

# PSD + CESI + PAC

Par Stéphane Barré (29) – steph.barre (at) free.fr

Tous les travaux dans la rénovation de cette maison, à l'exception de la pose de la PAC (manipulation de fluides frigorigènes), ont été réalisés sans l'aide de professionnels.

Ceci permet de voir que la plupart des travaux sont réalisable par des particuliers.

## I. Le départ.

La maison équipée de ce système date de 1905.

Elle a été rénovée entièrement en 2005.

Isolation mur : 10 cm

Isolation rampant : 22 cm

Isolation combles : 30 cm

La surface habitable est de 170m<sup>2</sup>

Double vitrage partout et quelques baies orientées sud.

Elle est équipée d'un plancher chauffant au rez-de-chaussée et de radiateurs basse température à l'étage.

Elle se situe dans le Finistère sud.

Début 2013, nous avons décidé afin de réaliser quelques économies, de satisfaire notre curiosité, d'agir pour l'environnement et de pouvoir faire des expérimentations d'installer un système solaire pour produire de l'eau chaude sanitaire et pour faire un appoint de chauffage.

Ayant saisi une opportunité pour l'achat de tubes solaires à vide, d'un ballon solaire et de d'une régulation début 2013, l'aventure a pu débuter.

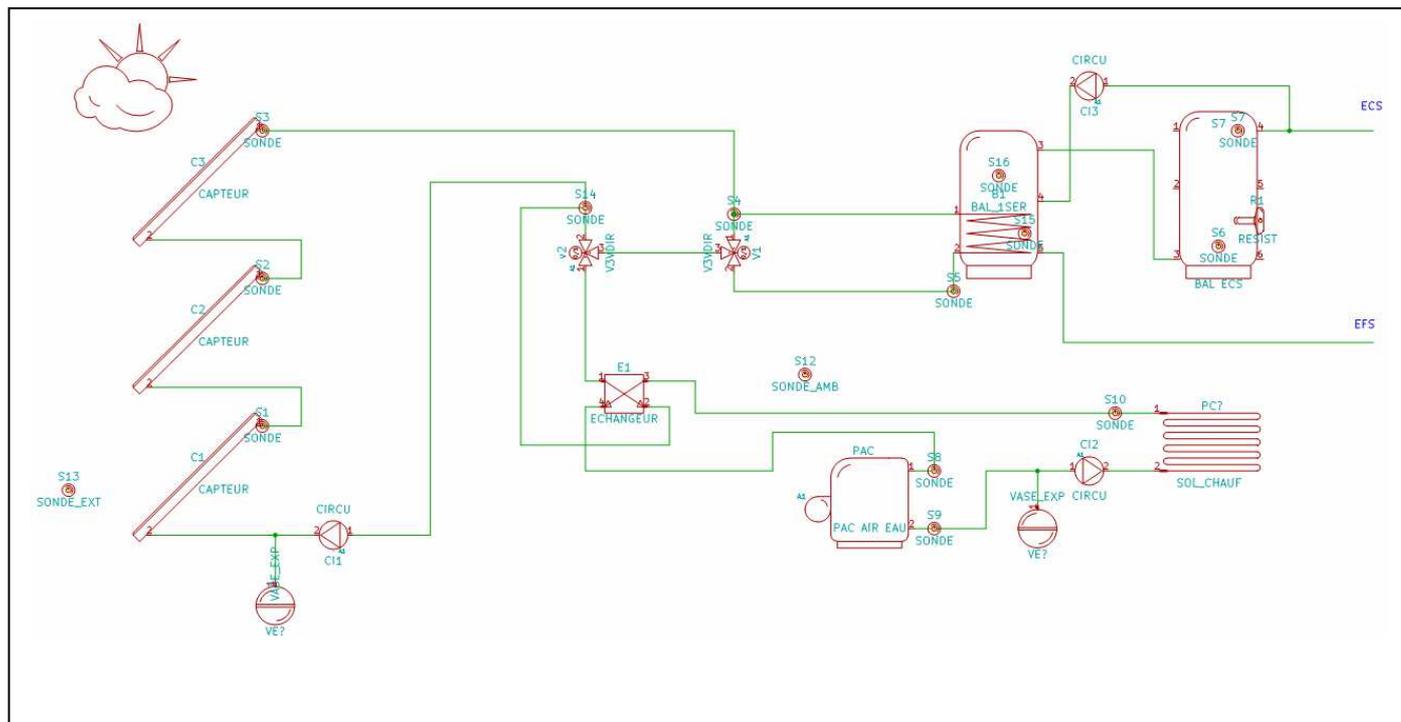
Nous expliquerons les choix théoriques dans un premier temps puis ensuite l'aspect pratique sera évoqué avec des photos.

## II. Le schéma hydraulique et son explication.

Avant de commencer les travaux, une réflexion sur le schéma hydraulique s'imposait afin de simplifier au maximum le circuit.

Le voici en entier, il y manque quelques éléments secondaires, mais l'essentiel y est.

Il a été réalisé avec le logiciel KICAD et la librairie fournie par Patrick07 sur le forum apper-solaire, concepteur de la régulation MAXISUN. J'espère qu'il ne m'en voudra pas d'avoir utilisé sa librairie.



Avant d'entrer dans les détails, nous vous donnons ici le principe de fonctionnement global.

L'énergie captée par les tubes est transférée au choix ou au ballon solaire, ou au plancher chauffant ou aux deux.

Le ballon solaire alimente ensuite un chauffe eau classique avec une résistance d'appoint. Le plancher chauffant est également connecté à une PAC air/eau.

## II.1 Les capteurs solaires.

Pour changer un peu des autres installations vues sur le forum, les capteurs choisis sont des capteurs sous vide. Ce choix a été fait grâce à une opportunité d'achat.

La toiture de la maison n'étant pas orientée de manière optimale, les panneaux sont posés au sol. Ceci permet un contrôle facile et surtout permet de les masquer l'été pour lutter contre la surchauffe, mais nous y reviendrons dans un prochain point.

Ils y a 60 tubes orientés à 45° (les supports fournis étaient prévus pour du 45°).

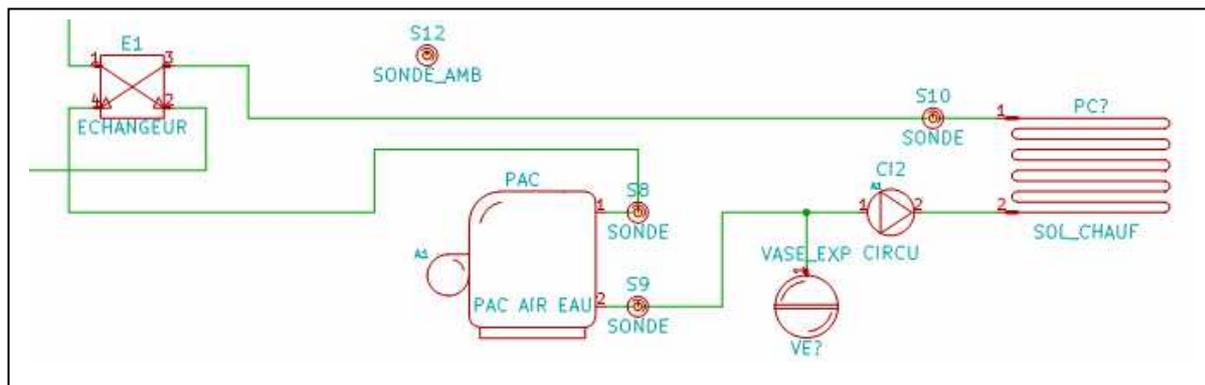
Ce sera peut être une modification future à apporter au système pour augmenter le captage en intersaison.

La puissance que peut fournir 20 tubes est d'environ 1100W avec 60 tubes cela nous donne environ 3,3 kW

Une sonde de température est insérée dans chaque collecteur.

