

Trois planchers solaires directs d'inerties thermiques différentes

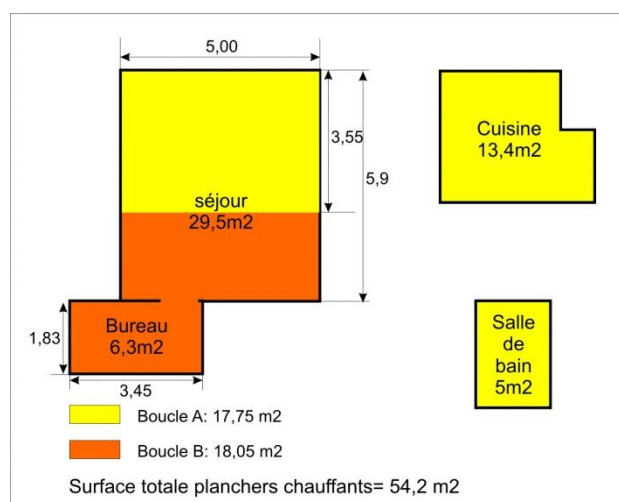
par Gilbert Féraud, 04330 Barrême (gilferaud.chez.free.fr)

Cette présentation fait suite à une première description qui concernait un plancher chauffant à faible inertie thermique pour une cuisine et un ballon d'eau chaude, pour la même habitation. La présente présentation vient donc en complément et ne reprend pas l'ensemble de la description de l'installation: voir l'article "[Plancher chauffant à réponse rapide et chauffe eau solaires](#)" par Féraud Gilbert.

Enthousiasmé par l'efficacité du plancher chauffant de la cuisine, il a été décidé de chauffer par le soleil également la salle de séjour (nommé "séjour" ci-après), un bureau et une salle de bain. Cette présentation met l'accent sur la comparaison de ces trois planchers chauffants aux caractéristiques bien différentes.

Les objectifs.

A la suite du chauffage du ballon de 300 litres d'eau et du plancher de 13,4 m² de la cuisine, située au rez de chaussée, il a donc été décidé d'ajouter le chauffage des planchers (1) du séjour (29,5 m²), (2) du bureau (6,3 m²), tous deux situés au rez-de-chaussée, et (3) d'une salle de bain (5m²) située à l'étage (Fig.1).



Ce chauffage solaire vient en complément d'un poêle à bois situé dans le séjour, supposé chauffer l'ensemble de la maison. Celle-ci, à l'origine maison de vacances d'été, n'est que partiellement isolée thermiquement.

Le lieu

Nous sommes situés à Barrême, dans les Alpes de Haute Provence, à 750m d'altitude, sur un versant est - sud-est assez bien ensoleillé. Cette région se caractérise par un bon ensoleillement mais avec des températures d'hiver basses (-20°/-27° parfois), correspondant généralement à des périodes ensoleillées (haute pression, mistral dominant). Cette situation est donc particulièrement favorable au solaire thermique.

L'ensoleillement

Autour du solstice d'hiver du 21 décembre, la durée d'ensoleillement est de l'ordre de 6h30, entre 9h et 15h30. Au niveau des capteurs solaires, quelques arbres feuillus cachent partiellement le soleil de début d'après-midi en hiver, et des conifères cachent assez fortement le soleil dès 15h.

Les capteurs solaires

La description est donnée dans l'article précédent. Le nombre de capteurs est passé de quatre à huit. Il s'agit de capteurs GM Tinox 1988x1213, correspondant à une surface de l'ordre de 18 m². Ils sont montés en parallèle, avec deux circuits distincts (chacun pour 4 capteurs). Ils sont situés sur le talus au dessus de la maison, à une quinzaine de mètres de celle-ci, et pouvant capter le premier soleil en hiver. Ils sont orientés plein sud et inclinés à 60° afin d'optimiser le rendement d'hiver (Fig.2 et 3). L'accessibilité des capteurs permet leur obturation partielle facile selon la saison.



Figure 2: les 8 capteurs, photo prise vers le nord-est

Les tubes maison-capteurs sont en PER25. Mais suite à des risques de surchauffe accidentelle des capteurs (panne de courant ou air dans le circuit, provoquant l'arrêt de la circulation du fluide), les entrées et sorties des capteurs sont à présent équipées d'au moins deux mètres de tube de cuivre 20-22mm.

