

REALISATION EXPERIMENTALE D'UN REFRIGERATEUR SOLAIRE A ADSORPTION À RABAT

EXPERIMENTATION OF AN ADSORPTIVE SOLAR REFRIGERATOR IN RABAT

F. LEMMINI, A. ERROUGANI, F. BENTAYEB

Laboratoire d'Energie Solaire, Faculté des Sciences.
Département de Physique. Avenue Ibn Battota, B. P.1014. Rabat, Maroc
Tél : 037722923 Fax : 037778973
E-mail : lemmini@fsr.ac.ma, A-erroug@fsr.ac.ma, bentayeb@fsr.ac.ma

Résumé :

Les études de simulation d'un réfrigérateur solaire à adsorption ont montré que ce type de réfrigérateur est tout à fait adapté aux climats marocains pour pallier au manque d'énergie dans les zones rurales où le réseau électrique conventionnel fait défaut. Par ailleurs, ce type de machine à production de froid ne contribue pas, contrairement aux réfrigérateurs à compression de vapeurs, à la dégradation de l'environnement (effet de serre et couche d'ozone).

Un prototype de réfrigérateur solaire à adsorption utilisant le couple charbon actif-méthanol est actuellement en phase de montage au Laboratoire d'Energie Solaire de la Faculté des Sciences à Rabat. Les différents éléments de la machine sont :

- *un capteur de surface égale à 1m² contient 22 kg de charbon actif.*
- *un condenseur de surface 10m²*
- *un évaporateur de surface 1m²*
- *une chambre froide de 100 litres contient l'évaporateur.*

Les différents éléments de la machine ont été dimensionnés pour une production de 5 kg de glace par jour ou pour le maintien d'une température à l'intérieur de la chambre froide entre 0 et 5 degré celsius.

Mots clés : Energie solaire / charbon actif-méthanol / adsorption / réfrigération.

Abstract :

Simulation studies of an adsorptive solar refrigerator showed that this type of units are very well adapted to moroccan climates. They can be used in remote areas where the grid is not available. Moreover, these refrigerators are very safe for the atmosphere.

A refrigerator prototype using the pair actived carbon- methanol is actually in experimentation in the Solar Labortory of the Sciences Faculty of Rabat.

The different elements of the unit are :

- *a collector of an area of 1 m², contains 22 Kg of actived carbon.*
- *a condenser which has an area of 10 m².*
- *an evaporator of an area of 1 m².*
- *a cold room with 100 liter capacity, contains the evaporator.*

The unit has been sized to produce 5 kg of ice per day or to maintain a temperature in the cold room in between 0 and 5 degree celsius.

Keywords : Solar energy / actived carbon-methanol / adsorption / refrigeration.

1. INTRODUCTION :

L'utilisation de l'énergie solaire dans les pays ensoleillés est un moyen efficace pour pallier au manque d'énergie surtout dans les zones rurales où il est parfois difficile et coûteux de les alimenter avec le réseau électrique conventionnel. Parmi les procédés de transformations thermiques de l'énergie solaire, la réfrigération solaire est l'application la plus indiquée pour le stockage des denrées alimentaires et des produits pharmaceutiques. Par ailleurs, le Maroc est un pays où le potentiel solaire est très important, l'ensoleillement annuel est toujours supérieur à 20 000 kJ par m² de surface de captation. Il est donc important d'exploiter cette ressource naturelle notamment dans le domaine de la production de froid. Plusieurs travaux dans le domaine de la réfrigération par adsorption ont été couronnés de succès [1,2,3,4] et des réfrigérateurs ont été réalisés [5,6,7]. Cependant, ils sont parfois peu adaptés puisque rares sont ceux qui ont été testés sous des conditions météorologiques réelles.

Le but de ce travail est la réalisation expérimentale d'un réfrigérateur solaire utilisant un capteur plan à adsorption pour la production de froid. Ce travail fait suite à des simulations numériques, dans les conditions météorologiques réelles de Rabat, qui ont permis de dimensionner les différents éléments de l'unité [8,9].

2. PRINCIPE DE LA REFRIGERATION SOLAIRE PAR ADSORPTION

Une machine frigorifique solaire à adsorption est constituée d'un capteur plan, contenant l'adsorbant, reliés à un condenseur et à un évaporateur. Le principe de fonctionnement de ces machines, peut être décrit de la manière suivante :

2.1. Echauffement de l'adsorbant (jour) : figure 1.

De A à B (isostère), le capteur est isolé. L'adsorbant reçoit de la chaleur, ce qui provoque une élévation de pression. Au point B, la pression de vapeur du réfrigérant dans le capteur est égale à la pression de saturation à la température de condensation.