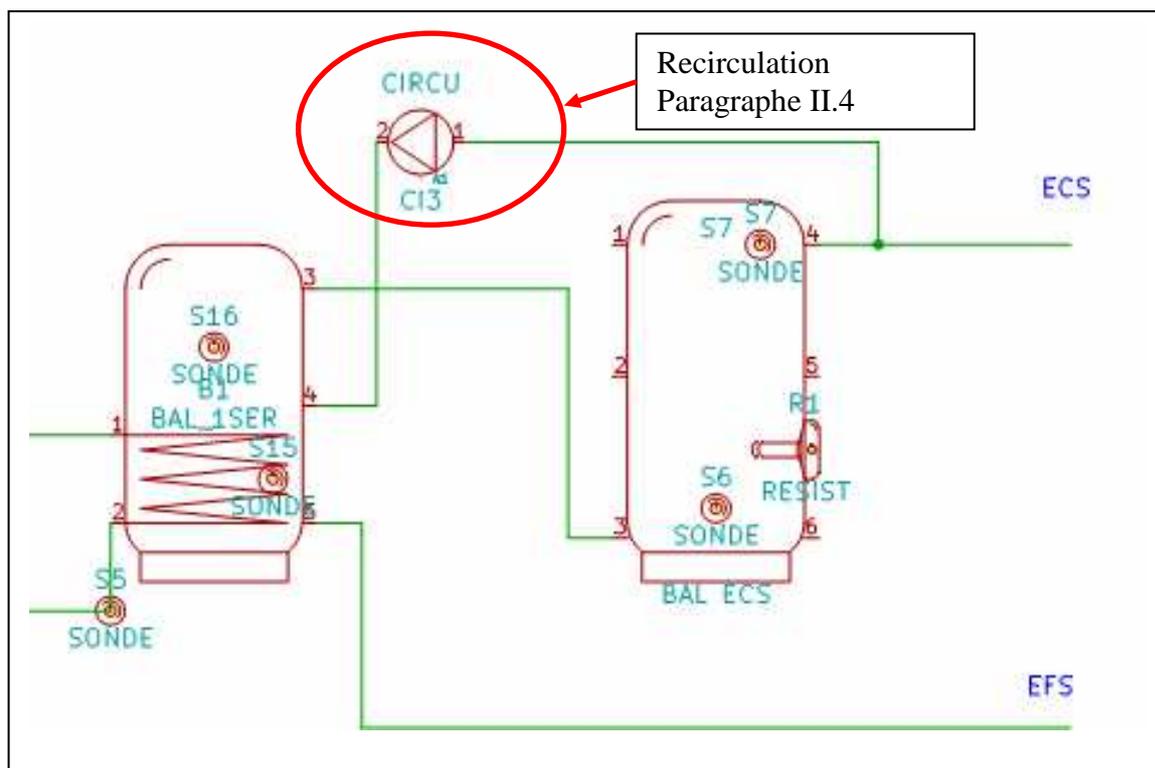
## II.2 L'échangeur de chaleur connecté à la PAC

Il s'agit d'un échangeur en tubulaire de piscine en inox d'une puissance de 45kW ref SP-155K-S en inox 316L venant d'Allemagne. Notons que cette puissance est pour un delta de température de 60°C et que dans notre cas nous pouvons espérer atteindre 5-6kW dans de bonnes conditions. Il est mis en série sur le retour de la pompe à chaleur. Il est monté à contre courant du circuit solaire afin d'augmenter l'efficacité de l'échange. Un capteur de température en entrée et un autre en sortie permettent de surveiller son fonctionnement.



## II.3 Les ballons ECS

Le premier ballon est un ballon ECS avec un serpentin de 500L (à gauche sur le schéma)  
 Le second est un ballon classique ECS avec une résistance électrique de 1.5kW de 200L  
 La sortie du ballon solaire est connectée à l'entrée du ballon classique, de ce fait, l'eau qui entre dans le ballon classique est au pire réchauffée, au mieux chaude.  
 En hiver, lorsque le soleil ne se montre pas, il n'y a qu'à chauffer les 200 L du ballon classique.



## II.4 La recirculation entre les ballons

Un inconvénient de ce système est que en été, si on ne consomme pas d'eau, le ballon solaire peut être très chaud et le classique froid !

La solution est de faire une boucle de recirculation entre le ballon solaire et le classique.

Ceci à été obtenue par l'ajout d'un circulateur en sortie du ballon classique connecté sur le milieu du ballon solaire.

Nous n'avons pas constaté de problème de stratification.

Par contre il a été nécessaire d'ajouter un clapet anti retour au niveau du circulateur sinon, lors du soutirage, la circulation de l'eau est plus qu'étrange...

## II.5 Le fonctionnement des vannes 3 voies

Afin de garder le montage le plus simple possible, nous avons essayé d'utiliser de manière astucieuse les 2 vannes 3 voies que nous avons.

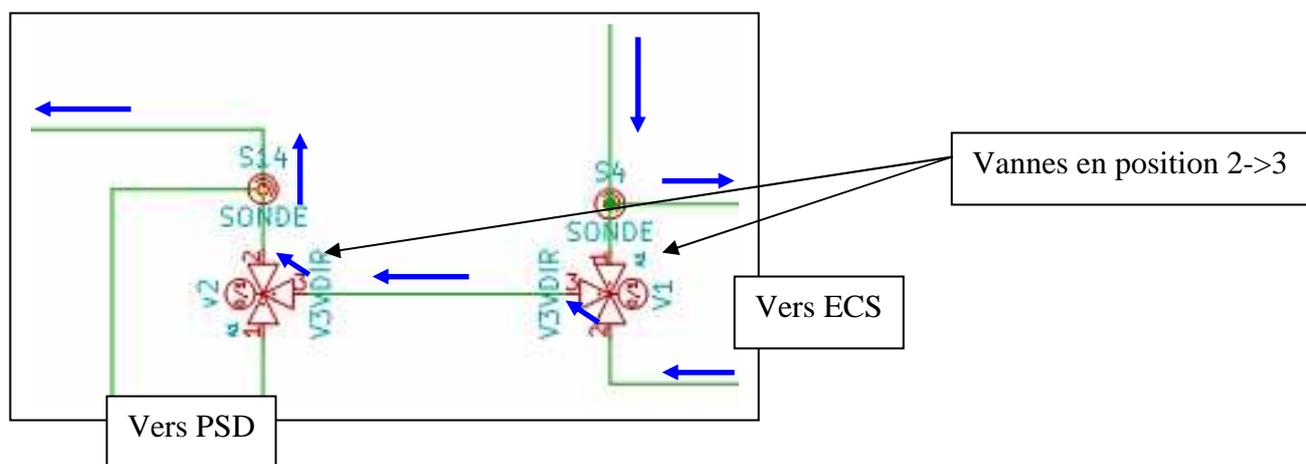
Le schéma hydraulique permet de faire fonctionner le montage de 3 manières différentes

Le fonctionnement des vannes est le suivant :

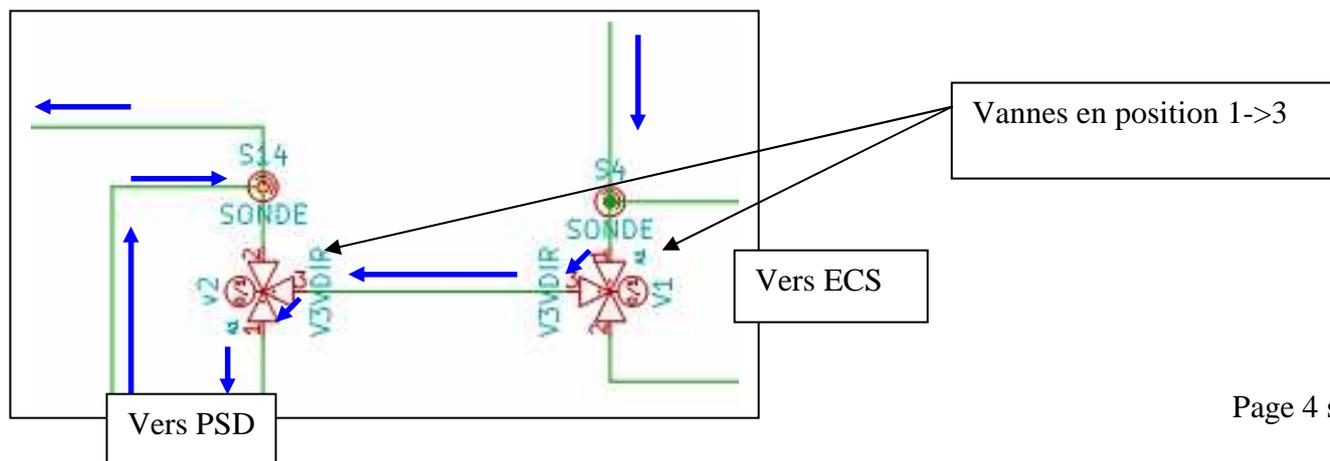
Bobine sous tension : passage du liquide entre 2&3