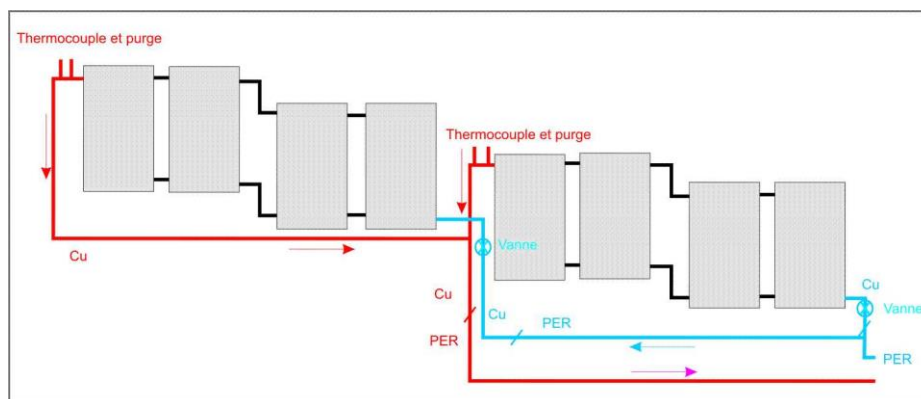


Figure 3: branchement des capteurs

Le circuit du liquide caloporteur

Le schéma général est donné par la figure 4. Les composants principaux sont un vase d'expansion 35 litres, un circulateur Wilo 25/7, une régulation "Vision" avec 3 sondes, une vanne 3 voies DN25, un clapet anti-retour, et un ballon de 300 litres avec résistance de 2,5 KW. La vanne 3 voies est commandée par un relais industriel Finder 5534 (230vac, 4rt 7a).

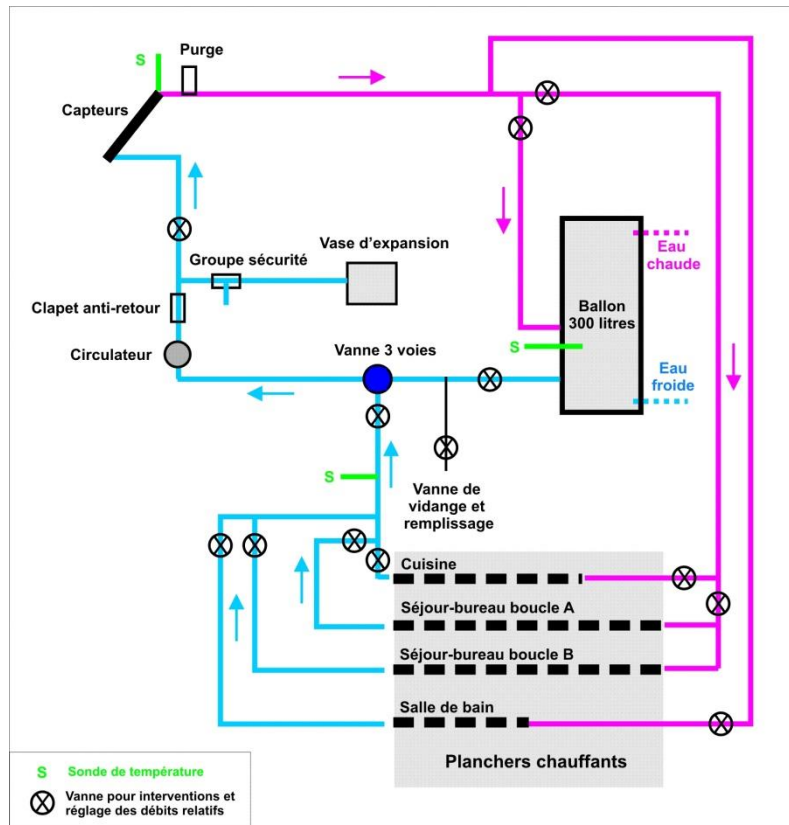


Figure 4: vue générale de l'installation dans la maison

Le remplissage du circuit est effectué à l'aide d'un pulvérisateur de jardinage, sur une entrée prévue en bas du circuit (point de vidange général). La pression est fixée à 2 bar. Les tubes de l'intérieur de la maison sont en cuivre, de diamètre 20-22mm pour le circuit général et le circuit ballon, et 14-16mm pour le circuit plancher.

