

IMPORT ECO ENERGIES SOLAIRES

Les professionnels des Energies Renouvelables



Vacuum technology

Shentai Solar Energy





**QUELQUES REALISATIONS
EN CHINE**



CAPTEURS SOLAIRES A TUBES SOUS VIDE DISTRIBUES PAR « I.E.E.S » PARTENAIRE DE LA SOCIETE « SHENTAI »



Un capteur solaire "sous vide" est composé d'une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm de diamètre. Dans chaque tube il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l'énergie thermique. Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur et celui-ci reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement. Ainsi, on peut réaliser des capteurs solaires performants sans une isolation thermique rapportée ou un coffre de protection.

Pour être efficace, le vide doit être poussé $< 10^{-3}$ Pa. Un tube devient inutile s'il n'est pas totalement hermétique et il faut le changer pour préserver la performance de l'ensemble du capteur. Afin de visualiser cette éventualité, les tubes sont munis d'un témoin (getter) en baryum qui dépose une couche métallisée sur l'intérieur du tube pendant la fabrication. Cette couche argentée de baryum devient blanche en contact avec l'air et sert ainsi de témoin à la perte de vide.

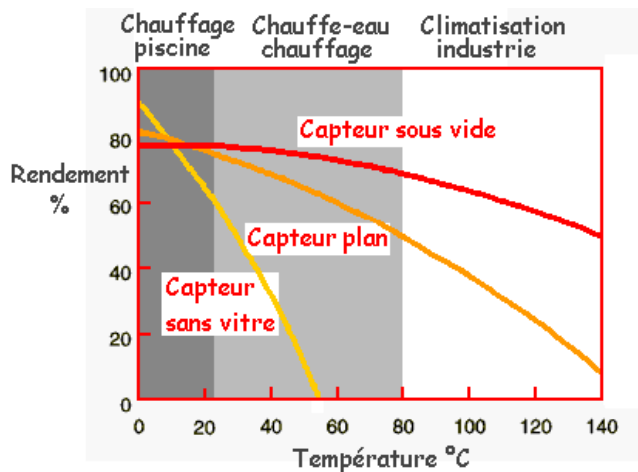


"Getter" en Barium
Témoin et clips pour
fixation en bout de tube



Le bout du tube est argenté si le vide est effectif, sinon il devient blanc

A surface d'absorbeur égale, le rendement est généralement meilleur que celui d'un capteur plan, surtout à des températures élevées ($>60^{\circ}\text{C}$).



Graphique schématique montrant les performances comparées des différents types de capteurs solaires thermiques.

Mais, attention, les surfaces utiles d'un capteur à tubes sous vide et d'un capteur plan sont difficilement comparables.

I) CAPTEUR A TUBE SOUS VIDE A EFFET « THERMOS » :

C'est le principe d'enveloppe sous vide utilisée pour garder les boissons chaudes dans une bouteille Thermos. Le tube intérieur sert d'absorbeur car la surface est traitée pour être absorbante et sélective. Cela veut dire que cette surface capte le rayonnement solaire, mais en chauffant, elle émet très peu de rayonnement infrarouge. La chaleur est transmise hors de l'enveloppe sous vide du tube par la circulation d'un fluide en contact avec l'absorbeur ou par un caloduc.



Cette technique a été développée tout d'abord à l'Université de Sydney en Australie. Actuellement, celle-ci est chinoise et quelques 5 millions de m² de capteurs à tube sous vide sont fabriqués chaque année. En effet, cette technique considérée comme "Hi-Tech" en Europe représente 65% du marché chinois.

La fabrication des tubes et l'assemblage des capteurs sont simplifiés, car il n'y a pas de soudures verre/métal. Par contre, les tubes « thermos » sont particulièrement fragiles au point de liaison avec le collecteur où la partie extérieure et la partie intérieure de chaque tube se rejoignent.

Ce type de capteur composé de 10 à 30 tubes est généralement utilisé dans le cas de système à thermosiphon avec un réservoir situé au-dessus dont la capacité peut aller jusqu'à 300 litres (1 tube pour 8 à 10 litres d'eau).

