

**C'EST MOI QUI L'AI FAIT...**



**ECS + CHAUFFAGE 'DRAINBACK'**



**Carnet de bord**  
édition 2 - octobre 2006

Ce document réunit les commentaires, ‘‘justifications’’ et pense bête à propos de mon installation, avec, pour ambition de devenir le manuel d’utilisation et de dépannage. S’il peut servir à vous donner envie, à vous (me) poser des questions ou à apporter des réponses c’est du bonus...  
Un peu comme un carnet de bord il a été fait au fur et à mesure de la conception et de l’installation. D’ailleurs il contient encore quelques questions sans réponse (soulignées en rouge)...

## SOMMAIRE

(Les modifications par rapport à l’édition précédente sont surlignées en jaune)

1	DIMENSIONNEMENTS initiaux:.....	3
2	INSTALLATION .....	4
2.1	Schéma .....	4
2.2	Circulateurs :.....	5
2.3	ECS :.....	6
2.4	Chauffage : .....	6
2.5	Capteurs.....	7
2.6	Régulation :.....	9
2.7	Ballons.....	9
2.8	Couplage Ballon-Tampon-Capteurs .....	10
2.9	Plomberie / Isolation .....	11
3	COUTS.....	12
3.1	Argent (DEVIS & REALISE) .....	12
3.2	Temps Passé .....	13
4	PROGRAMATION Millenium II .....	14
4.1	Gestion température radiateurs (V3R) .....	14
4.1.1	Objectif .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
4.2	Gestion Echangeur Chauffage (V3CH).....	14
4.2.1	Objectif : .....	14
4.2.2	Remarque:.....	14
4.2.3	Principe :.....	14
4.3	Gestion ECS (V3ECS & ChôdOff).....	14
4.3.1	Objectif .....	14
4.3.2	Principe.....	14
4.4	Gestion Panneaux (V3PS & C1 C2) .....	15
4.4.1	Objectifs.....	15
4.4.2	Principe.....	15
4.5	Gestion Boucle ECS.....	17
4.5.1	Objectif : .....	17
4.5.2	Principe : .....	17
4.6	Display .....	17
4.6.1	Compteur calorie .....	17
4.6.2	Affichages.....	17
4.7	Image de la feuille de programmation .....	18
4.8	Conclusion.....	18
5	ELEMENTS DE RENDEMENT (ho les bô panneaux APPER !)	19
6	Annexe : DRAINBACK ? cékoi ?.....	20
6.1	Définition.....	20
6.2	Principe.....	20
6.2.1	Type TexRo (sans échangeur).....	20
6.2.2	Type ‘Classique’ (avec échangeur).....	21
6.3	Avantages .....	21
6.4	Rumeurs, ondit et autre questions.....	22
6.4.1	Bruit.....	22
6.4.2	Chocs thermiques .....	22
6.5	Pour que cela marche .....	23

