[5]- الثروة على عبدالله.المناخ والمبنى . مجلة المهندس المجلد السابع ، العدد 1، ربيع ثاني 1414هـ.

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات و علوم المادة
قسم :الفيزياء تخصص :فيزياء طاقوية

مذكرة لنيل شهادة الماستر بعنوان :مساهمة في دراسة التقييم الحراري لبناية إعتيادية و بناية ذات استهلاك طاقوي متدني

من إعداد الطلبة:**سعاد جلولي ،إيمان غربي** تحت إشراف : **الاستاذ بوقطاية حمزة**

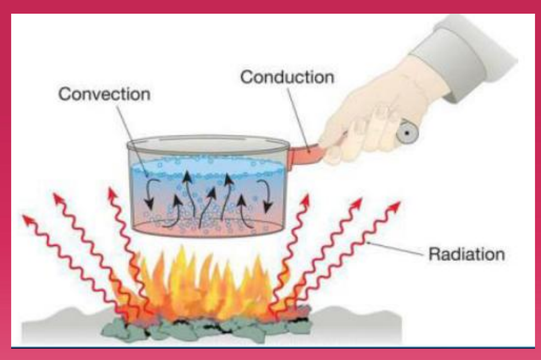
الملخص : من خلال هذه المذكرة قمنا بدراسة التقييم الحراري لبناية اعتيادية خاصة في المناطق الصحراوية ذات المناخ الحار صيفا و البارد شتاءا.حيث بحثنا عن الطرق الأمثل لترشيد استهلاك الطاقة في المباني، مع مراعاة ظروف الراحة الحرارية للشخص و دور العوازل الحرارية في تحسين الأداء الحراري .

الكلمات المفتاحية : العزل الحراري ،االانتقال الحراري ،استهلاك الطاقة ، المباني، الراحة الحرارية

طرق الانتقال الحراري :

التوصيل : $Q = -KA\frac{dt}{dx}$ الحمل : $(Q = h \times A(T_w - T_\infty)$

الإشعاع : $M = \varepsilon\sigma T^4$



التقييم الحراري :

مفهوم الراحة الحرارية :هى المحاولة لتحقيق الراحة لأغلب المبانى باستخدام قدر قليل من الطاقة أو بدون استهلاكها على لإطلاق بالإستفادة من الوسائل المعمارية المناسبة في التصميم المباني بلإستفادة من الحلول الطبيعية في توفير الطاقة المستهلكة في المباني [1]

الاتزان الحراري :علاقة الإنسان بالبيئة في الحالة العادية قائمة على اساس المحافظة على درجة حرارة الجسم 37 ومن خلال عملية الاتزان في معادلات تبادل الطاقة بين الطرفين ينعم الفرد بظروف مناخية مريحة [3]

العوامل المؤثرة في الشعور بالراحة الحرارية

عوامل مرتبطة بالانسان
- النشاط
- الملابس
- العمر
- التأقلم
- الحالة الصحية

العوامل البيئية
- الحرارة
- الرطوبة
- سرعة الرياح
- الاشعاع الشمسي

التصميم الحراري للمبنى:قبل البدء بعملية التصميم يجب تحديد المتطلبات اللازم توفرها داخل المبنى و الظروف الجوية الخارجية السائدة صيفا و شتاءا للمنطقة التي يقع فيها المبنى و تشمل:

خارج المبنى
- درجة الحرارة التصميمية الخارجية
- الرطوبة النسبية الدنيا و القصوى
- سرعة الرياح و اتجاهها
- شدة الاشعاع الشمسي و زاوية سقوط الاشعة

داخل المبنى
- درجة الحرارة التصميمية الداخلية
- الرطوبة النسبية المتوقعة

العوامل المؤثرة في التصميم الحراري :

✓الإنتقالية الحرارية (نوع المادة ،سمكها ،مساحة التعرض)
✓الاتجاه الجغرافي (الرياح،الاشعاع الشمسي)
✓شكل المبنى و موقعه (المساحة الخارجية،المجاورات،ارتفاع المبنى)

تحسين استغلال الطاقة لبناية اعتيادية :

1- تعريف العزل الحراري:هو استخدام مواد لها خواص تساعد في الحد من التسرب و انتقال الحرارة من خارج المبنى الى داخله صيفا و من خارجه الى داخله شتاءا و من مزايا استخدام العزل هي تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية ،رفع مستوى الراحة ،حماية المبنى،تقليل سعة اجهزة التكييف و تكاليف صيانتها[2]

أنواع مواد العزل الحراري :

الصوف الزجاجي

البير لايت

الخاتمة :يؤدي التصميم المناسب إلى خفض الأحمال الحرارية التبريدية و التي يتحدد بموجبها استخدام أجهزة التدفئة والتبريد ذات كلفة رأسمالية و تشغيلية منخفضة ، تحقق الهدف في توفير الجو المريح داخل المبنى.

قائمة المراجع :
[1] مذكرة ماجستير دراسة تقييمية للراحة الحرارية في المباني السكنية في قطاع غزة سمر محمود زعرب ، 2014
[2] مذكرة ماجيستير ،المساهمة في دراسة الخصائص الحرارية و الميكانيكية ل اللبنات المستعملة في أسقف المباني الصحراوية ، حاثية ميلود،2012

Les Deuxièmes Mastériales 15 avril 2018 Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté des mathématiques et des sciences de la matière
Département de physique

La protection cathodique des pipes carburant par panneaux photovoltaïques

CHABIRA MANEL et BOUKHALEFA IMEN — **Encadré par : BOUGHALI SLIMANE**

E-mail:chabiramanel@gmail.com

Résumé:

Cette étude examine l'utilisation de l'énergie solaire comme source de courant pour alimenter la protection cathodique de pipes enterrées. Pour ce faire, nous avons choisi l'étude du gazoduc GRTG, ce dernier étant protégé par un courant utilisant un courant électrique normal (Sonelgaz).
L'étude se concentre sur le remplacement de la source d'énergie fossile par l'énergie solaire photovoltaïque et la détermination de l'efficacité du système.