Le principe est simple : l'eau contenue dans les tubes sous vide se réchauffe grâce au revêtement sélectif dont les tubes sont revêtus et vient remonter dans le ballon de stockage pour le chauffer. L'eau froide descend immédiatement pour se réchauffer à son tour.

Les avantages sont nombreux : coûts restreints, performances exceptionnelles et risques de panne inexistant car il n'y a pas besoin d'électricité excepté pour chauffer la résistance utilisée pour le complément de chauffe.

L'inconvénient majeur, c'est que c'est totalement inesthétique et qu'une installation généralisée de ce type de chauffe-eau entraînerait des réactions vives de la part de vos voisins ou des autorités administratives à moins que vous ne dissimuliez ce chauffe-eau dans un endroit où personne ne le voit.

Dernier inconvénient, c'est que ce type de chauffe-eau ne peut pas travailler avec la pression du robinet car sa conception ne le permet pas. Il doit être obligatoirement installé au-dessus de l'habitation et l'eau chaude descendra uniquement par gravité et non poussée par la pression de l'eau entrante.

Une alternative existe consistant à insérer un sur-presseur (à petit prix chez IEES) sur la sortie d'eau chaude. Celui-ci se met en route dès que le robinet d'eau chaude est ouvert.

Il existe cependant une variante qui peut s'installer à même le sol et faire monter l'eau en pression sur plusieurs niveaux. Dans ce cas, **l'eau contenue dans les tubes et le réservoir est toujours la même** à savoir que c'est celle-ci qui vient réchauffer immédiatement l'eau qui passe en pression dans un serpentin en cuivre d'une trentaine de mètres qui se trouve dans le réservoir. Ce système qui a fait ses preuves est un peu plus onéreux. En terme de prix, c'est 50% plus cher. Le serpentin joue le rôle d'un simple échangeur.

II) CAPTEURS A TUBE SOUS VIDE DITS A « CALODUC » :

A) TUBES CONCENTRIQUES : technologie Heat Pipe



Transfert et échange de chaleur par caloduc

Principes de fonctionnement

Le capteur sous vide consiste en un ensemble de tubes à doubles parois de verre dans lequel on a fait le vide, comme pour le principe d'une bouteille thermos. Le tube interne est revêtu d'un traitement de surface sélectif à base de nitrure d'aluminium.

Un réflecteur parabolique (CPC ou concentrateur parabolique) positionné sous chacun des tubes réfléchit et concentre la radiation solaire jusqu'à l'absorbeur. La radiation réfléchie intensifie le rendement de production de chaleur (10 à 20% de plus) et permet de capter les rayons du soleil même à un angle et une hauteur de rayonnement basse en hiver.

A l'intérieur de chaque tube est glissée la pipe de chaleur (heat-pipe) qui est une tige en cuivre creuse contenant un mélange eau ou alcool/acétone qui s'échauffe au contact du soleil (technologie caloduc). A des températures particulièrement élevées, l'acétone se vaporise et transfère sa chaleur au bout de la tige qui ressemble à un bulbe que l'on appelle « condenseur ».

La pipe de chaleur est entourée d'ailettes en aluminium permettant un transfert calorifique plus important.

Le caloduc constitué par la pipe de chaleur est en contact avec l'absorbeur ; il permet de transmettre la chaleur captée hors du tube pour chauffer un fluide caloporteur circulant dans le collecteur.

Il y a toujours une liaison verre/métal hermétique entre le tube sous vide et le passage du caloduc mais la liaison entre le tube et le collecteur est à sec. Ainsi, les tubes peuvent être fixés au collecteur après son installation et dans le pire des cas, un tube cassé peut être remplacé sans déposer le restant du capteur ce qui est un avantage certain.