Le débit du fluide pour chaque plancher est réglable au moyen des vannes posées en sortie des circuits, afin de gérer au mieux les températures de chaque plancher. Les débits de la cuisine et de la salle de bain ont été réduits par rapport au séjour.

Le plancher chauffant de la cuisine est décrit précédemment.

Le plancher chauffant séjour et bureau

Cette opération assez lourde, pour une maison habitée, a nécessité la destruction de l'ancienne dalle en béton armé qui reposait directement sur le sol, sans vide sanitaire. La surface total est de 35,8 m². Dans le but d'obtenir un plancher d'inertie thermique raisonnable, c'est à dire suffisamment épais, un décaissement de 35cm a été effectué (Fig.5).

La figure 6 donne la coupe du (des) plancher(s). Un film plastique a été posé sur une dalle de propreté en béton reposant directement sur le sol. L'isolant en polyéthylène extrudé (URSA XPS N-III)

a une épaisseur de 80 mm, il est également posé en périphérie de la future dalle pour l'isolation thermique latérale. L'épaisseur totale de la dalle, carreaux compris est de 20 cm.



Figure 5: décaissement de l'ancien plancher béton du séjour

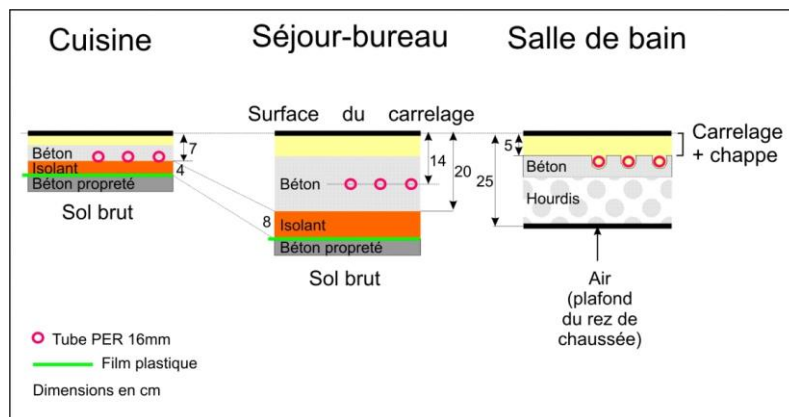


Figure 6: coupes des planchers chauffants



Figure 7: plancher chauffant du séjour et du bureau. (A) Dalle de propreté, (B) les deux boucles de tube dans le séjour, (C) le passage séjour - bureau, (D) coulage de la dalle chauffante.

Le tube PER BAO de 16mm est fixé sur le ferrailage posé à environ 6cm au dessus de l'isolant. Deux boucles de tubes (A et B sur la figure 1) alimentent le séjour et le bureau, chacune concernant une surface d'environ 18 m² (Figure 7). Le pas est de 15 cm dans le séjour et 20cm dans le bureau (ce qui s'avèrera largement suffisant).

Alors que le bureau a été isolé sur ses murs extérieurs, le séjour a la particularité d'être en pierre apparente, donc sans matériau isolant (Fig. 5 et 7d), le mur ayant une épaisseur de 40cm. En revanche les huisseries comportent un double vitrage.

Le plancher chauffant de la salle de bain

La salle de bain se trouve à l'étage, ce qui a empêché toute isolation sous-jacente (plafond de la pièce du rez-de-chaussée déjà bas). Il s'agit ici aussi d'un plancher ancien en hourdis et béton. La surface à chauffer est de 5 m². Après avoir enlevé les anciens carreaux et l'ancienne chape, il a été décidé de fixer les tubes dans une gorge de 20-30 mm, creusée dans le béton de la dalle, jusqu'au ferrailage, dans le but d'augmenter la profondeur du tube (figure 8 à droite). L'espacement du tube est de 15 cm. L'épaisseur totale du plancher est de 25 cm, avec des hourdis creux dans la partie inférieure. La dalle n'a pas pu être isolée latéralement. Le mur extérieur de la salle de bain a été isolé, ainsi que le plafond, la fenêtre est en double vitrage.