# 1 DIMENSIONNEMENTS initiaux:

- Après moult calculs (perso ou non) j'ai adopté la règle  $1\text{m}^2/\text{pers}$  pour l'ECS et 10% de la surface habitable pour le CS (trouvé dans la doc Dietrisol par ex). Soit au total  $20\text{m}^2$  ce qui tombe plutôt dans la tranche haute des autres calculs faits. Je pense que le coût global du chantier n'est pas à 2 capteurs près<sup>1</sup>. De toute façon il faudra masquer en été<sup>2</sup>...
- Installation :
  - sur un auvent qui sert d'abri voiture (qui devient donc "solar carport" la classe ☺)
  - Orientation : Face au sud inclinés à  $60^\circ$ / horizontale pour augmenter l'efficacité l'hiver et diminuer la surchauffe en été
  - Sur 2 rangées de 8m de long
  - A proximité immédiate de la chaufferie<sup>3</sup>
- Tampon(s) on trouve qu'il faut 40 à 80l par  $\text{m}^2$  de capteurs soit donc 800 à 1600l
- J'ai été séduit par le système de vidange (drainback) type 'TexRo' ☺ surtout après avoir compris comment cela marchait grâce à quelque manip dans l'évier de la cuisine...
  - Plus simple en autoconstruction, car ce n'est pas un système sous pression (en fait cela ne change pas grand-chose cela fait juste moins peur)
  - On peut chauffer plus le tampon en été (quasi à ébullition)
  - C'est une réserve à eau morte : pas de problème d'entartrage
  - Pas d'échangeur vrai dans le circuit capteurs
  - Pas d'antigel (au moins à première vue...)
  - Pas de purge/vase d'expansion,...
  - Bref que des composants passifs. Durée de vie assurée par définition
- TexRo pris au pied de la lettre c'est un gros stock avec "tout un tas d'échangeurs" Cela m'a semblé être une usine à gaz. La chaudière actuelle n'est pas 100% adaptée à la chose, et elle est à mi-vie, j'ai donc décidé de séparer les tampons ECS et CS, pour plus de libertés dans le futur. *(et si c'était à refaire ? : je ne sais pas !)*
  - ECS : un 600 L env. classique (sous pression) avec 2 serpentins (je n'en utilise qu'un pour l'instant). J'avais initialement pensé prendre 300L, P. Amet m'a conseillé plus pour avoir de l'autonomie par mauvais temps. Aucun de remord vis-à-vis de ce conseil bien au contraire.
  - CS : un tampon "drainback" 1500l
- Consommation actuelle
  - En été : (ECS) 3l/j de fuel soit 30kWh/j c'est très beaucoup et du coup je me suis rendu compte que ma chaudière est d'un type tel que le rendement n'est que de 50% pour l'ECS (cela ramène donc le besoin vrai à 15kWh, c'est plus raisonnable (15 kWh=300litres chauffés à  $T_o+40^\circ$ )
  - En hiver 13l/j en moyenne sur 5mois. Dont (à la louche) 4l pour l'ECS soit 120kWh pour le chauffage. (0,9kWh/ $\text{m}^2$  habité, sans être une horreur et même s'il fait froid ici yapa de quoi être fier...)
  - $20\text{m}^2$  de capteurs en décembre donnent environ, par jour, compte tenu des ombres portées : 60kWh disponibles, et 100kWh en février, 130 à 140 en été (kWh disponibles au niveau des capteurs, hors rendement installation)
  - => économie visé 100% de l'ECS en été et 50% (c'est optimiste) de la consommation totale hiver soit 1600L : dernière livraison de fuel (février 2006) 1000€ pour 1500L

Donc, hors lave linge/vaisselle on peut penser économiser 1000€/an.

Le coût de fonctionnement d'un circulateur est faible : Pour 100W cela donne  $0.1\text{kW} \cdot 7\text{h} \cdot 350\text{j} \cdot 0.1\text{€} = 245\text{kWh} \cdot 0,1\text{€} = 24.5\text{€/an}$ <sup>4</sup>).

<sup>1</sup> Avec cette expérience je modérerai maintenant mon enthousiasme, pour passer de 6 à 8 panneaux il faut, par exemple, une pompe 70% plus puissante...