De B à D, le capteur est connecté au condenseur. L'apport de chaleur provoque l'augmentation de la température de l'adsorbant et la désorption du réfrigérant. Dans un cycle idéal, la pression de condensation reste constante entre B et D (isobare). En fin d'après midi, l'énergie solaire diminue et la température de l'adsorbant atteint son maximum.

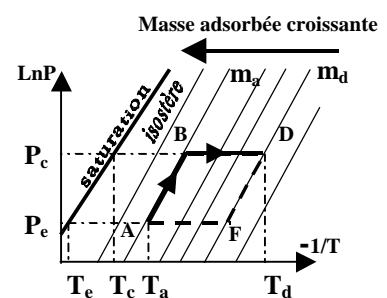


Figure 1: cycle intermittent à adsorption (jour)

2.2. Refroidissement de l'adsorbant (nuit) : figure 2.

De D à F (isostère), le capteur est de nouveau isolé. L'adsorbant se refroidit graduellement en libérant de la chaleur vers l'ambiance ce qui entraîne une baisse de pression. Au point F, la pression de vapeur à l'intérieur du capteur est égale à la pression de saturation à la température d'évaporation.

De F à A le capteur est connecté à l'évaporateur. L'adsorbant, en continuant à se refroidir, « pompe » le liquide réfrigérant dont l'évaporation provoque la production de froid (à pression constante)

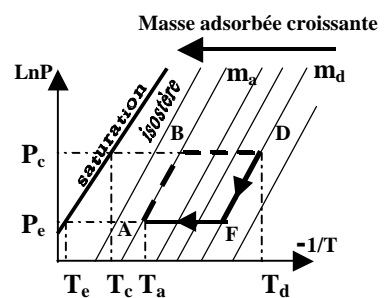


Figure 2 : cycle intermittent à adsorption (nuit)

3. PRESENTATION DE L'INSTALLATION EXPERIMENTALE

La machine frigorifique solaire à adsorption à cycle intermittent quaritherme étudiée est illustrée par la figure 3. Cette maquette de laboratoire est fortement instrumentée pour le suivi des différents paramètres de fonctionnement des éléments de l'installation, qui sont :

- 1 : un capteur : un adsorbent contenant le charbon actif AC35.
- 2 : un condenseur à air.
- 3 : une chambre froide contenant l'évaporateur.
- 4 : un capteur de mesure pression.
- 5 ; 6 ; 7 : des vannes manuelles d'isolement.
- 8 : un piège à froid.
- 9 : un groupe de pompage à vide.

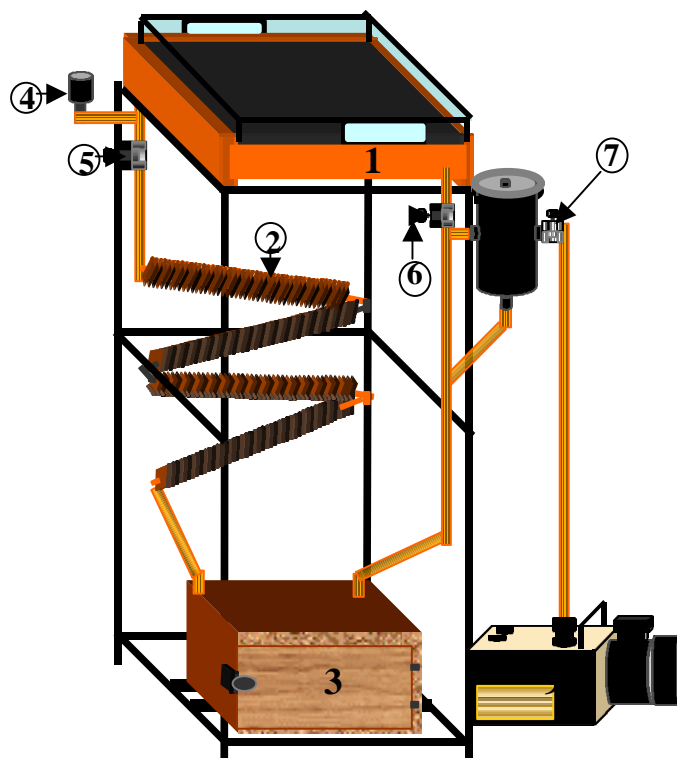


Figure 3 : schéma de l'installation expérimentale de la machine frigorifique Solaire à adsorption

3. 1. Capteur plan

Le capteur, élément essentiel de la machine, est un parallélépipède en cuivre, contenant l'adsorbant qui est le charbon actif.