Figure 8 : plancher chauffant de la salle de bain.

Les résultats

Les températures de surface des planchers sont données sur les figures 9 et 10 et correspondent à la période d'ensoleillement minimum de l'année, localement de l'ordre de 6h30, près du solstice d'hiver. Les heures données ci-après sont en heure officielle.

1- Au démarrage

La figure 9 donne un exemple de montée en température des deux planchers séjour et cuisine (celui de la salle de bain n'était pas encore réalisé) le 28 décembre 2014, après plusieurs jours sans chauffage, la maison n'étant pas habitée (capteurs solaires en grande partie couverts). La température ambiante moyenne de la maison était de 11°C. Au départ de la mesure, la température extérieure est de -11°C, le temps est ensoleillé. La température maximale de sortie de planchers est limitée à 36°C, priorité est donnée au chauffage des planchers (régulateur "Vision").

Le chauffage des capteurs a démarré vers 9h pour s'arrêter vers 15h30. Les deux courbes cuisine et séjour montrent des montées en température très différentes, avec un maximum autour de 14h pour la cuisine (plancher d'épaisseur 7cm) et 17h pour le séjour (plancher d'épaisseur 20cm). Il en est de même pour la descente en température. La température maximum est de 30°C pour la cuisine et 24°C pour le séjour, et le croisement des courbes de descente en température se fait vers 18h, soit

1h30 après la fin de l'ensoleillement. Vers 9h le lendemain matin, la température du plancher cuisine est descendue à 16°C, tandis que celle du séjour est à 21°C. Il faut néanmoins noter une influence du poêle à bois du séjour, alors en fonctionnement.

J'avoue avoir été surpris par la rapidité de la montée en température du plancher séjour, malgré une épaisseur de 20cm. Le déphasage entre les deux maxima de température "capteur" et "plancher" est de l'ordre de 3-4 heures (à comparer avec 1h30-2h pour la cuisine), ce qui est en accord avec les données théoriques (Amplitude et déphasage en fonction de l'épaisseur du plancher "Calcul des planchers solaires directs", Editions Edisud ISBN 2-85744-137-1). Voir le lien suivant sur le site "Apper solaire":

<http://www.apper-solaire.org/Pages/Fiches/Planchers%20et%20murs%20chauffants/Dephasage%20et%20amplitude%20plancher%20solaire%20direct/index.pdf>

Ceci m'a fait regretter de ne pas avoir opté pour une "épaisseur plancher" encore plus grande, autour de 30cm, et même 40cm, ce qui aurait correspondu à un déphasage de 10-11h. Bien sûr, le coût d'un plancher d'une telle épaisseur n'est pas négligeable.

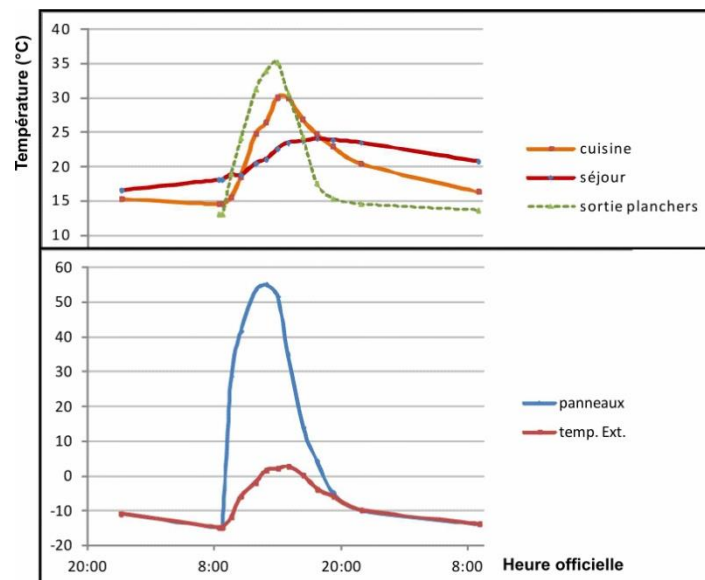


Figure 9 : évolution des températures de surface des planchers séjour et cuisine (en haut), de la température du fluide caloporteur en sortie des capteurs et de la température extérieure (en bas), le 28 décembre 2014.