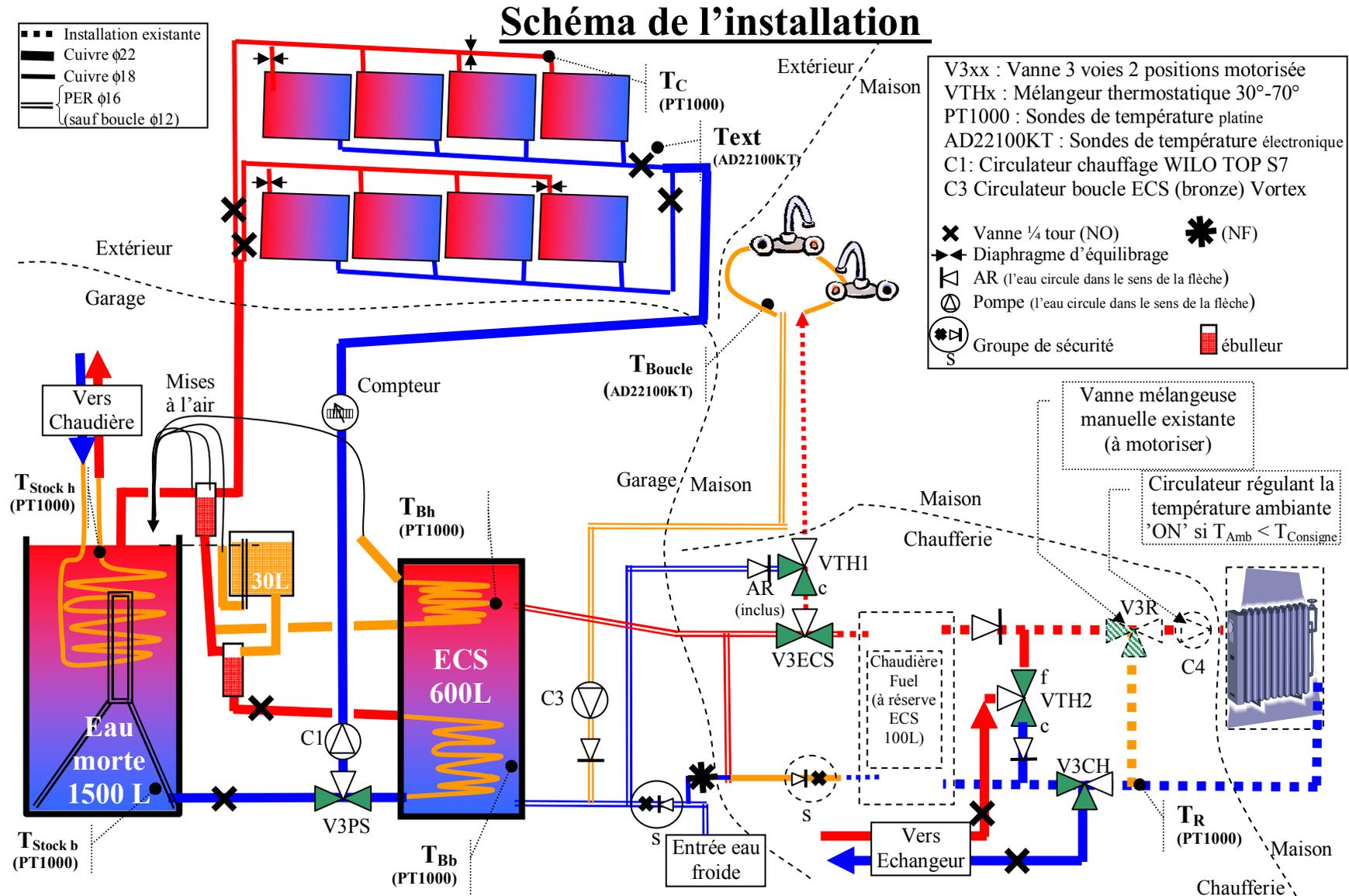
<sup>2</sup> Pour l'instant je n'ai pas masqué mais l'installation n'est opérationnelle "à 100%" que depuis début Septembre

<sup>3</sup> Élément loin d'être négligeable dans les pertes de charges

<sup>4</sup>  $350\text{j} \times 7\text{h}$  c'est optimiste !