Introduction:

Les canalisations de transport de pétrole, de gaz, et de produits pétroliers sont de grande importance pour l'économie des pays producteurs des hydrocarbures. Le facteur principal de la détérioration de ces derniers est la corrosion, qui cause jusqu'à 30% des défaillances.
La corrosion est le phénomène de dégradation le plus répandu dans la production des hydrocarbures, il est l'origine de la majorité de défaillance des équipements sous pression. Notons aussi que le quart de la production annuelle mondiale d'acier est détruite par la corrosion, environ 5 tonnes d'acier sont détruites par seconde.
A cet effet, et pour lutter contre la corrosion, deux méthodes sont utilisées, à savoir une protection passive par revêtement et une protection active dite la protection cathodique. Cette dernière consiste à maintenir le potentiel des conduites à une valeur d'immunité, de manière à éliminer le transfert de matière qui est la corrosion.
La protection cathodique par soutirage de courant est la méthode préconisée dans ce travail. Elle consiste à mettre à profit l'effet d'un courant électrique injecté dans l'électrolyte à partir d'une anode déversoir. Nous avons utilisé pour cela une source de courant continu dont le pôle positif est relié à l'anode et le pôle négatif à la structure à protéger.
Habituellement, l'alimentation des systèmes de protection cathodique se fait à partir des réseaux de distribution d'énergie électrique par l'intermédiaire des transformateurs- redresseurs. En cas d'absence de tels réseaux ou pour d'autres raisons techniques ou économiques, il peut être intéressant de disposer de sources autonomes dont le lieu d'installation n'est plus tributaire d'un réseau.
Le développement des générateurs photovoltaïque donne une nouvelle sécurité et une solution économique pour l'énergie nécessaire à la protection cathodique. L'Algérie est un pays riche en pétrole, en gaz mais aussi et très ensoleillé. Forts de cette réalité, nous avons, dans le cadre de cette étude, tenté d'optimiser cette technique.

La corrosion électrochimique

La corrosion d'un métal comme le fer est la résultante d'un processus qui peut
être schématisé par l'équation suivante :

$$fe \longrightarrow fe^{+2} + 2e^{-} \quad \text{..... I.1}$$

Cette équation signifie simplement que les atomes du métal (Fe) sous l'action d'un processus de corrosion se transforment en ions positifs (Fe2+) qui, quittent
le métal pour passer dans l'électrolyte.
Il y a donc changement d'état de la matière lié à la réaction de dissolution du
métal. Comme on le constate, ce changement d'état s'accompagne de la
libération d'électrons (deux électrons dans le cas du fer).
La conservation de la neutralité du milieu impose que les électrons émis par la
réaction de dissolution (I.1) soient consommés dans une seconde réaction qui
peut être par exemple :
En milieu acide :

$$2H^{+} + 2e^{-} \longrightarrow H_2 \quad \textbf{I.2} \text{ (dégagement de H2)}$$

En milieu aéré neutre et basique

$$\tfrac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^{-} \longrightarrow 2OH^{-} \text{ ..... I.3}$$

En effet, lors d'un processus de corrosion, la surface du matériau est nécessairement le siège de deux réactions qui sont:
Une réaction de dissolution ou d'oxydation (réaction anodique);
Une réaction de décomposition du milieu : « réduction » (réaction
cathodique).
Le processus de corrosion, superposition des réactions anodiques et Cathodiques, s'accompagne de la circulation d'un courant électrique (circulation d'électrons dans le métal et d'ions dans l'électrolyte) entre les deux zones de l'interface.

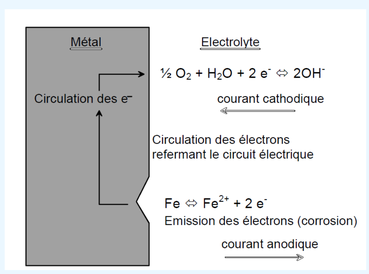


Schéma de Principe de la corrosion électrochimique

Principe de protection par courant imposé

Dans les installations de protection cathodique par courant imposé, l'alimentation électrique permet de polariser cathodiquement la structure à protéger en faisant circuler un courant continu entre l'ouvrage à protéger et une anode auxiliaire dite « déversoir ». La méthode est illustrée par la Fig4.

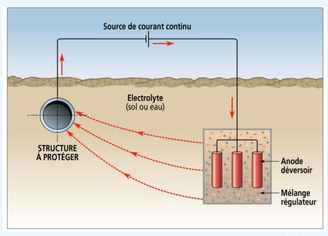


Figure 4 : Principe de la protection cathodique par courant imposé

Poste de protection cathodique (ou de soutirage)

Pour assurer la protection par cette méthode, l'on a besoin d'installer un poste de protection cathodique. Le rôle du poste est de délivrer le courant nécessaire à la protection de la structure.

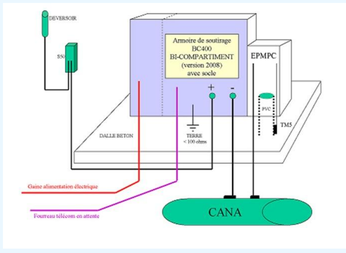


Figure de poste de soutirage.

Installation Solaire

La production d'électricité continue ≪ DC ≫ à partir de la lumière est un moyen propre, silencieux, demandant peu d'entretien, présentant peu d'usure (si le matériel est de bonne qualité au départ).
L'énergie produite quotidiennement par un panneau dépend de l'ensoleillement journalier moyen du lieu. Cette donnée géographique est déterminante pour le dimensionnement d'une installation. Il s'exprime en kWh/m2/jour.