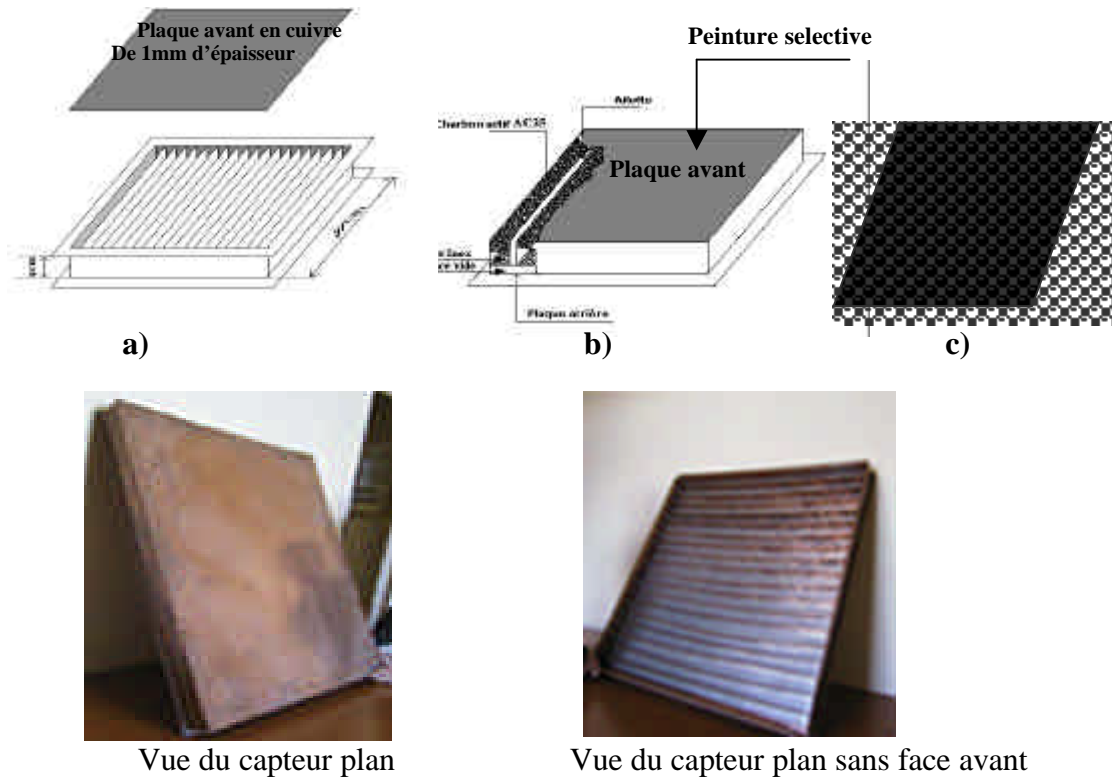


Figure 4 : schémas descriptifs du capteur plan

Les dimensions du capteur sont les suivantes (fig 4 a) :

côté : 97 cm

épaisseur 6 cm dont :

- 5 cm de charbon actif AC35 sous forme de grain.

- 1 cm d'espace vide est aménagé entre le lit de charbon actif et la plaque arrière, à l'aide d'une grille en inox (fig 4 c), afin que le méthanol sous forme de vapeur puisse transiter vers le condenseur sans résistance. Des entretoises de la même matière que la grille sont placées en dessous de cette dernière pour assurer sa tenue mécanique.

La masse de charbon actif (22 kg) est répartie dans le capteur entre les 18 ailettes rectangulaires qui permettent d'avoir un bon transfert thermique (fig 4 a).

La face avant du réacteur (fig 4 b) (destinée à recevoir le rayonnement solaire) a été préalablement traitée par une peinture sélective permettant une bonne absorption du rayonnement solaire dans le spectre visible et une faible émission dans le spectre du proche infrarouge.

3. 2. Condenseur à air

Le condenseur (Fig.3) à air utilisé est constitué de 4 tubes. Chaque tube à un diamètre 2,5 cm et contient 96 ailettes espacées de 1 cm. Chaque ailette a une forme carré de 10 cm de côté et d'épaisseur 0.5 cm. La surface d'échange du condenseur est de 10 m².