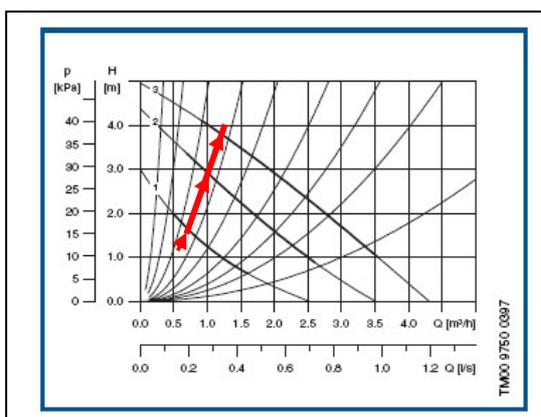
## 2 INSTALLATION

### 2.1 Schéma



## 2.2 Circulateurs :

- Contrainte : Il faut pouvoir chasser les bulles d'air dans le tuyau à contre pente (eau chaude)
- La vitesse d'une bulle d'air est inférieure à 40 cm/s ce qui fixe un débit minimal lors de la purge (<http://www.pmmh.espci.fr/fr/Enseignement/Archives/Examens/2000/exam2000.pdf>)
- Débit nécessaire dans capteurs 40 à 80 l/h/m<sup>2</sup> soit, pour 20 m<sup>2</sup>, 800 à 1600 l/h (10 à 25 l/mn)  
=> section max tuyau descente (contre pente) =  $10/(60*4)=0.041$  dm<sup>2</sup> => diamètre intérieur max = 23mm  
=> le dégazage ne doit pas être un problème si le tuyau chaud est < 18mm (avec une grande marge sécurité)
- Perte de pression, à la louche : les pertes sont de 10mm/m de collecteur (source notice 'solo') (longueur aller eau froide=21, retour eau chaude 20) soit max 45m soit 450mm de perte de charge. Perte dans les capteurs (en //) 10 mbar donc négligeable. Un calcul de mécanique des fluides sur 1m<sup>3</sup>/h dans diam 18mm & sur 45m donne 500mm de perte, on trouve 1300mm en diamètre 14 (*en fait cela fait + voir § circulateur*)
- Faut-il vraiment deux circulateurs pour l'amorçage? J'ai fait quelques tests avec des pompes Salmson NXL33 et un seul groupe de 4 panneaux. Une pompe placée à 50cm du sol (1.5m en dessous de la surface libre du tampon) n'arrive pas à amorcer le circuit en basse vitesse, y arrive en moins de 2 minutes à haute vitesse. Après amorçage on obtient un débit de 360l/h en petite vitesse sur 4 panneaux. L'amorçage est plus efficace (il n'y a plus de bulles) et rapide (60s) avec 2 pompes en série à haute vitesses<sup>5</sup>. Bref la deuxième pompe a été achetée dans un moment d'inquiétude (j'avais plein de bulles), cela ne venait pas de la pompe....
- Quand j'ai mis les deux groupes de panneaux aucune des deux solutions (pompe en // ou en série) n'était capable d'assurer le débit ??? Replongeant dans Excel et d'autres documents j'ai essayé de comprendre ce que représentent les courbes d'efficacité des pompes. C'est là que j'ai compris un des mails du forum APPER qui dit que "série ou // c'est une hérésie : il faut une (seule) pompe de la bonne dimension".
  - En effet des pompes en // semblent pouvoir fournir plus de débit (mais sans augmenter la hauteur maximale). Mais comme le débit possible est plus fort les pertes le sont aussi (au carré !!) donc, finalement le débit est inchangé car la limite c'est la hauteur manométrique.
  - Les pompes en série : là l'hérésie réside dans le fait que la deuxième pompe représente une perte de charge pour la première. Elle doit donc être activée au moins en vitesse lente pour compenser. Ici il est vrai que la hauteur manométrique est augmentée (somme des deux hauteurs) mais le débit final n'est pas très loin du débit avec une seule pompe.



<sup>5</sup> Ayant pris des tuyaux collecteurs de 20mm la vitesse du liquide à 360l/h est de 30cm/s ce qui est effectivement trop juste pour finir de chasser les bulles.

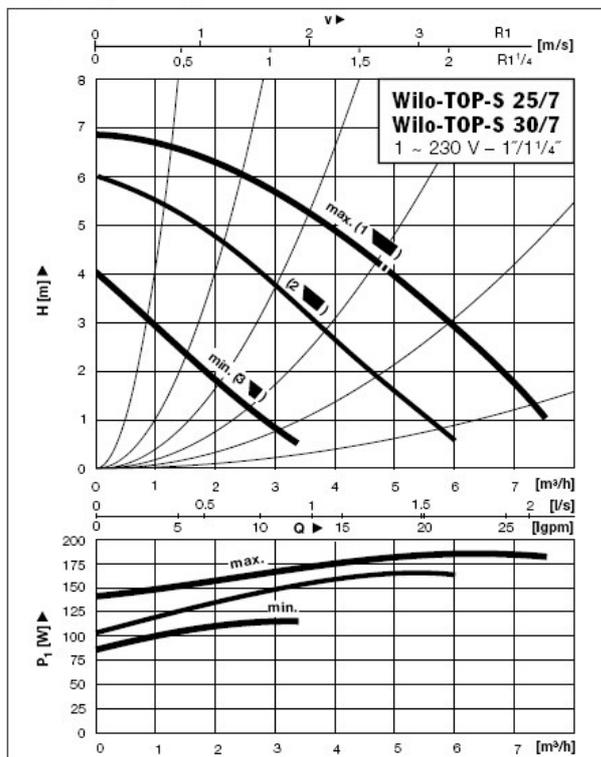
Dans un diagramme tel que ci dessus les trois courbes de pente négative représentent l'équation de la pompe en fonction des trois vitesses de rotation. Grosso modo elles sont de la forme  $P_{lim}=P_o-A(v).Q$ . Plus le débit est grand moins la pompe pompe haut. Le faisceau de courbe à pente positive représente la perte de charge d'un circuit à écoulement turbulent :  $Perte=R.Q^2$ .

Pour un circuit donné lorsque l'on change la vitesse on se déplace sur l'une de ces courbes jusqu'à l'intersection avec la courbe de pompe correspondante.