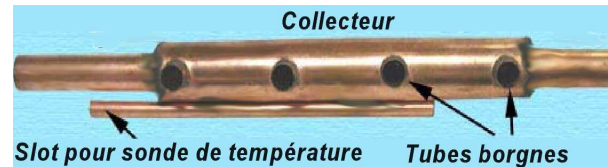


Pipe de chaleur ou « heat-pipe »



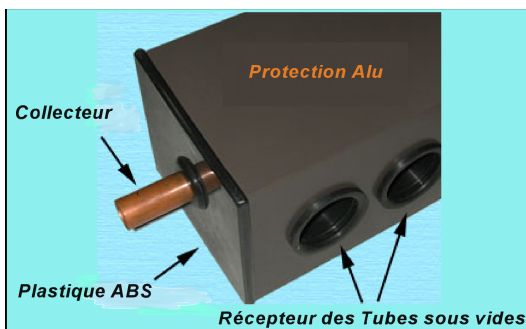
Collecteur en cuivre rassemblant les pipes de chaleur

Le collecteur est un tuyau de circulation en cuivre dans lequel sont soudés des tubes borgnes femelles où viennent s'enficher les condenseurs des pipes de chaleur. A ses deux extrémités sont soudés des connecteurs 1/2 filetés permettant les connexions extérieures.



Le collecteur rassemblant les tubes sous vide est constitué d'une coque en aluminium brossé rempli de polyuréthane garantissant une isolation thermique de l'ensemble.

Le liquide caloporteur circulant dans le collecteur en cuivre n'est pas en contact direct avec les pipes de chaleur qui viennent s'enficher dans les tubes borgnes fermés à leur extrémité.



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES :

Verre Borosilicate de haute qualité
 Dilatation thermique : 3.3×10^{-6} oC
 Diamètre tube externe : 47 mm / 58 mm
 Diamètre tube interne : 37 mm / 47 mm
 Longueur des tubes : 1500 mm / 1800 mm
 Épaisseur des tubes : 1,6 mm
 Poids du tube : 1.5kg (47 mm) / 2,2kg (58 mm)
 Intensité du vide : 5×10^{-3} Pa
 Réflecteur interne Aluminium
 Revêtement sélectif Nitrure d'aluminium
 Coefficient d'absorption solaire du verre $\tau \geq 0.92$
 Coefficient d'émission (perte thermique) $< 0.8W / (m^2oC)$
 Résistance à l'impact Projectile de 25 mm (grêle)
 Température Maximum (stagnation) 250 °C
 Température Minimum -30 °C

Mise en route du système ≥ 25 °C
Résistance à la pression 0.6 Mpa.

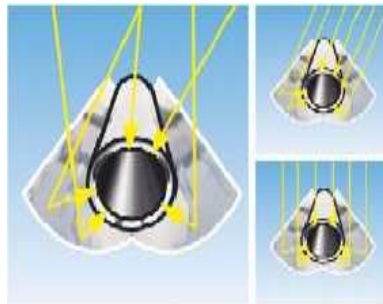
Avantages par rapport aux capteurs plans

Les chinois ont depuis près de dix ans misé sur le tube sous vide (95% de la production est orientée sur ce type de produit) et quand vous leur parlez des capteurs plans, ils rient et vous disent que « *ce type de capteur a vécu son temps, c'est-à-dire au siècle dernier !* » Une telle remarque se passe de commentaires et il semblerait que les capteurs sous vide vont à terme supplanter les capteurs plans qui seront prochainement considérés comme obsolètes. Ils tomberont inévitablement dans les oubliettes du solaire après plus de 30 ans d'une histoire glorieuse et sans faille.

Longtemps boudés en France, si ce n'est inexistantes ou rares et très chers, les capteurs à tubes sous vide sont très utilisés dans les pays nordiques car ils fonctionnent très bien même par grand froid. En effet, **ils ne captent et ne retiennent que le rayonnement solaire** (les infrarouges) et non la chaleur du soleil contrairement au capteur plan.

Parmi les avantages que l'on peut relever, on peut noter :

- Un rendement très élevé : 85 % du rayonnement absorbé. Quasiment aucune déperdition (à cause du vide). Les capteurs plans ont les mêmes capacités d'absorption mais de plus grosses pertes.
- Une absorption solaire peu modifiée par l'angle d'attaque du soleil les tubes étant ronds. Les capteurs sous vide fonctionnent donc à haut régime du matin au soir. Les capteurs plans ne sont efficaces que quelques heures par jour (11h/17h en plein été contre 9h30/18h30 pour les capteurs à tubes soit 3 heures de plus).