2- Sur trois jours

Les mesures ont été effectuées après plusieurs jours sans soleil, mais la maison était occupée, avec utilisation du poêle à bois dans le séjour. La figure 10 montre l'évolution de la température de surface des planchers cuisine, séjour et salle de bain, entre le 25 et le 27 décembre 2016. La température maximale du fluide de sortie des planchers est ici limitée à 37°C. Les températures nocturnes ont varié entre -1 et -6°C, et l'ensoleillement n'a pas été optimum pendant la période de mesure.

La montée en température de la surface du plancher de la salle de bain est encore plus rapide que pour la cuisine, probablement du fait de la plus faible distance entre les tubes de fluide et la surface du plancher (5cm, au lieu de 7cm pour la cuisine). Les températures maximum sont également plus élevées. En revanche, la descente en température est de même ordre pour ces deux pièces.

Pour les trois planchers, les températures maximum (après-midi/soir) et minimum (matin) sont généralement croissantes au cours des trois jours. Pour le séjour, les températures maximum sont passées de 24 à 27°C (vers 16-18h), les minimales de 20 à 24°C (vers 10-11h le matin). Pour les jours suivants, on observe une stabilisation des températures (non données ici), peu différentes de celles du troisième jour.

Pour la salle de bain, malgré une inertie thermique sensiblement plus faible, on remarque une légère montée progressive, au cours des trois jours, non seulement des températures maximales, mais aussi minimales, de 17 à 20°C environ, le matin vers 8-9h. Ceci m'a également surpris et s'explique probablement par l'épaisseur totale du plancher de la salle de bain (25cm), malgré l'absence d'isolation sous-jacente et la présence de simple hourdis creux dans sa partie inférieure. Remarquons également qu'une montée en température de la base du plancher de la salle de bain (non indiquée) est nettement perceptible en soirée.

Signalons enfin que le bureau, situé au nord, est devenu la pièce la plus chaude de la maison, alors qu'elle était précédemment la pièce la plus froide.

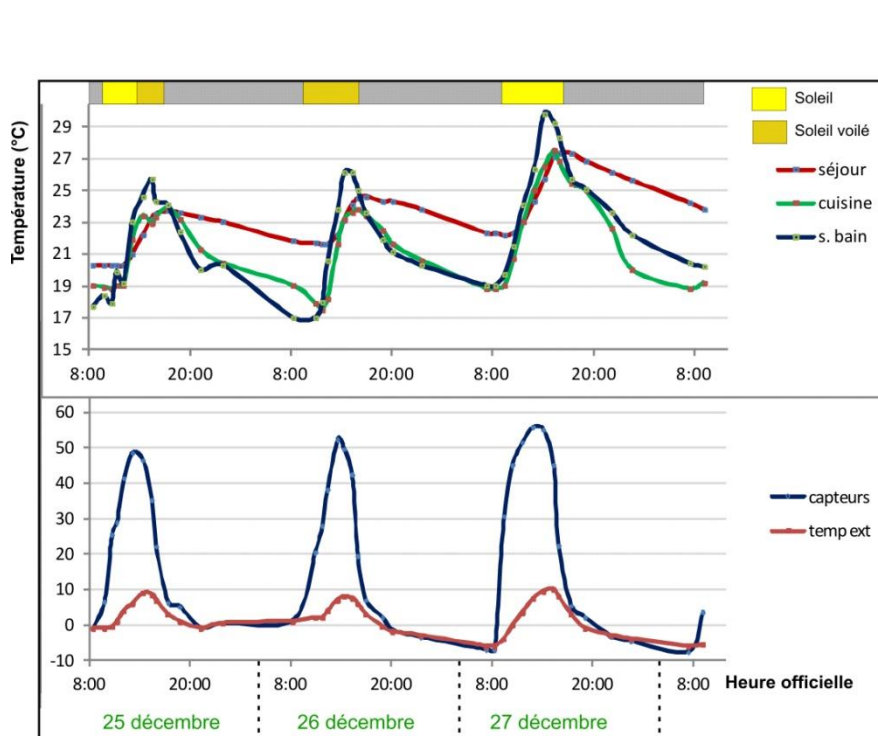


Figure 10 : évolution des températures de surface des planchers (en haut), de la température du fluide caloporteur en sortie des capteurs et de la température extérieure (en bas), du 25 au 27 décembre 2015.