Bobine sans tension : passage du liquide entre 1&3

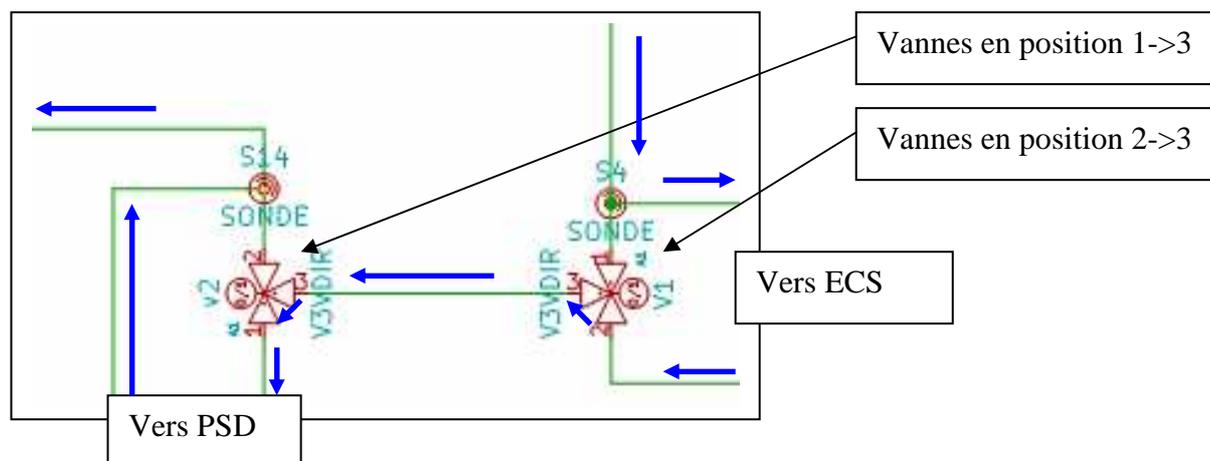
### 1. bobine sans tension : Fonctionnement en ECS



### 2. bobine sous tension (les deux) : Fonctionnement en PSD



### 3. bobine 1 sans tension et bobine 2 sous tension : Fonctionnement en ECS puis PSD



J'espère que les schémas sont compréhensibles.

## **II.5 Antigel**

Ici, avec les tubes c'est que du bonheur ! En plus dans le Finistère sud il ne gèle presque jamais. La régulation provoque une circulation de fluide dans les collecteurs si la température du collecteur descend en dessous de 4°C. Ceci est arrivé 2 fois l'année dernière.

Eh oui, les collecteurs sont isolés et par construction les tubes aussi, du coup peu de refroidissement.

Du coup, le fluide utilisé c'est de l'eau. Pas la peine d'utiliser d'antigel avec les contraintes que cela impose. On reste au plus simple.

## **II.6 Surchauffe estivale**

Partant du constat que si on met moins de surface de captage, on chauffe moins, le masquage des tubes est la solution d'autant plus que l'installation est au sol.

Nous avons repris l'idée sur le forum (en bas de la page):

<http://www.apper-solaire.org/Pages/Experiences/Cauchy%20Alain%2060/Experiences%20solaire%20thermique%20en%20Picardie/Page053.html>

Merci donc à Alain pour cette idée.

Il s'agit d'un tube de PVC de 63mm de diamètre (utilisé dans le milieu de la piscine) coupé en deux qui vient s'adapter parfaitement sur les tubes.

10 minutes pour mettre en place en début de saison !

Idée excellente donc !

L'été, nous masquons 2 tubes sur 3 ce qui permet d'être autonome en ECS.

## **III. L'implantation pratique**

### **III.1 Les tubes**

Ici rien de compliqué, un support de niveau en bois avec un traitement classe 4 pour éviter le pourrissement et nous sommes bon.

Exposition plein sud et inclinaison à 45°.

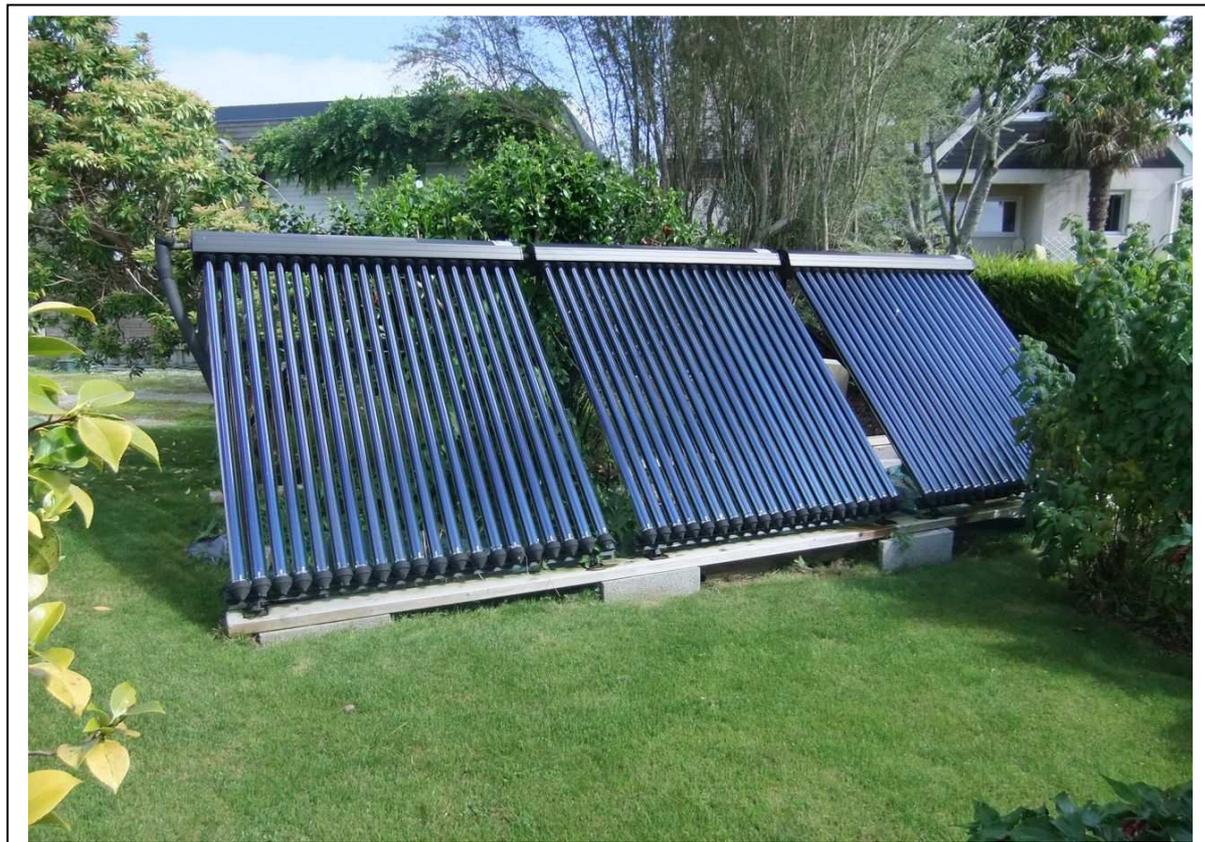
Au moment de l'installation nous ne nous étions pas posé trop de question sur l'inclinaison.