- Des surfaces d'absorptions maximisées grâce aux réflecteurs paraboliques positionnés sous chacun des tubes.
- Une capacité à produire de très hautes températures très rapidement (80°C et plus) alors que les capteurs plans plafonnent à 50-60 ° C. Cela a plusieurs implications : volume de stockage inférieur. Possibilité de chauffer une maison avec des radiateurs classiques qui fonctionnent à hautes températures. Possibilité de faire fonctionner une climatisation solaire.

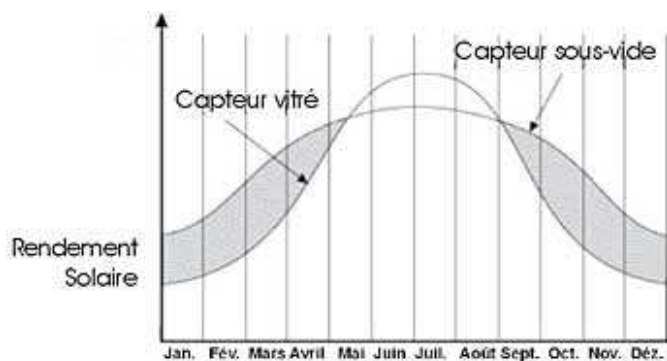
- Un rayonnement solaire de 750 KWh/m² soit 30% en moyenne de plus que les autres.
- Pas de problème de gel en hiver car le vide tient du -30 °C
- Absence totale de buée bien connue sur les capteurs plans.
- Une fixation pouvant être verticale (entre 15° et 90°).
- En cas de casse d'un tube ou de plusieurs, le capteur continue de fonctionner et le remplacement du ou des tubes cassé(s) se fait aisément.

On considère en général que les capteurs sous vide sont 30 % plus puissants et efficaces que les capteurs plans. Qu'en est-il de ces affirmations ?

Les 30 % évoqués généralement sont très importants et valent très chers. Si par exemple le soleil brille quelques petites heures le matin tôt à l'Est et que le reste de la journée est nuageux : de par leur conception, les capteurs sous vide vont se mettre immédiatement en action et chauffer plus vite votre ballon d'eau chaude que ne le ferait un capteur plan.

Les capteurs plats ou plans ne vont de leur côté quasiment rien capter, ni la luminosité, ni le rayonnement infrarouge (on est étonné de voir des tubes sous vide chauffer à l'abri de la lumière directe).

Donc, en valeur absolue, le capteur sous vide est effectivement 30 % plus puissant qu'un capteur plan, mais en efficacité globale, la valeur du rendement est certainement bien supérieure car il va pouvoir travailler beaucoup plus tôt et plus tard dans une journée que le capteur plan.



Sur ce graphisme, les résultats sont éloquentes :

- Le rendement des capteurs sous vides est près de deux fois supérieur aux capteurs plans de début Octobre à fin Février, exactement au moment où l'on a besoin d'un maximum de calorie.
- Les fluctuations de rendement, par rapport au calendrier, entre les 2 technologies sont d'un facteur 2 pour les capteurs sous vide et d'un facteur 4,5 pour les capteurs plans.
- Il faudrait donc, pendant les 4 mois les plus froids de l'année, doubler la surface des capteurs plans pour espérer avoir une efficacité comparable à celle des capteurs à tubes sous vide.

Applications

L'énergie solaire peut vous permettre de réaliser gratuitement tout ou partie de l'énergie nécessaire à :

- **chauffer votre eau chaude sanitaire.**
- **chauffer votre maison.**
- **chauffer votre piscine**
- **faire fonctionner une climatisation solaire**

Dimensionnements

De multiples formules de calcul existent et nous n'entrerons pas dans le détail de celles-ci car seules les moyennes qui en résultent nous intéressent.

On peut toujours ajuster ces moyennes en fonction de l'ensoleillement et bien sûr de la région.

Il est toujours préférable de sous-dimensionner son installation pour l'améliorer ultérieurement en ajoutant un capteur supplémentaire.

Rien ne sert d'avoir dans son ballon une eau chaude à 90°. Par contre, une eau à 40° en plein été méritera l'adjonction d'un collecteur de plus afin d'atteindre 55/60°. En règle générale, un tube concentrique est donné pour chauffer 8 à 10 litres d'eau mais tout cela reste variable d'une région ensoleillée à une autre qui l'est moins.