A l'équilibre on a donc  $P_{lim} = Pertes \Rightarrow RQ_{lim}^2 + A(v)Q = P_o - P_s$  ( $P_s =$  Pression statique du circuit). A moins de travailler avec de très grosses sections de tuyau on voit que les courbes de pertes sont très raides et que vouloir augmenter le débit implique des pertes beaucoup plus grandes...

Grâce au premier essai avec les Salmson, j'ai pu mesurer les  $Q_{lim}$  pour différentes vitesses  $A(v)$  de pompe. J'en ai déduit le  $R$  de mon circuit et me suis auto convaincu que mon modèle de circuit était correct :

$Pertes = 1,5 + 3,2Q^2$  mètres, soit 5m à 1m<sup>3</sup>/h. J'ai pris une pompe WILO TOPS 7 elle donne théoriquement 5.5m à 1m<sup>3</sup>/h en vitesse 2 et je suis effectivement un peu au dessus des 1m<sup>3</sup>/h depuis que je l'ai installée (1.15m<sup>3</sup>/h).



Bref, maintenant que cela marche, à la question faut-il deux pompes pour du TexRo à faible différence de hauteur ? La réponse est non sans aucune hésitation. Je ne gère même plus la vitesse de la pompe pendant le remplissage (du moins pour l'instant).

La présence d'une seconde pompe sur le système TexRo ne s'explique que s'il y a une grande différence de hauteur. La seconde pompe, qui doit présenter une faible résistance à l'arrêt, n'est pas forcément du même type que la pompe principale.

### 2.3 ECS :

Le ballon solaire remplace la chaudière lorsqu'il est suffisamment chaud ( $T$  est mesurée en haut du ballon). Lorsque la température baisse il est utilisé en série avec la chaudière. J'ai installé une vanne thermostatique (VTH1) sur l'ECS pour éviter les accidents et les pertes.

### 2.4 Chauffage :

La chaudière existante (GEMINOX) comporte un ballon ECS intégré de 100l. La chaudière chauffe un stock d'eau selon un thermostat interne (env. 60°). Une partie (réglable par V3R) de l'eau

provenant des radiateurs rentre dans la chaudière, l'autre est renvoyée dans le circuit par un circulateur commandé (tout ou rien) par un thermostat d'ambiance. V3R 'régule' donc la température de l'eau dans les radiateurs.

La question est de savoir où insérer les calories provenant des panneaux :

- insertion avant la boucle chaudière (en série sur le retour radiateurs) : Pas bon car tout le débit des radiateurs passe dans l'échangeur solaire cela ne peut qu'augmenter les pertes
- Retour en parallèle du retour chaud chaudière: c'est une option mais pas bonne car il faut que l'eau solaire soit 'très' chaude mais :
- Retour chaud de l'échangeur en série de la chaudière: on chauffe la chaudière... c'est con à mi-saison
- Solution : Selon la température du stock solaire l'eau est envoyée soit dans le bas de la chaudière pour être réchauffée soit directement dans le circuit. C'est fait de façon 'passive' par VTH2

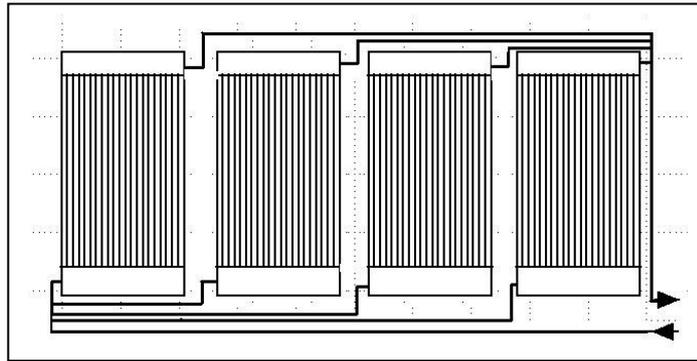
RQ : le circulateur chauffage actuel circule trop fort : il y a sûrement quelque chose à faire...