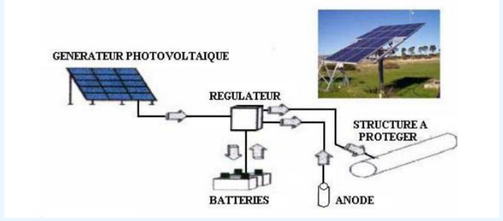


Figure 4 : Système de la protection cathodique alimenté par énergie solaire photovoltaïque

Conclusion:

Les frais de construction des ouvrages pétroliers étant très importants, il convient de les préserver, en augmentant leur durée de vie; en évitant des arrêts imprévus; en réduisant les frais d'entretien. La protection cathodique par soutirage de courant est l'une des techniques les plus efficaces de lutte contre la corrosion des ouvrages métalliques. Le système proposé utilise une source d'énergie propre et renouvelable. Du point de vue économique, la source d'énergie photovoltaïque convient à l'alimentation des systèmes établis dans des régions éloignées, comme cela est souvent le cas pour les systèmes de protection cathodique considérés.

Références:

1_Les matériaux multiferroiques: I. Le défi du couplage entre magnétisme et ferroélectricité [1] Cours de corrosion et protection des mâtereaux, université de Jijel,2016 , dr. Hakim bensabra.page 02.
[2] Protection contre la corrosion et les environnements défavorables) Les solutions Thomas & Betts . page 04 . 2013
[3] مرجع دراسة سلوك تآكل الفولاذ الكربوني في الاوساط المائية، د. خالد عثمان شرف، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية المجلد الثامن والعشرون ، العدد الأول ، 2012 صفحة 384.
[4] المهندس وليد بن سعيد القحطاني المشرف على مختبرات و معامل قسم الهندسة الكيميائية ،كلية الهندسة جامعة الملك سعود.
[5] Coomb J, fundamentals of corrosion mechanisms, corporation, new York.
[6] Le livre multimédia de la corrosion
http://www.cdcorrosion.com/mode_corrosion/corrosion_caverneuse.htm
[7] News Company News What is intergranular corrosion in metal material
Date：2016-10-31 Categories：Company News/ News
[8] Equipements latéraux des ponts PROTECTION CONTRE LA CORROSION, COLLECTION DU GUIDE TECHNIQUE GC,NOVEMBRE 1996

جـــــــامعة قاصدي مرباح ورقـــــــــلة
كلية الرياضيات و علوم المادة
قسم :الفيزياء
تخصص: فيزياء طاقوية وطاقات المتجددة

من إعداد الطالبتين:-غدامسي كريمة
- وناس كريمة
تحت إشراف الأستاذ : تخة محمد

مذكرة ماستر بعنوان

دراسة نظرية و تجريبية لظاهرتي التبخير والتكثيف

المقدمة :

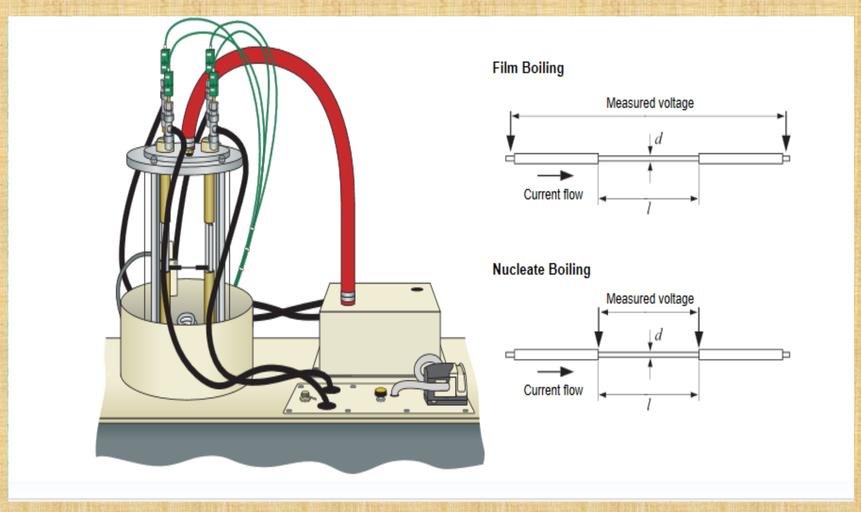
❑الحمل هو الوسيلة الوحيدة التى تنتقل بها الحرارة بين سطح صلب و مائع ملامس له.
❑فكثيرا ما يحدث في عمليات انتقال الحرارة بالحمل تغير الطور للموائع.
❑ويظهر ذلك في عمليتي التبخير و التكثيف.
❑وتستغل هاتين العمليتين في توليد القدرة الكهربائية من خلال المبدلات الحرارية (المراجل و المكثفات)

الكلمات المفتاحية : الغليان – التسخين – مخطط نيكياما - التبخير – التكثيف –نظرية نيسلت

تعريف التبخير:
هو عبارة عن عمليتين متزامنتين :
عملية التبخر(ظاهرة حرارية):هو إجراء يتم خلاله تسخين السائل عند درجة حرارة التشبع ويتم ذلك بإعطائه حرارة من سطح صلب ساخن.
عملية الغليان (ظاهرة ديناميكية):هو إجراء يحدث مع التبخر حيث تتشكل فقاعات بخار داخل السائل و ترتفع إلى الأعلى .

تعريف التكثيف:
هوعبارة عن عمليتين :
عملية الإسالة : هو إجراء يتم خلاله تبريد البخار عند درجة حرارة التشبع ويتم ذلك بإعطائه حرارة إلى سطح صلب بارد.
عملية التقطير : هو إجراء ديناميكي يحدث مع الإسالة حيث تتشكل قطرات السائل داخل البخار و تنزل إلى الأسفل .