Mise en sécurité

Les risques de surchauffe des capteurs ne sont pas négligeables dans une région où les pannes l'alimentation secteur ne sont pas rares. Il a donc été décidé d'ajouter un convertisseur sur batterie permettant d'alimenter le régulateur "Vision" et la pompe en cas de panne (Fig.11). Le convertisseur est un Victron Energy Phoenix 12V-350VA, la batterie est de 12V-70Ah-640A (ce qui est un peu faible par rapport aux recommandations du fournisseur du convertisseur). Le basculement sur

convertisseur en cas de coupure du secteur est assuré par un relais industriel Finder 55-34 (4rt-7a-230AC). Un essai a montré une autonomie d'au moins 7h en cas de panne de secteur. En attendant l'installation d'un chargeur photovoltaïque, la batterie est chargée au moyen d'un chargeur de batterie ordinaire alimentée sur secteur 2h par jour, automatiquement.

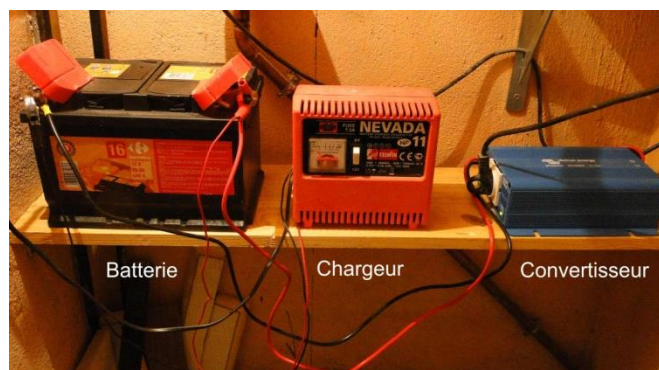


Figure 11: sécurisation de l'alimentation de l'installation

Quelques conclusions et remarques

Il est toujours difficile de décider de gros travaux de modification de planchers dans une maison habitée, mais dans le cas présent: quelle différence de confort, une fois ces travaux terminés!

(1) Lorsque cela est techniquement possible, il est primordial de viser une épaisseur de plancher chauffant autour de 30-40cm, conformément aux études théoriques précédemment citées. Cette remarque est étayée par le fait que la réponse sur notre plancher de 20cm se fait nettement sentir dès le premier jour de fonctionnement, comme le montre la figure 9, avec un confort bien perceptible l'après-midi du jour même jour (24°C dans notre cas).

(2) Lorsque cela n'est pas possible, le chauffage d'un plancher de faible épaisseur ou en surface d'un plancher d'étage existant s'avère tout de même bien utile. Pour une cuisine, cela permet un confort de température dès la mi-journée et le soir, ce qui n'est pas négligeable, et pour une salle de bain, ces mêmes périodes de confort entraînent, pour prendre une douche, son utilisation plutôt le soir que le matin, si on ne veut pas utiliser une autre source de chauffage.

(3) Pour une pièce où l'isolation des murs extérieurs n'existe pas pour une raison d'esthétique, par exemple, comme cela a été notre cas pour le séjour, le chauffage par radiation à partir d'un plancher s'avère encore plus efficace que n'importe quel système de chauffage par convection. En effet, le chauffage de l'air aura du mal à chauffer les murs non isolés, et la température ambiante aura ainsi du mal à monter. En revanche, un plancher avec une température de surface de 25-27°C permettra un confort tout à fait correct même avec une température de l'air autour de 19°C.

(4) La priorité ayant été donnée au chauffage des planchers, il a été assez souvent nécessaire, en hiver, de chauffer l'eau du ballon par la résistance électrique.

(5) Le volume total de nos planchers solaires directs est de 9m³. Ceci nous a permis d'économiser environ la moitié de notre consommation de bois de chauffage sur l'année, grâce à de nombreuses journées ou demi-journées sans utilisation du poêle à bois.

Remerciement

Je remercie Pierre Amet pour ses précieux conseils et Gérard Gros pour la construction des planchers cuisine et séjour/bureau.