Pour l'eau chaude sanitaire

- Un adulte consomme environ 75 litres d'eau chaude par jour, un enfant 50 litres.
- Un capteur d'1,3Kw (par exemple le 15 tubes de SHENTAI) chauffe en moyenne 150 litres d'eau à 50 °c par jour.
- Pour une famille de 2 à 3 personnes prévoir 2 KW (capteur 20 tubes) couplés à une réserve d'eau de 200 litres. Pour une famille de 4 à 6 personnes, prévoir 2,6 KW couplés à une réserve d'eau de 300 litres soit 2x15 tubes.
- L'économie réalisée sera, suivant la région, de 60 à 85 % environ sur une année.

Pour le chauffage de la maison

- le chauffage d'une maison consiste à stocker de la chaleur, dans la journée, à l'intérieur de ballons d'eau chaude au moyen des capteurs, afin de la restituer plus tard lorsqu'il fait froid.
- Pour une économie variant de 40 à 65% sur votre facture chauffage, il faut compter 300 litres de stockage environ pour 100 m² de surface à chauffer soit pour une maison de **100 m² en plancher chauffant basse température** : 300 litres de stockage avec 2,6 à

3 KW de capteurs sous vide. Pour une maison de **100 m² munie d'un système de chauffage avec des radiateurs classiques à hautes températures** : 300 litres de stockage avec 4 à 5 KW de capteurs sous vide.

Ces chiffres sont à majorer de 10 % à 20% si votre maison n'a pas une isolation moderne. (Double vitrage, etc...)

Pour des surfaces plus grandes, il suffit de calculer les besoins nécessaires en fonction des moyennes données ci-dessus.

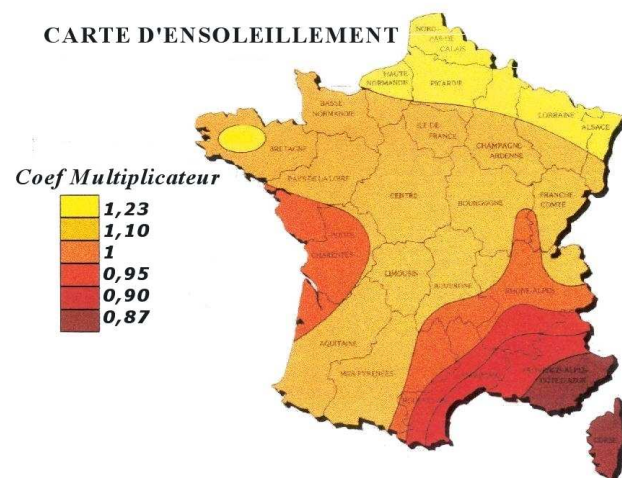
Pour la piscine

- Il faut que la surface des capteurs corresponde à 20 % de la surface des piscines pour pouvoir profiter de celle-ci globalement d'avril à Octobre.
- Un capteur de 1 KW permet de chauffer une piscine de 8,3 m². A l'inverse il faut 0,12 KW pour chauffer 1m² de la surface de votre piscine.
- Par exemple pour un piscine de 34 m² : il faut $34 \times 0,12 \text{ KW} = 4,08 \text{ KW}$ pour la chauffer. Soit par exemple 3 capteurs de 15 tubes.

Ces chiffres sont à majorer de 5 % à 10% pour une piscine à débordement et de 15 % à 20% si la piscine n'est pas bâchée la nuit.

Pour finir

En lisant les informations ci-dessus, vous avez déterminé la puissance en KW nécessaire à votre installation. Pour affiner un peu, appliquez simplement un coefficient multiplicateur à la puissance en KW trouvée. Ce coefficient multiplicateur varie en fonction de votre lieu de résidence que vous retrouvez sur la carte ci dessous.



Par exemple : pour une maison à Lille de 100 m² en plancher chauffant comprenant 2 adultes et 1 enfant. Vous désirez chauffer votre maison et produire votre eau chaude.

D'après les tableaux il faudra et cela reste vrai dans tous les cas, un ballon de 300 litres pour le chauffage et un autre de 200 litres pour l'ECS (eau chaude sanitaire).