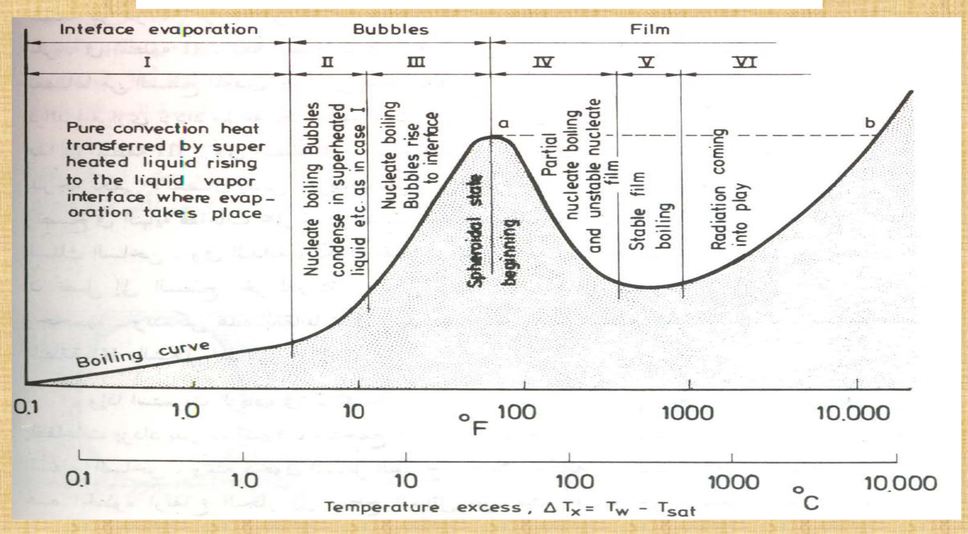
الجهاز المستعمل في التجربة
Boiling and condensing heat transfer apparatus



تعريف الغليان :
يمر الغليان بخمس مراحل حسب مخطط Nukiyama (عام 1934) :
➢**المرحلة 1:** غليان ذو حمل حر .
➢**المرحلة 2:** غليان شبه تبريدي .
➢**المرحلة 3:** غليان ذو الأنوية .
➢**المرحلة 4:** غليان انتقالي .
➢**المرحلة 5:** غليان شريطي مسقر.

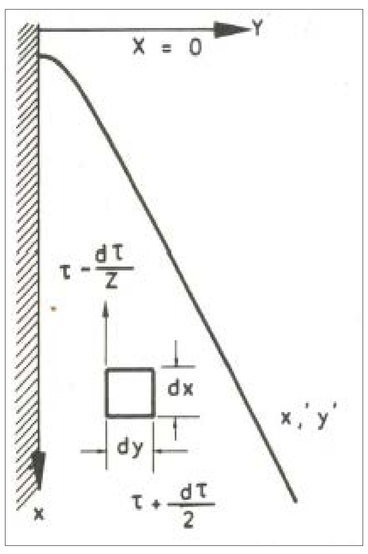
تعريف التقطير :
لقد عرض Nuselt (عام 1916) النظرية الأساسية للتكثيف الغشائي حيث تم من خلالها استنتاج معاملات انتقال الحرارة بالحمل الموضعية و المتوسطة. ومراحل التقطير هي ثلاثة :
➢ **المرحلة 1:** التقطير النقطي.
➢**المرحلة 2:** التقطير الانتقالي.
➢**المرحلة 3:** التقطير الشريطي .

مخطط الغليان لـ : Nukiyama



بعض المفاهيم حول ظاهرة التكثيف

التكثيف فوق السطوح الباردة (نظرية نيسلت): عندما يتكثف بخار ما على سطح رأسي بارد، فإن نواتج التكثيف تكوّن غشاءً على السطح
في مثل هذه الحالة، يمكن افتراض أن نزول الغشاء من أعلى السطح إلى أسفله يتم على شكل انسياب رقائقي، ويؤثر سُمْك هذا الغشاء تأثيرًا كبيرًا في انتقال الحرارة، إذ إن الحرارة المنتقلة إلى السطح البارد من عملية التكثيف تواجه مقاومة أثناء مرورها خلال سُمْك الغشاء المتكون.



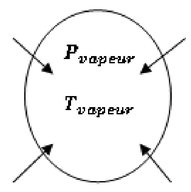
النموذج النظري لظاهرة انتقال الحرارة في التكثيف على السطوح الرأسية:

$$\frac{Q}{A} = \frac{k(T_v - T_w)}{y'} = W'.L = h(T_v - T_w)$$

L : تمثل الحرارة الكامنة للتبخير لوحدة الكتلة .
W' :كمية نواتج التكثيف المتكونة على وحدة المساحات.
y' : هو سمك غشاء التكثيف عند النقطة ذات الإحداثيات'x و 'y

بعض المفاهيم حول ظاهرة التبخير

فرضية كلفن : وقد افترض كلفن أن درجة حرارة السائل لابد أن تكون أعلى من درجة حرارة التشبع للبخار داخل الفقاعة كشرط لحدوث هذه الظاهرة .

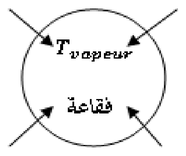


$P_{liquide}$ $\quad P_{liquide} > P_{vapeur}$
$T_{liquide}$ $\quad \Rightarrow T_{liquide} > T_{vapeur}$

و منه الحرارة تنتقل من السائل للبخار

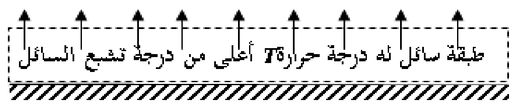
اتجاه انتقال الحرارة (من السائل للبخار داخل الفقاعة)

تدرج درجة حرارة السائل : و لقد تم رصد طبقة من السائل قريبة من السطح الساخن درجة حرارتها أعلى من درجة التشبع . و تقل درجة تحمية هذه الطبقة كلما زادت درجة خشونة السطح .