Nous avons toujours en mémoire 'la formule' inclinaison = latitude.

Avec les supports à 45° fournis c'était parfait !

Ce n'est que plus tard que nous avons lu les commentaires sur le forum apper-solaire concernant l'inclinaison des panneaux.

Une possible amélioration donc.



## III.2 la liaison entre les tubes et le local

Pou cette partie, il s'agissait de limiter au maximum le coût de la liaison tout en limitant au maximum les pertes. Pas si simple...

La distance entre le groupe solaire est les panneaux est de 26mètres (soit 52mètres aller-retour)

Après des longues réflexions et de longues recherches, nous avons abouti à une solution relativement simple techniquement et pas trop chère.

Elle consiste d'une part à enterrer la liaison.

Cette liaison sera constituée de cuivre en diamètre 22 (afin de pouvoir ajouter des capteurs plus tard).

La liaison enterrée sera d'un seul morceau de cuivre afin de limiter les éventuels problèmes de fuites...

La partie aérienne sera isolée avec de l'Armaflex solaire de 25mm d'épaisseur.

Jusque là que des solutions classiques.

La principale difficulté a été de trouver comment isoler la partie enterrée.

Comme vous le verrez lors de l'analyse des résultats, la perte entre la sortie des panneaux et l'arrivée au groupe de transfert est inférieure à 2°C, bien souvent <1°C lorsque les températures sont plus basses, ce qui est de notre point de vue très convenable.

Voici la solution que nous avons retenue. Je ne crois pas l'avoir déjà vue mise en œuvre sur le forum.

Il s'agit de prendre en sandwich entre de plaque de polyuréthane les tubes de cuivre et de coller ces plaques avec de la mousse PU.

Nous avons acheté des plaques de PU en épaisseur 10cm.

Les feuilles faisant 1.20m x 1 m, nous les avons divisées en 4 morceaux de 30cm x 1m

Puis nous avons fait deux petites saignées à 10cm de chaque bord pour y insérer les tubes.

Au final les tubes se trouvent avec 10cm d'isolation PU de chaque côté.

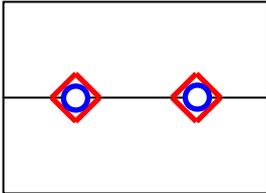
Un petit schéma pour expliquer et les photos.



Vue de dessus, en rouge les deux saignées dans la plaque de PU de 1 m x 30 CM

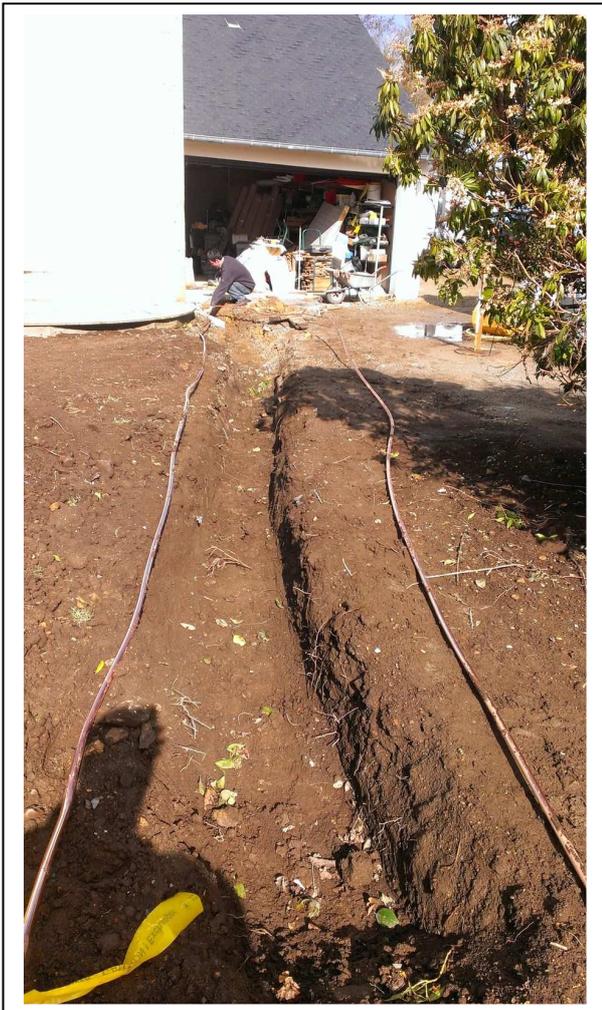


Vue en coupe, d'une plaque. En rouge les saignées.



Vue en coupe du système complet. En bleu, les tubes de cuivre.

Et maintenant les photos



La tranchée avec les couronnes de cuivre déroulées



Le positionnement des plaques de PU coté bas.



Gros plan sur l'assemblage.

On aperçoit les saignées



A Le collage à la mousse PU

s recou Rebouchage de la tranchée avec protection complémentaire à l'aide d'un polyane.

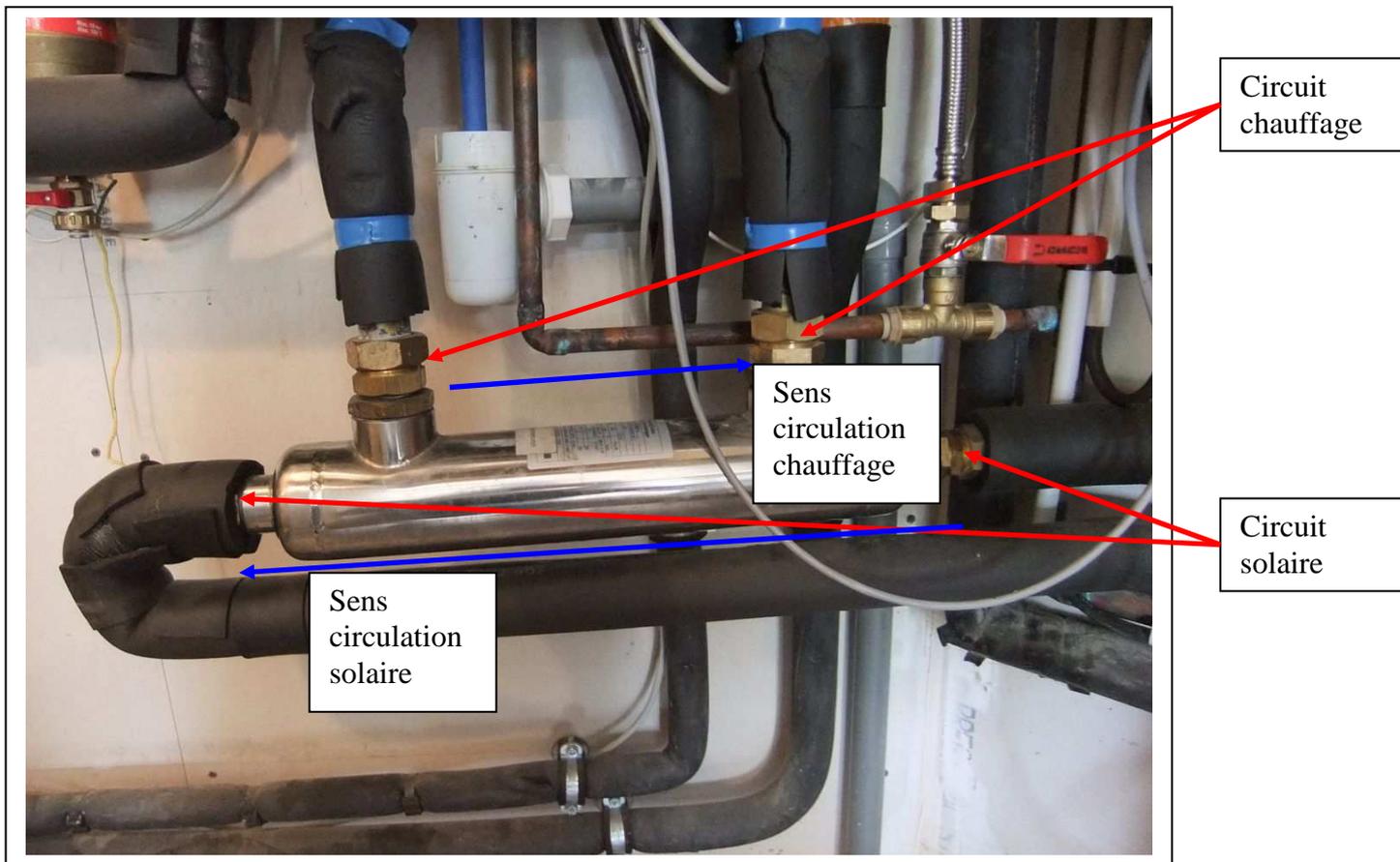
### III.3 L'échangeur en inox

L'échangeur est un échangeur tubulaire de 45kW de puissance sous un delta de 60°C. Dans notre cas, on approchera dans de bonnes conditions 5-kW, les panneaux fournissant au maximum 3.3kW, nous sommes bien dimensionnés.