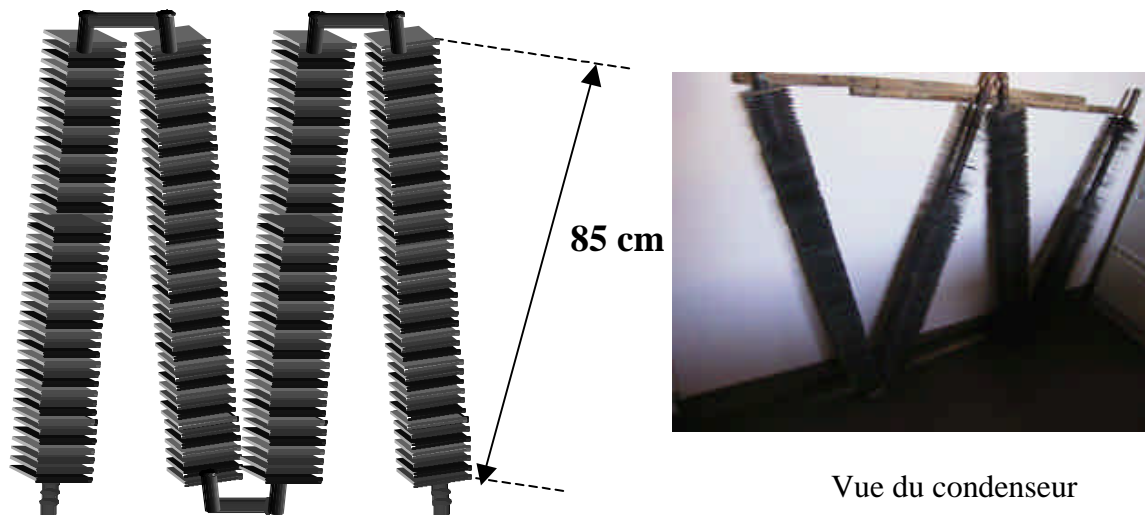


Figure 5 : schémas du condenseur à air

3. 3. Evaporateur

L'évaporateur de surface d'échange de 1 m^2 (Fig.) est un parallélépipède en cuivre. L'espace vide à l'intérieur du rectangle est utilisé comme une chambre frigorifique.



Vue de la chambre froide



Vue de l'évaporateur

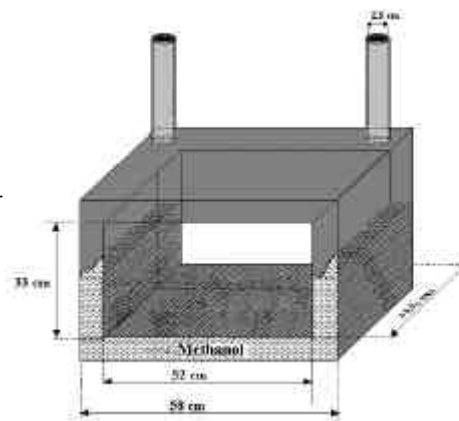


Figure 6 : schémas de la chambre froide et de l'évaporateur

4. CONCLUSION :

Le réfrigérateur solaire à adsorption présenté dans ce travail est en cours de montage dans le Laboratoire d'Énergie solaire de la faculté des sciences de Rabat. C'est une contribution dans le domaine de la réalisation expérimentale de ce type de machine dans un climat réel. Le site

d'implantation choisi est celui de Rabat, ville caractérisée par un climat méditerranéen (bon ensoleillement et températures douces tout au long de l'année).

Le dimensionnement de la machine a été fait grâce à des calculs de simulation menés dans le même laboratoire.

Dans un autre climat, par exemple celui de Marrakech (site présaharien où les températures ambiantes sont très élevées) la conception et le dimensionnement de la machine devrait tenir compte des températures très élevées qui empêchent le refroidissement du capteur, phase très importante pour la production du froid à l'évaporateur.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ph. Grenier, J. J. Guillemot, F. Meunier, M. Pons, 1988, Solar powered solid adsorption cold store. *Journal of Solar Energy Engineering*, Vol 110.
- [2] R. E. Critoph, 2001, Simulation of a continuous multiple-bed regenerative adsorption cycle. *International Journal of refrigeration*, N° 24.
- [3] F. Buchter, C. Hildbrand, Ph. Dind, M. Pons, 2001, Experimental data on an advanced solar-powered adsorption refrigerator. *International Conference*, Paris, France september 2001.
- [4] M. Pons, S. Szarzynski, 1999, An adsorption cooling system with heat-regeneration : experimental and numerical study. *Proc. Of thint. Sorption Heat Pump Conf. Munich, Germany, March 1999.*
- [5] J.J. Guillemot, F. Meunier, 1981, Etude expérimentale d'une glacière solaire utilisant le cycle zéolithe 13X-eau. *Rev. Gen. Therm. Fr*, N° 239.
- [6] A. Boubakri, M. Pons, F. Meunier, J.J. Guillemot, 1992, Experimental study of adsorptive solar – powered ice makers in Agadir (Morocco) – 1. Performance in actual site. *Renewable Energy*, Vol 2, N° 1.
- [7] F. Buchter, Ph. Dind, 2000, Expérimentation d'un réfrigérateur solaire à adsorption testé au Burkina Faso. *Revue Scientifique de l'EIVD.*
- [8] F. Lemmini, 1990, Contribution à l'étude de la réfrigération solaire par adsorption : simulation numérique du stockage de froid sur une année. *Thèse d'Etat, Faculté des Sciences de Rabat.*
- [9] F. Bentayeb, 1999, Adaptation d'une unité frigorifique solaire aux climats marocains et contribution à l'étude d'entrepôts frigorifiques, *Thèse d'Etat, Faculté des Sciences de Rabat.*