Il faudra toujours d'après les tableaux : 4 KW pour le chauffage et 2 KW pour l'ECS. Au total 6 KW.

Lille est en zone 1 : on applique le coef 1,23. A savoir $6 \times 1,23 = 7,38$ KW en puissance corrigée pour réaliser vos objectifs.

Rentabilité

C'est la grande problématique du solaire car tout un chacun aime que chaque investissement soit immédiatement rentable or, aucun investissement ne l'est du jour au lendemain.

Cependant, jusqu'à maintenant, le solaire était réservé à des gens souvent aisés qui faisaient de cette énergie un gadget supplémentaire agrémentant leur maison ou à des gens très bricoleurs désireux de préserver la nature et par la même occasion de faire des économies. La question de la rentabilité ne se posait pas avant 15 ou 20 ans vu le coût des matériels.

Actuellement, avec l'abaissement des coûts des matériels et leurs performances qui ont été grandement accrues, les choses ont bien changé.

Chacun de nous est en droit bien sûr de se faire plaisir, en préservant la nature, mais aussi d'attendre une rentabilité durant 5 ou 6 ans.

Il convient également de préciser que l'Etat et les collectivités locales encouragent beaucoup ce type d'installations et qu'ils vont aujourd'hui jusqu'à couvrir dans certains départements 60 % de l'investissement. C'est dire que le soleil n'est plus cher du tout. Le seul problème réside dans le fait que les matériels installés doivent être agréés par le CSTB et que l'installation doit être faite par un installateur QUALISOL.

De plus, il faut pour installer un chauffe-eau solaire disposer d'une trésorerie conséquente de 6.000/7000 Euros et pouvoir attendre un an voire plus pour se faire rembourser le crédit d'impôt. En outre, une autorisation de travaux doit être faite en Mairie. Ce n'est donc pas sans contraintes et beaucoup réfléchissent à deux fois avant de se lancer dans cette aventure. La SARL IEES a réfléchi à ce problème et s'est lancée dans l'opération « soleil pour tous » en pratiquant une politique de bas prix.

Premier exemple : la consommation d'un cumulus électrique de 300 litres est de 50 euros par mois environ.

Au bout de 1 an il coûtera : $12 \text{ mois} \times 50 \text{ euros/mois} = 600 \text{ euros}$.

Si vous prenez par exemple un kit 300 litres pour un prix de 2285 euros, le ballon prendra en charge en moyenne 70 % de votre eau chaude. Il vous fera économiser par an 420 Euros (70 % de 600 Euros).

En 5 ans, votre matériel est amorti et les tubes sont donnés pour une durée de vie de 20 ans. Vous aurez une période de 14 ans totalement gratuite. Bien qu'intéressant, cet exemple est encore faible par rapport à ce que l'on peut réaliser.

Si par exemple vous construisez votre maison et que vous combinez un système solaire avec un relais chauffage par pompe à chaleur d'une économie largement démontrée (vendue par IEES à des prix attractifs), vous pouvez vous dispenser de votre chaudière à fioul ou à gaz avec tous les inconvénients que cela comporte dont le coût de ces énergies qui ne cesse d'augmenter. Un tel système vous permet une rentabilité immédiate.

Autre exemple : votre lave-vaisselle et votre lave-linge consomment beaucoup d'énergie.

Lorsque votre lave-linge ou votre lave-vaisselle fonctionnent, à peu près 80 % de l'énergie consommée, pour un cycle de lavage, est consécutive au réchauffement de l'eau.

Par exemple, en prenant le cas d'une famille qui ferait 4 lavages de linge et 5 vaisselles par semaine. La consommation annuelle en électricité serait de 9 lavages x 52 semaines x 1,2 KW (consommation moyenne pour 1 lavage) = 563 KW/an.

Dans le cas idéal ou vous pourriez fournir, avec votre système solaire, la totalité de cette eau chaude à vos appareils ménagers, l'économie serait considérable (80% x 563 KW = 450 KW/an d'économisés).

Pour ce faire, branchez simplement l'arrivée d'eau chaude à votre lave-vaisselle à la place de l'arrivée d'eau froide.