Il est connecté sur le retour du circuit de chauffage juste avant le condenseur de la PAC.

Sur la photo, il n'est pas isolé !

Afin de maximiser les échanges il est câblé à contre courant (comme la plupart des échangeurs d'ailleurs)



Vue en coupe

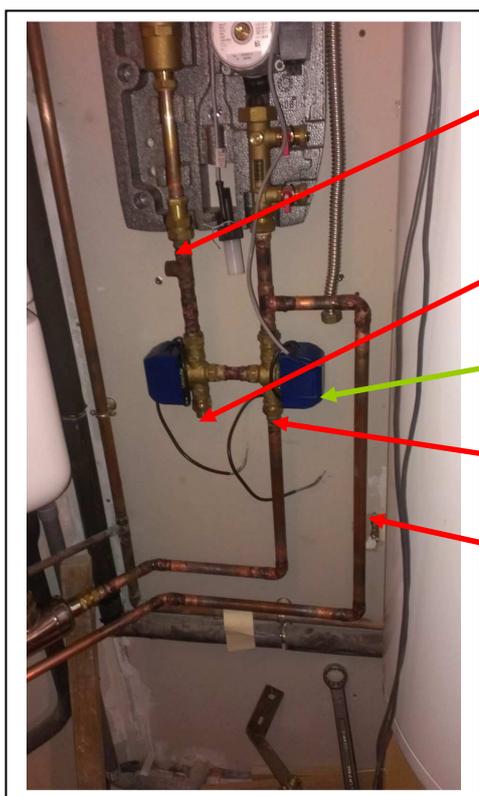
### III.4 Groupe de transfert

Aucune remarque particulière, il a juste été désolidarisé du ballon afin de faciliter le montage du circuit.



### III.4 Vannes trois voies

Comme nous l'avons vu dans la section théorique, nous avons essayé d'utiliser astucieusement les 2 vannes 3 voies.



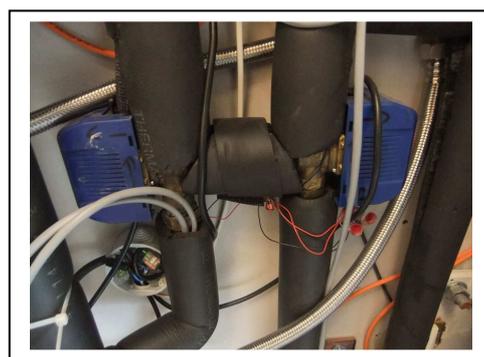
Départ vers ballon  
ECS, non connecté  
sur la photo

Retour ballon  
ECS, non connecté  
sur la photo

Vanne 3 voies

Départ échangeur  
chauffage

Retour échangeur  
chauffage



La version isolée avec mise en  
place des capteurs.

### III.5 Isolation du ballon

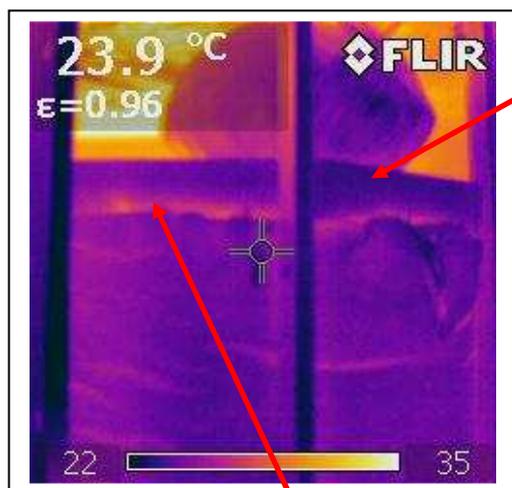
Afin de limiter les pertes du ballon de stockage solaire, nous avons ajouté 20cm de laine de verre autour et une plaque de PU de 10cm sur le dessus.

Deux feuilles de placo viendront par la suite le cacher.

Les résultats sont très bons, plus que 2° de perte par jour contre environ 10° avant.

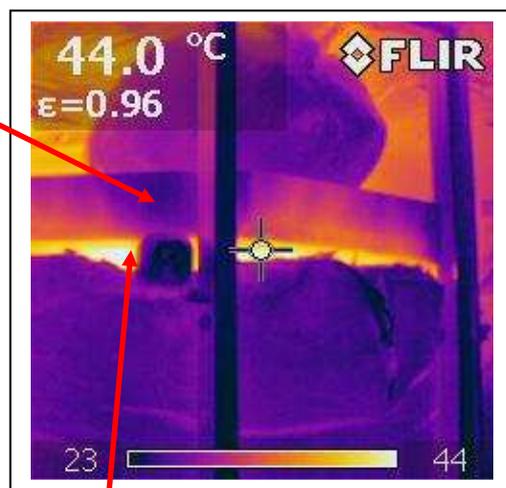


Pour illustrer l'efficacité de l'isolation, une image thermique avec l'isolant et une avec le chapeau relevé



T° environ 25°C

Chapeau  
A gauche en place  
A droite relevé  
légèrement



T° environ 44°C

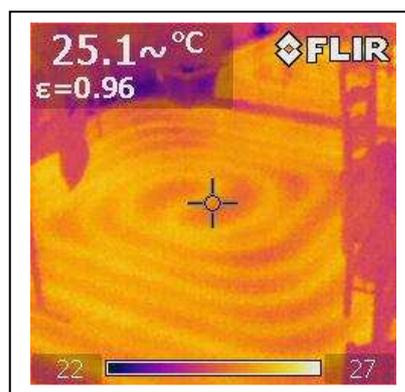
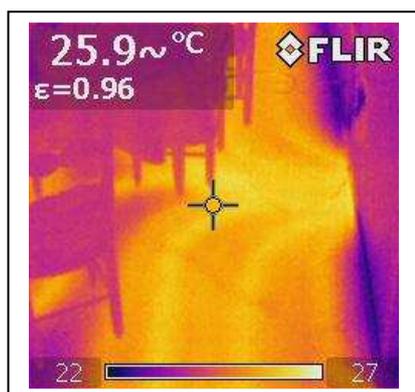
On voit donc tout l'avantage d'isoler un ballon !

### III.6 Pression du circuit

Les capteurs étant au même niveau que le groupe de transfert, une très faible pression dans le circuit est nécessaire. Elle est de l'ordre de 1 bar dans l'installation.

### III.7 Le plancher chauffant.

Deux images thermiques du plancher chauffant en fonctionnement en mode solaire.



On remarque que les boucles sont à 27°C environ.

### III.8 Régulation

Concernant la régulation solaire, il s'agit d'une régulation toute bête, livrée avec le groupe de transfert de référence TDC3.

Nous avons juste utilisé une astuce pour le passage en mode chauffage.