سائل له درجة حرارة تشبع $T_{liquide}$ $\quad T > T_{liquide}$

و منه الحرارة تنتقل منطبقة السائل إلى السائل المحيط بالفقاعة



وجود طبقة قريبة من السطح الساخن درجة حرارتها أكبر من درجة التشبع

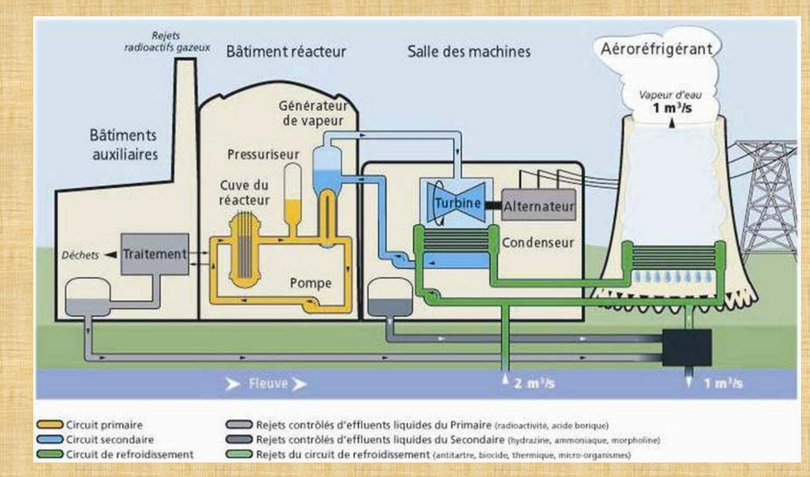
النموذج النظري لظاهرة انتقال الحرارة في التبخير :

$$Nu = 0{,}47(Gr.Pr)^{0{,}25}$$

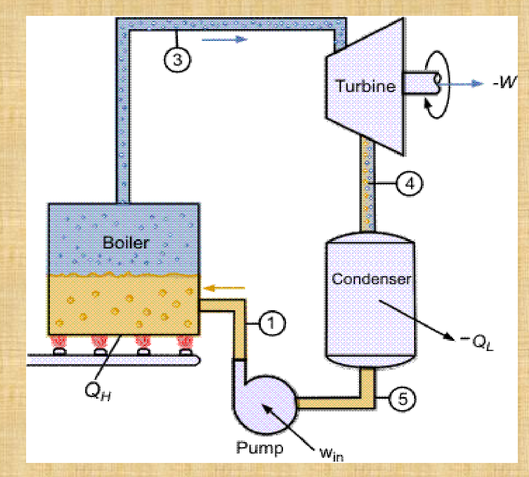
$$\frac{h_c.D_0}{k_f} = 0{,}47\left(\left(\frac{D_0.\rho_f^2.g.\beta.\Delta t}{\mu_f^2}\right)\left(\frac{C_f\mu_f}{k_f}\right)\right)^{0{,}25}$$

$$Gr = \frac{D_0.\rho_f^2.g.\beta.\Delta T}{\mu_f^2} = \frac{D_0.g.\beta.\Delta t}{\mu_f^2/\rho_f^2} = \frac{D_0.g}{\nu_f^2}\ \beta.\Delta T$$

$$Ra = Gr.Pr = \left(\frac{D_0.g}{\nu_f^2}\ \beta.\Delta T\right)\left(\frac{\nu_f}{a_f}\right) = \frac{D_0.g}{a_f.\nu_f}\ \beta.\Delta T$$



دورة Rankine لإنتاج الطاقة من البخار باستعمال الطاقة النووية



دورة Rankine لإنتاج الطاقة من البخار

الخاتمة

إن ظاهريتي التبخير والتكثيف لهما أهمية كبيرة في المجال الصناعي ويتجسد ذلك في انتاج الطاقة الكهربائية (القدرة) في المراجل التي تنتجها على شكل بخار، وتقوم المكثفات هي الأخرى بإنتاجها على شكل سائل، وكما تستعمل هاتين الظاهرتين في التكييف الهوائي (التبريد والتسخين) وغيرها من الإجراءات الحرارية.
و يمكن ملاحظة أوجه التشابه في دراسة الظاهرتين نظريا و تجريبيا.

المراجع :

[1] (انتقال الحرارة) .دار العربية للنشر و التوزيع .
[2] محمدعبد الرضا الشمري (مبادئ انتقال الحرارة).
[3] Welly,J.R.,Wicks, C.E and Wilson ,R.E.,Fundamentals of Montentum,Heat and Mass Transfer,3rd. Ed .,John Wiley & Sons,(1984).
[4] Karn ,D., Process Heat Transfer ,McGraw-Hill International Student edition ,New York(1950).