Pour le lave-linge, il est conseillé d'amener une canalisation d'eau chaude en parallèle à l'arrivée d'eau froide. Branchez à ces 2 canalisations un robinet thermostatique banal (comme celui de votre douche) et connectez-le à votre lave-linge. Avant de lancer votre lave-linge vous aurez à sélectionner la température de lavage désiré sur votre robinet thermostatique.

Vous remarquerez aussi que le temps de vos cycles de lavages sera considérablement diminué.

Indépendamment des économies d'énergies que vous pourrez réaliser et qui ne sont pas négligeables, **vous contribuerez par votre action de « citoyen du monde » à préserver la nature en utilisant toutes les possibilités qu'elle vous offre et ce, gratuitement.**

Le jeu n'en vaut-il pas la chandelle ?

B) TUBES SOUS VIDE SUPRA-CONDUCTEURS SHCMV



**Tube absorbeur plan
de technologie « Heat Pipe » (pipe de chaleur)**

Ils sont constitués d'un tube de verre de diamètre 70 mm, d'épaisseur 2,5 mm, et de longueur 1700mm, obturés à l'extrémité basse par une soudure verre/métal.

Avant d'obturer l'extrémité haute avec un bouchon de métal et une colle spécifique, on fait le vide après avoir introduit un ensemble absorbeur sélectif à ailettes de cuivre de forme plane, au centre duquel est soudé le tube de cuivre Heat Pipe.

Le tube de cuivre creux appelé Heat Pipe, emprisonne à basse pression un liquide à changement de phase (eau + additifs de type acétone). Ce liquide a pour propriété de se vaporiser au sommet du Heat Pipe dans le condenseur, lieu d'échange de chaleur avec le liquide caloporteur.

L'avantage de ce système est que l'on obtient une chaleur maximum même avec une faible température amenée par l'absorbeur au centre des tubes de verre.

Autrement dit, ces capteurs fonctionnent de façon nominale avec un rayonnement solaire même très diffus. C'est la raison pour laquelle ils sont très répandus dans le Nord de l'Europe. Avec des rayonnements solaires importants, les surfaces des capteurs nécessaires sont diminuées d'environ 20%.

Les capteurs [IESS](#) correspondent à cette technologie et sont destinés aux applications de type collectives et notamment celles qui réclament une grande densité de chaleur comme la climatisation solaire.

Pour ceux qui voudraient utiliser ces capteurs pour des applications destinées aux particuliers, la Sarl IESS vous conseillera sur demande en matière de dimensionnement.

Leur rendement est bien évidemment supérieur aux tubes concentriques car il faut 10 tubes SHCMV pour chauffer 100 litres d'eau à 60° contre 12 tubes concentriques. Leur volume et leur prix sont évidemment bien supérieurs.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Modèle	SHCMV Tube
Structure	Supra-conducteur Heat Pipe
Type de verre	borosilicate haute qualité norme ISO 3585
Longueur du tube	1900 mm
Diamètre du Tube extérieur	70 mm
Epaisseur des tubes	2.5 mm
Diamètre du condenseur	Ø14 – long. 75 mm
Poids du tube seul	2.2 Kg
Angle d'inclinaison	15° à 90° (verticale)
Matériau sélectif absorbeur	Graded Al-N nitrure d'aluminium
Coefficient d'absorption	>0.94
Coefficient d'émission	<0.08
Résistance au vent	108 km/h
Résistance au gel	- 50°C
Pression maxi de service	résiste à 6 bar
Résistance à la grêle	Grêlons de Ø 35 mm
Température maximum de stagnation	250°C
Température de départ	<25°C
Température d'exploitation	70-120°
Temps de démarrage	Moins de 2 minutes par soleil normal
Débit/volume moyen fluide	125L/h
Matériau coffre collecteur	Aluminium
Matériau circuit primaire	Cuivre
Isolant collecteur	Polyuréthane épaisseur 30mm
Durée de vie minimum	15 ans
Puissance de sortie	110 Watts

INSTALLATION DU CAPTEUR A TUBES SOUS VIDE SHENTAI

(TOUT EN IMAGES ET SANS COMMENTAIRES)