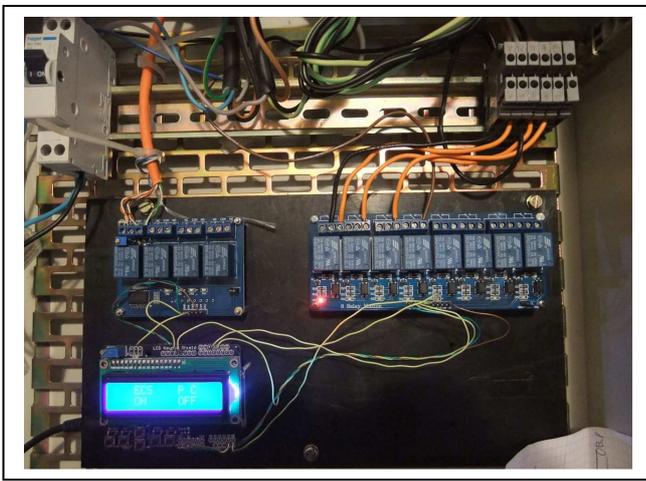
En effet si on ne fait commuter les vannes 3 voies, la régulation sera toujours basée sur la température du ballon ECS et donc si l'eau est température suffisante, elle ne démarrera pas.

Lorsque nous commutons sur le chauffage, la sonde du ballon solaire est donc leurrée afin que la régulation pense que le ballon est à 20°C.

Ceci se fait simplement à l'aide d'un relais et d'une résistance.

La commutation est pour l'instant manuelle.

Par la suite l'ajout d'un système plus évolué est prévu, et cela donnera certainement lieu à un nouveau compte rendu.



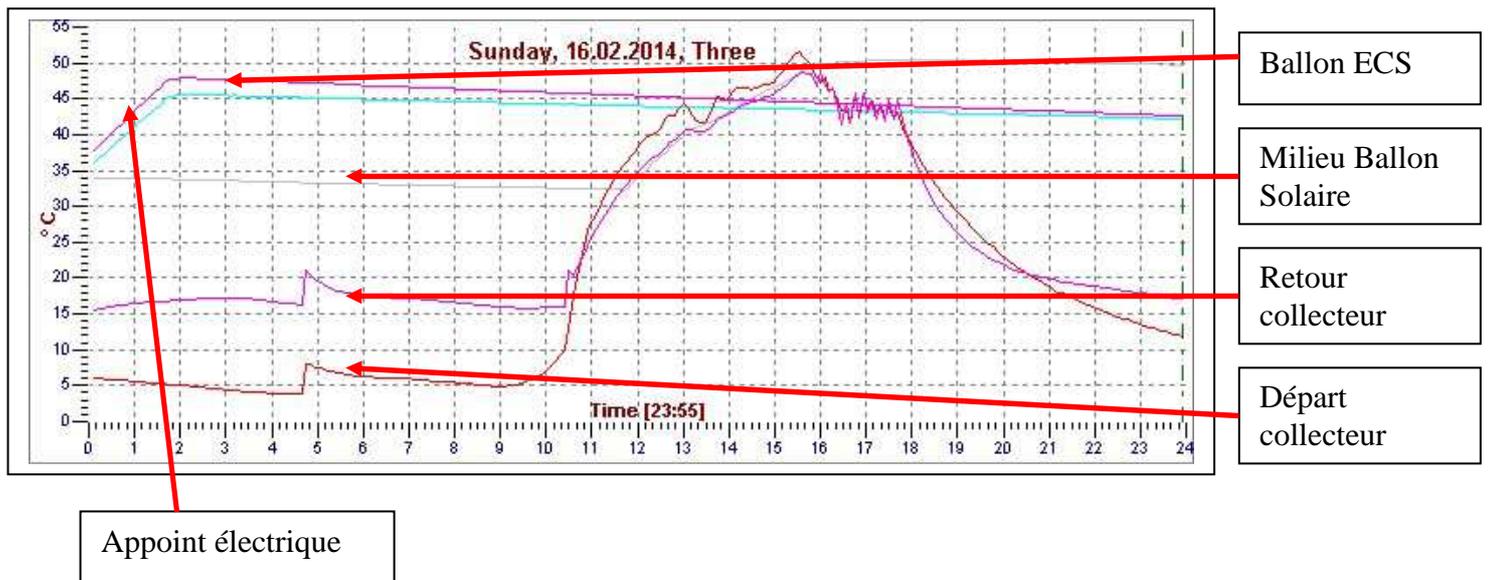
L'embryon du pilotage

## IV. Les résultats

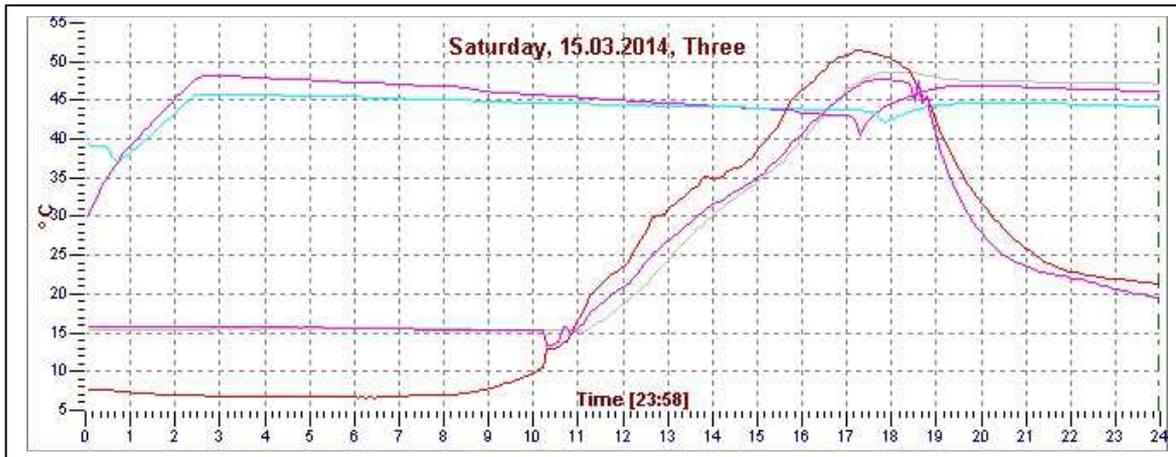
Afin de pouvoir suivre le fonctionnement du système, nous l'avons équipé de capteurs 1 wire. Ci-dessous quelques courbes obtenues au cours de différentes journées avec les explications.

### IV.1 ECS seule

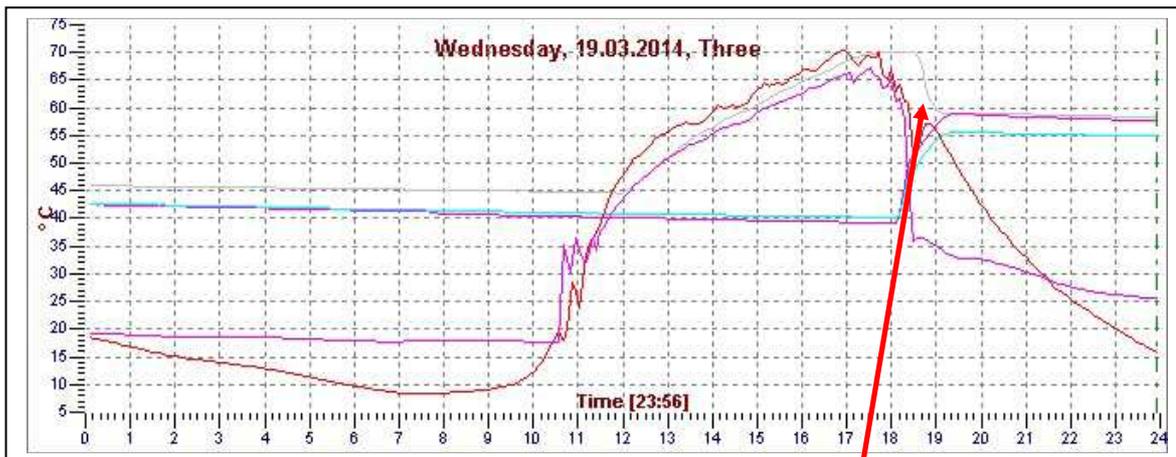
Nous commencerons par les courbes de chauffage en mode ECS seule et sans homogénéisation. Journée ensoleillée de février : on a gagné environ une 15aines de degrés



Le 15 mars une autre belle journée, environ 35° de gagnés !