البريد الالكتروني : kajomi2017@gmail.com
الدفعة : 2018/2017

جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة–قسم الفيزياء

دارسة تجريبية لتحسين أداء المقطر الشمسي البسيط بإستعمال المضخة الحرارية

تخصص فيزياء طاقوية و طاقات متجددة
تقديم من طرف: شلغام منيرة . بن سليمان نور الهدى
تحت إشراف : محمد تخة

المقدمة

الماء هو مصدر الحياة وهو العنصر الأساس في التطور والنمو ، ومنذ أقدم العصور والإنسان يبحث عن الماء ويسكن إليه فكل الحضارات التي عاشت وازدهرت كانت حيث وجدت المياه ، وبما أن العالم حالياً يواجه نقصاً متزايدا في كميات المياه العذبة اللازمة لتلبية احتياجاته الضرورية في مختلف نواحي الحياة الحضارية وقلة مصادر المياه العذبة ، لذا أتجه العالم اليوم إلى مياه البحر المالحة والمياه الجوفية لتصفيتها واستخدامها في الأماكن التي تعاني من قلة المياه العذبة .[1] وهناك طرق متعددة لتصفية المياه منها الحرارية وغير الحرارية معظمها تعتمد بالدرجة الأساس على مصادر الطاقة التقليدية كالنفط والغاز والفحم الحجري والطاقة النووية ويتسبب عن استخدام مثل هذه المصادر مشاكل بيئية، لذا يتجه العلم الحديث للبحث في إمكانية استغلال الطاقة المتجددة في كافة المجالات الصناعية ومنها تصفية المياه .تعتبر الشمس المصدر الرئيسي للطاقة في الكون ، يمكن الاستفادة من الطاقة الشمسية بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة تحويلها إلى نوع آخر من الطاقات (حرارية وميكانيكية وكهربائية وكيميائية) .التقطير الشمسي هو إحدى طرق استخدام الطاقة الشمسية بشكل مباشر لغرض تقطير المياه حيث يستخدم لذلك جهاز بسيط يدعى المقطر الشمسي الذي يشبه في عمله عملية التبخير الطبيعية الحاصلة للمياه الموجودة على سطح الأرض التي تتبخر نتيجة حرارة الشمس ثم تتكثف لتشكل الغيوم ثم تسقط على شكل قطرات كماء مقطر.

الهدف من الدراسة

يعتبر تقطير المياه من الحلول المقترحة لمشكلة نقص مياه الصالحة لشرب في المناطق الجافة والصحراوية ولذلك يهدف هذا العمل إلي تحسين أداء المقطر الشمسي البسيط ذو الميل الواحد بإستعمال المضخة الحرارية وفق التجارب التالية:

- **التجربة 1** : تعمل على تبريد مكثف المقطر من جهة و طرد الحرارة من طرف مكثف المضخة إلى الهواء (حمل طبيعي أو قسري).
- **التجربة 2** : تعمل على تبريد مكثف المقطر من جهة و الاستفادة من الحرارة الضائعة من مكثف المضخة لتسخين أولي لمياه التغذية (حمل طبيعي).
- **التجربة 3** : تعمل على تبريد مكثف المقطر من جهة و تسخين مباشر لمبخر المقطر من طرف مكثف المضخة (إسترجاع للحرارة).

❖ **الكلمات المفتاحية** : التقطير الشمسي ، المقطر الشمسي ذو الميل الواحد ، الإشعاع الشمسي ، انتقال الحرارة ،انتقال الكتلة ، التكثيف ، التبخير .

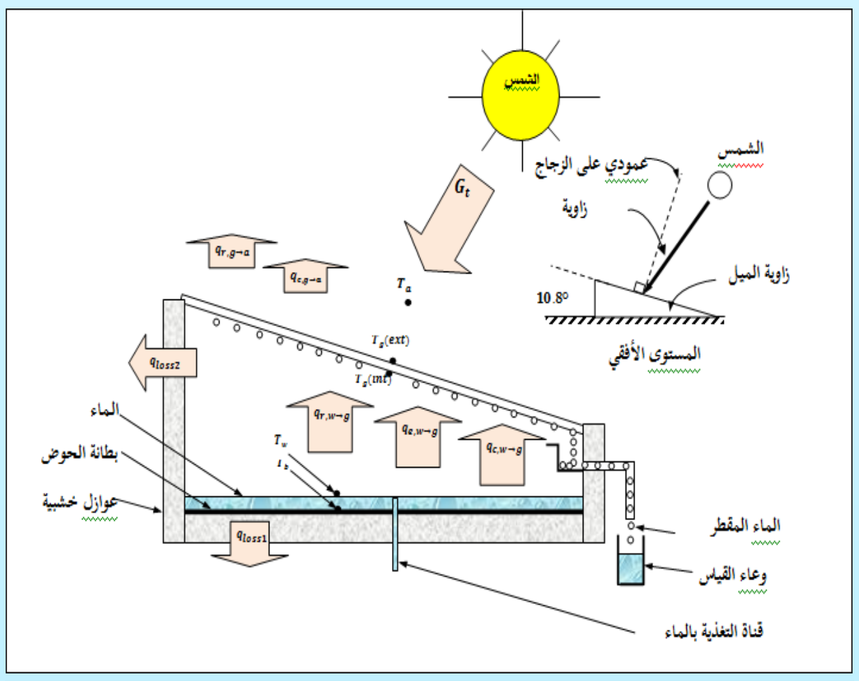
❖ **ما سوف يتم في التجارب :**

- من هذه التجارب نقارن الأحسن من حيث المردود الطاقوي و كمية الماء المقطر المنتجة.
- ومن الدراسات السابقة يتضح أن المسبب الرئيسي للزيادة هو زيادة الفرق في درجة الحرارة بين المبخر و المكثف لمقطر الشمسي.
- وسوف نكتشف هذه العلاقة نظريا و تجريبيا، نظريا باستخدام منحنيات توضيحية تعطينا فكرة عن كمية الماء النقي المنتج بدلالة درجة حرارة المبخر و المكثف معا، وأصل هذه المنحنيات نظري مستنبطة من العلاقات الموجودة في المراجع،