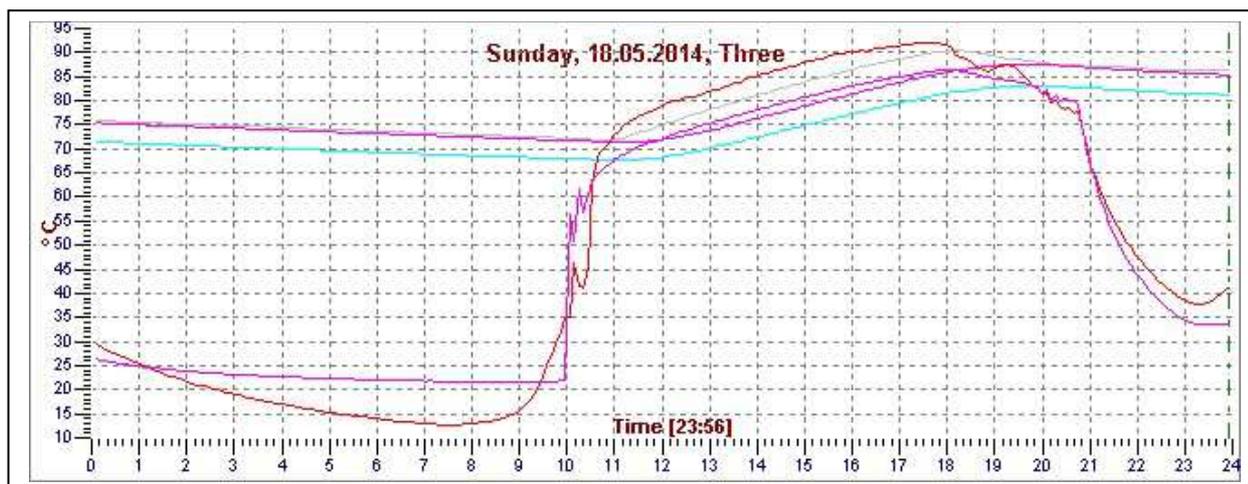


Le 19 mars a été une autre belle journée, le graphique ci-dessous montre l'évolution au cours de la journée et la conséquence de l'homogénéisation en fin de journée. On voit que le mélange est homogène en environ 1 heure.



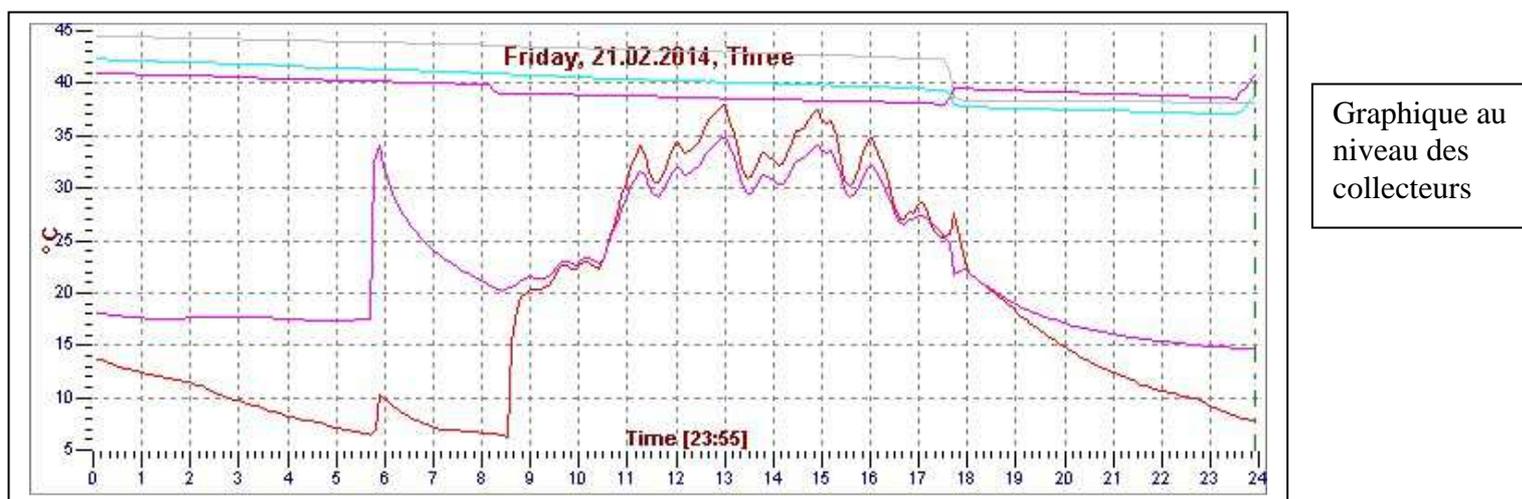
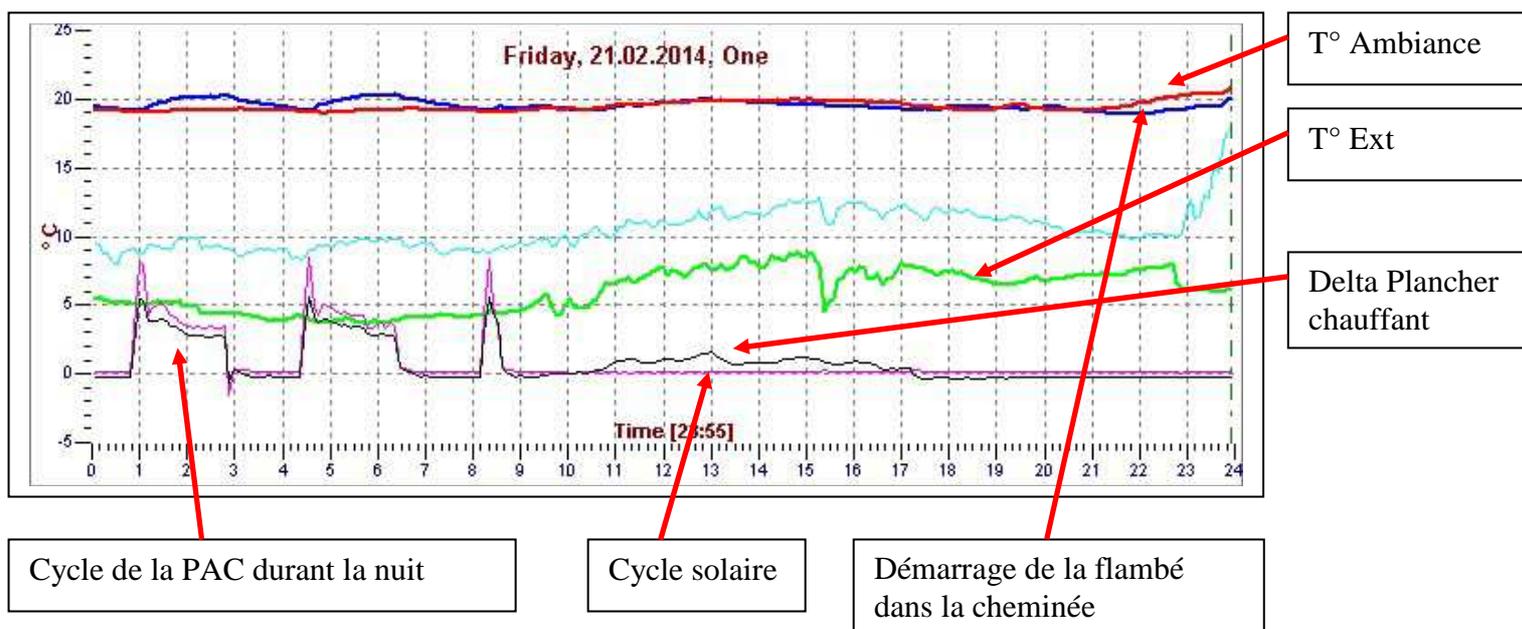
Début de la phase d'homogénéisation

Avant le masquage des tubes : une pointe à 90°C



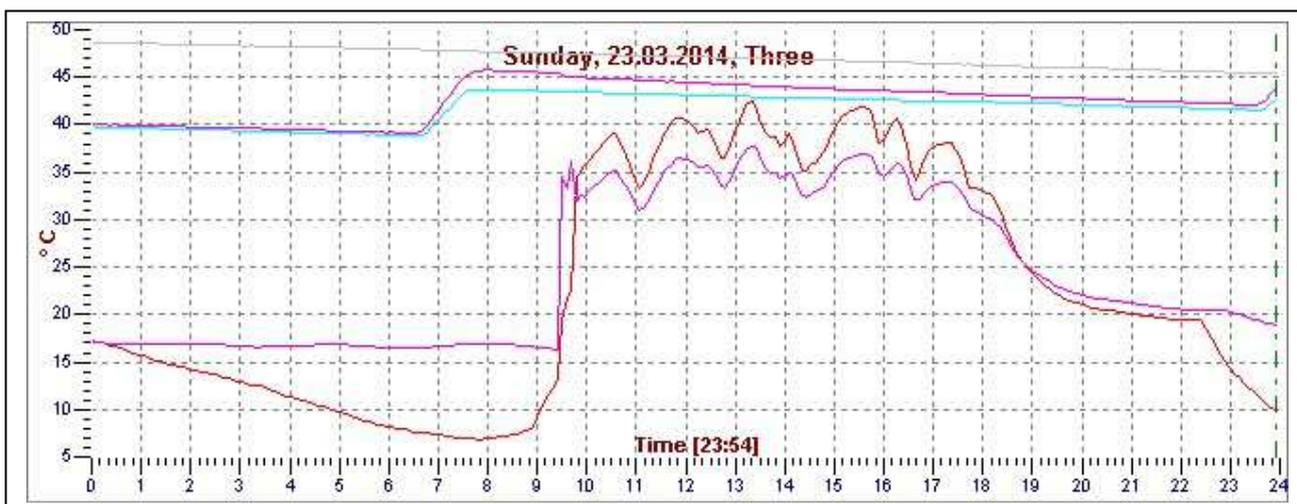
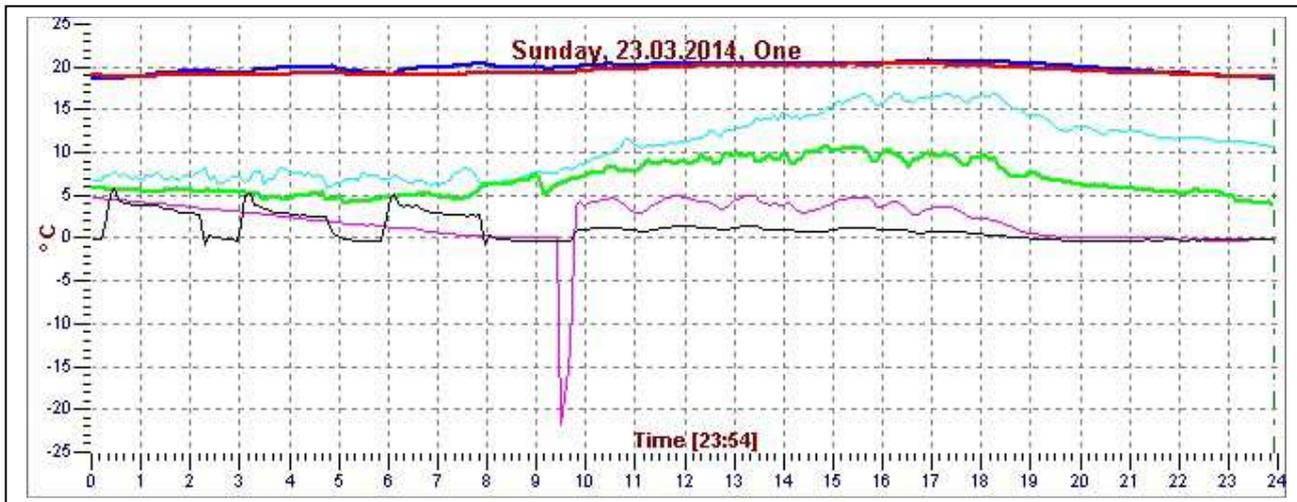
## IV.2 Chauffage

Le 21 février a été une belle journée, nous avons passé le système en mode chauffage, voici les résultats sur les courbes.



Nous remarquons que le soleil a suffi à maintenir la maison chaude pendant toute la journée. De plus l'accumulation de chaleur dans le plancher chauffant a permis de se passer de chauffage jusqu'à environ 21 heures.

Le 23 mars était encore une journée particulièrement représentative.



## V. Le coût de l'installation et le retour sur investissement

### V.1 Coût de l'installation

L'avantage de réaliser les installations soi même c'est que le coût de la main d'œuvre est très bas (hormis les bières quand les amis passent donner un coup de main).

Par conséquent, le coût de l'installation n'est que celui de matériaux.

- Ballon solaire 500L + 60 tubes + 3 collecteurs + régulation + support : 1500€.
- Liaison cuivre 22mm, environ 70mètres : 400€.
- Echangeur inox (chez poolrelaxe.com) 180€.
- Armaflex 50mètres (chez heima24.de) : 190€
- Plaques de PU (en GSB) + 10 bombes de PU (y a pas grand-chose dans une !): 350€
- Autres fournitures : 200€

Ce qui nous donne un total d'environ **2800€**

## V.2 Le retour sur investissement

Tout ça c'est bien joli ! C'est très bon pour l'environnement, également pour l'expérience, mais est-ce bon pour le porte monnaie ?

Cela fait plus d'un an que l'installation est en place, cela permet donc de faire une première estimation.

Consommation annuelle totale de la maison avant la pose du système : 8218 kWh

Consommation annuelle depuis la mise en place du système : 6190 kWh

Nous avons donc une économie d'environ **2000 kWh** par an.

En prenant à la louche 1 kWh à 0.13€ cela nous fait donc 260€ d'économie par an.

Le système sera donc amorti en 10 ans dans l'état.

Nous espérons améliorer le résultat dès que la régulation du chauffage sera automatisée.

Au passage la maison faisant 170m<sup>2</sup> cela nous fait globalement 36 kWh par an par m<sup>2</sup>.

Si l'on convertit en énergie primaire cela donne 93 kWh/an/m<sup>2</sup>

Ce qui place cette maison en catégorie B, très honorable pour une rénovation en 2005 d'une maison en pierre de 1900.

De plus pour le calcul, nous avons pris la quantité totale d'énergie consommée et pas seulement le chauffage et l'ECS.

## VI. Le mot de la fin et le futur

Pour reprendre la phrase de apper-solaire : « Le solaire ça marche »

Ca a été une très belle aventure, qui n'est pas encore terminée !

En effet, il reste à finaliser la régulation du chauffage afin de pouvoir optimiser la production. Il reste également à éventuellement incliner les tubes à 60° afin d'augmenter la récolte en intersaison, mais à voir si le jeu en vaut la chandelle.

Il reste à augmenter le champ solaire. Cette dernière étape devrait s'avérer relativement simple car la liaison a été correctement dimensionnée dès le début.

Et pour la petite histoire, avec les quelques tubes que nous avons en plus, nous avons pu expérimenter une nouvelle façon de cuire avec le soleil.

Cela a fait l'objet d'un autre compte rendu que vous trouverez sur le site apper-solaire :

<http://www.apper-solaire.org/Pages/Experiences/Barre%20Stephane%202029/Cuisson%20de%20cookies%20au%20feu%20solaire/index.html>

Au moment de l'écriture de ce compte rendu, nous venons de recevoir 6 panneaux photovoltaïque 250W et des micro onduleurs ! Une nouvelle aventure en perspective.

Merci de nous avoir lu jusqu'à la fin.