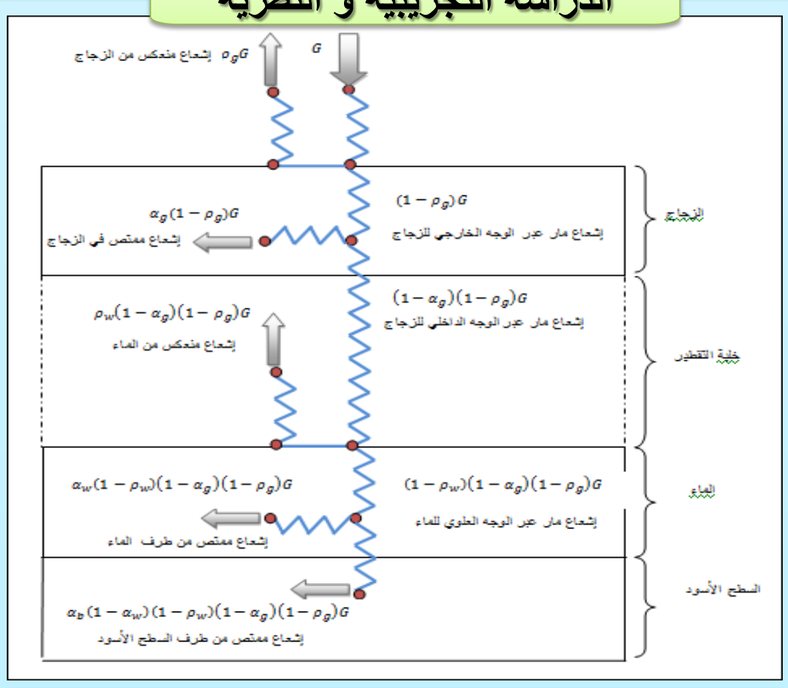
❖ **و تجريبيا يجب أن ندعم الجهاز بما يلي :**

- من جهة المبخر : نضيف حملا حراريا لزيادة درجة حرارة المكثف.
- من جهة المكثف : نسحب حملا حراريا لإنقاص درجة حرارة المكثف.
- و بين المبخر و المكثف : لا يجب أن تنتقل الحرارة من المبخر إلى المكثف لكي لا يحدث تداخل في الأدوار.

الدراسة التجريبية و النظرية

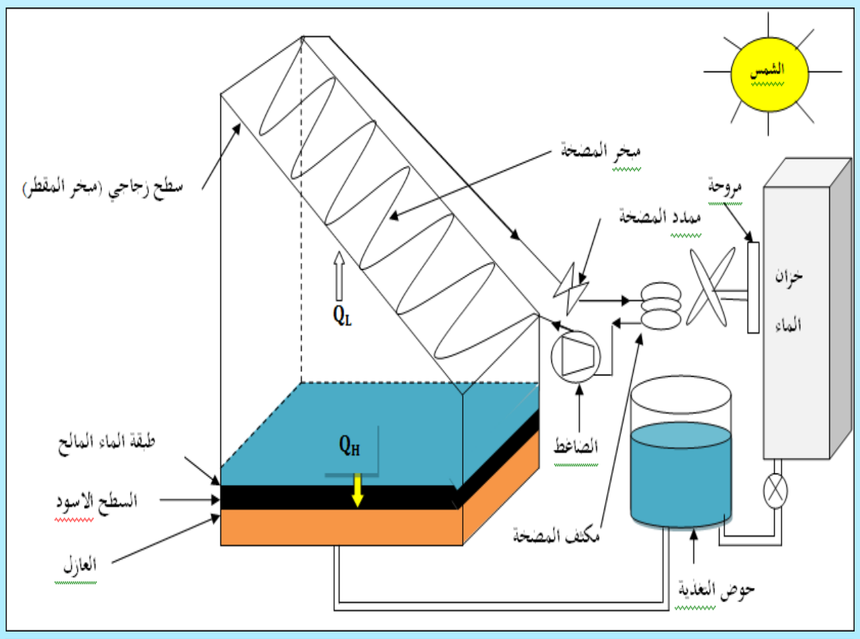


رسم تخطيطي للتدفقات الحرارية على المقطر الشمسي

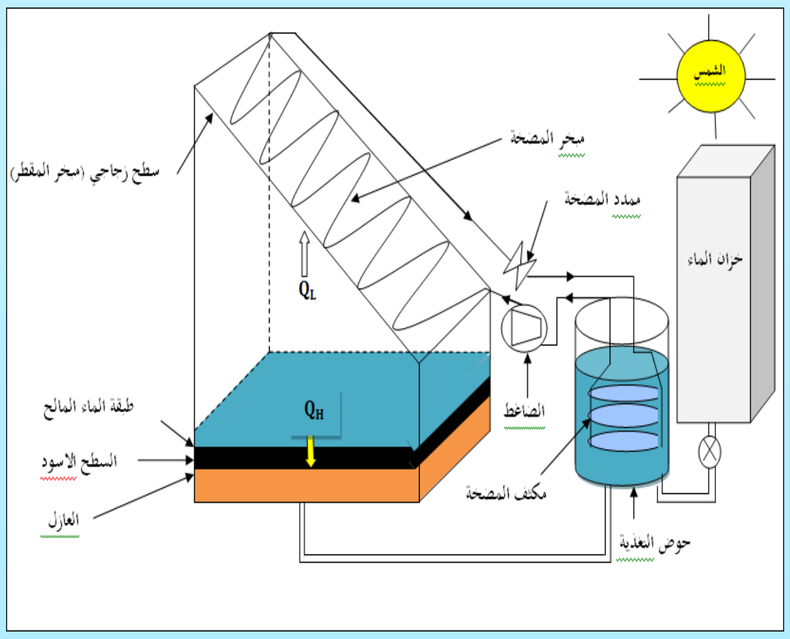


مخطط يوضح الإشعاعات الحرارية المارة عبر مختلف أجزاء المقطر

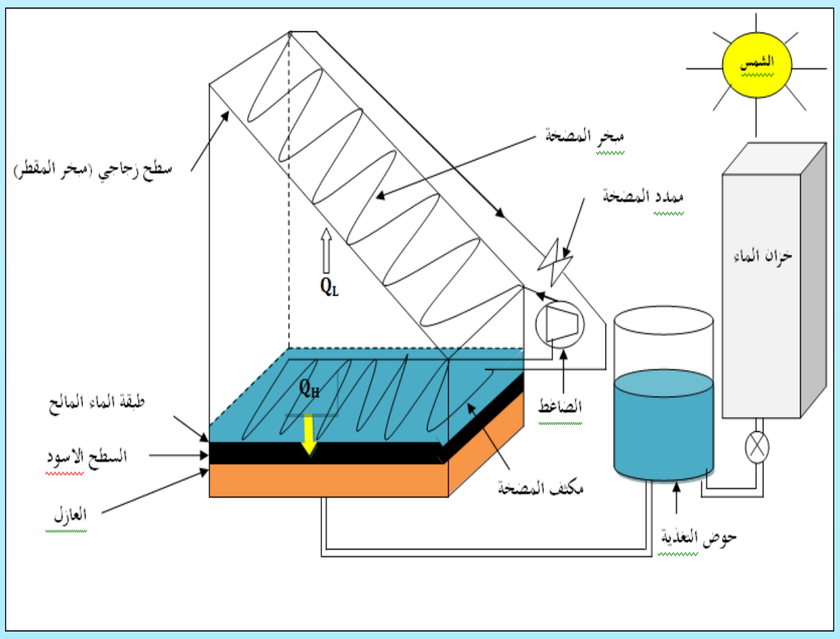
صورة عامة للأجهزة : المقطر 1 : شاهد (بدون تحسينات)،المقطر 2 : المستعمل في التحسينات



التجربة الأولى: تبريد مكثف المضخة بالهواء (حمل طبيعي أو قسري)



التجربة الثانية: تسخين أولي لمياه التغذية (حمل طبيعي)



التجربة الثالثة : استرجاع الحرارة بربط المقطر الشمسي بالمضخة الحرارية

الانتقالات الحرارية الخارجية :

$$Q_{r,g-a} = \varepsilon_g . \sigma . \left(T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4\right) = 0{,}9 . \sigma . \left(T_{g(ext)}^4 - T_{sky}^4\right)$$

$$Q_{c,g-a} = (2{,}8 + 3.V)\left(T_{g(ext)} - T_a\right)$$

$$Q_{loss1} = U_{b_1}(T_b - T_a) \qquad U_{b_1} = \left(\frac{e_1}{k_1} + \frac{e_2}{k_2} + \frac{e_3}{k_3} + \frac{1}{h_i}\right)^{-1}$$

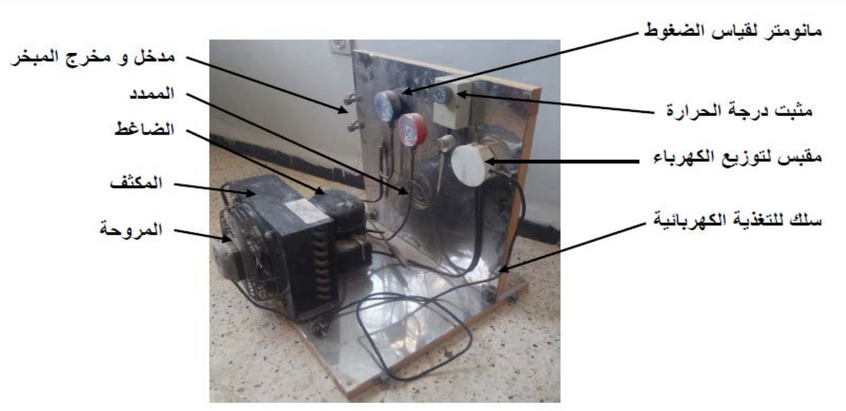
$$Q_{loss2} = U_{b_2}(T_b - T_a) \qquad U_{b_2} = \left(\frac{e_4}{k_4} + \frac{e_5}{k_5} + \frac{1}{h_i}\right)^{-1}$$

الانتقالات الحرارية الداخلية :

$$Q_{r,w-g} = \varepsilon_w . \sigma \left(T_w^4 - T_{g(int)}^4\right) = 0{,}9 . \sigma \left(T_w^4 - T_{g(int)}^4\right)$$

$$Q_{c,w-g} = 0{,}884 \left[\left(T_w - T_{g(int)}\right) + \frac{\left(P_w - P_{g(int)}\right)(T_w + 273{,}15)}{268{,}9.10^3 - P_w}\right]^{1/3} \left(T_w - T_{g(int)}\right)$$

$$Q_{ev,w-g} = 16{,}273.10^{-3} h_{c,w-g} \frac{p_w - p_{g(int)}}{T_w - T_{g(int)}} \left(T_w - T_{g(int)}\right)$$



المضخة الحرارية

المراجع

[1] Alajlan S.A. *An Overview of water Desalination Technologies*. Presented at the Solar Energy Systems-Water Pumping and Desalination Workshop, Solar Village, KACST,Riyadh, Saudi Arabia. PP. 15-33, (18-20 December 1995) .

[2] B.Bouchekima"a solar Desalination plant for domestic water need in arid areas of south Algeria ". Desalination 153(2002) 65-69.

[3] H.E.S.Fath ,H.M. Hosny, thermal performance of a single- sloped basin still with an inherent built – in additional condenser, desalination142(2002) 19- 27 .

[4] M. Abu-Arabi, Y . Zurigat, H. Al-Hinia, S. Al-Hiddabi, Modeling and performance analysis of a solar desalination unit with double- glass