## 2.5 Capteurs

(éléments nouveaux par rapport à l'édition 1 : points 9 et 10)

1. J'ai envisagé le fait de faire mes propres capteurs. Le prix total (absorbeur cuivre + tuyaux + carrosserie + vitrage + isolation) est supérieur (de 50%) aux prix de capteurs du commerce qui, eux, ont un revêtement sélectif et du vitrage trempé...
2. Capteur à tube sous vide : un rendement 10 à 30% supérieur pour un coût 50% supérieur avec des conditions d'utilisation strictes (surchauffe interdite). Cela plus le fait qu'il s'agit de capteur long (2m) m'a fait rejeter cette solution, l'argument d'absence de prise au vent étant souvent compensé par la présence de réflecteurs à l'arrière.
3. Bref, j'ai pris huit capteurs plans 2.5m<sup>2</sup> (2.25 effectifs) proposés par APPER (marque Solimpek type marvel version sans solar key mark). Aucun regret c'est du matériel de pro, l'hiver n'est pas encore passé mais les journées de petit temps m'ont agréablement surpris, le rendement semble bon. Un capteur était légèrement abîmé sur la face arrière pendant le transport mais il a été réparé facilement.
4. Ils sont installés horizontalement sur deux rangées de 8m de long. Ils sont situés au nord de la maison à 2,60m de haut pour ne pas être masqués par les toits, les deux rangées sont distantes de 5m pour que la première rangée ne fasse pas d'ombre sur la seconde. Orientés plein sud (à 5° près) et inclinés à 60° par rapport à l'horizontale.
5. Le tout est posé sur une pergola en bois qui sert d'abri voiture (carport en français). L'ossature a été posée rapidement pour qu'elle se stabilise et sèche avant le montage des panneaux
6. 400kg de capteurs sur 6 points d'appuis (mur + 3 poteaux) : on est à moins de 100Kg de charge par point + les contrepoids : au total 200 kg par point d'appui.
7. Calcul de dilatation acier/alu/cuivre sur 8m pour  $\Delta T = 40^\circ$  : (alu  $2.3 \times 10^{-5}$  Cu  $1.7 \times 10^{-5}$  Fe  $1.2 \times 10^{-5}$  bois 5e-6) soit en gros 5mm sur 8m. Le différentiel Al(capteurs)-Fe (structure) est de 3mm : Moins dramatique que je ne pensait. De toutes façons j'ai finalement fait 8 supports indépendants en ferraille soudée donc les dilatations se font sur 1.4m au lieu de 8m soit un delta de 0,6mm. Pour le cuivre sur 6m avec un  $\Delta T$  de  $100^\circ$  on a une dilatation de 10mm : pas négligeable... J'ai mis des raccords inox souples à chaque raccord.
8. Il paraît intelligent de mettre des vannes manuelles pour séparer les deux groupes de capteurs mais ce n'est pas très compatible du système de vidange...
9. La prise au vent des panneaux à 100km/h nécessite un contre poids de 80kg par capteur (110 kg à 120km/h). J'ai utilisé d'anciennes dalles de béton pour faire la fonction. Le vrai vent de tempête est plutôt d'Est chez nous : je n'ai quasiment pas de prise. Pour le vent du Nord, je suis plus ou moins abrité par des arbres. Tout cela pour dire que je suis serein mais quand même inquiet quand le vent souffle. Nous en sommes à notre troisième coup de vent dont un vraiment fort (mais d'Est)

10. Ils sont montés en deux groupes de 4 en quasi Tickelman (comme sur le schéma global) et pas



en Tickelman pur et dur comme ci-dessous :

Moralité, le collecteur étant de diamètre constant il circulait beaucoup plus d'eau dans les deux panneaux extrêmes que dans les panneaux centraux (dans un rapport supérieur à 3 !)

Remoralité : l'eau était en ébullition au centre, et froide sur les deux panneaux de bord. Je m'en suis aperçu au bruit et au fait que le comportement changeait anormalement selon la position de la sonde de température dans l'un ou l'autre panneau.

Solution : Grosse prise de tête, mesures et calculs pour finir avec l'installation de diaphragmes (comme indiqué dans le schéma global) dans les capteurs extrêmes pour en limiter le débit. (Diaphragme est le nom pompeux de jeton de lavage percé d'un trou de 7mm.)

Depuis plus de problèmes...

11. Si on masque une partie des capteurs est-ce que l'on fait circuler de l'eau dedans ?
12. imaginer un système de masquage automatique en cas de panne de courant => problème à résoudre : il ne faut pas que cela consomme trop en position 'ouvert' mais il faut que la fermeture soit 'passive' (utiliser des électro-aimant alimentés sur panneau solaire et des contrepoids pour fermer ?)
13. Concevoir un brise vent à l'arrière des capteurs
14. Question pas claire : en été il semble quand même qu'il vaut mieux faire circuler de l'eau plutôt que d'avoir les capteurs vides...

## 2.6 Régulation :

- Pour ce qui est de la régulation du chauffage : conserver l'actuelle pour l'instant :
  - la chaudière a sa propre température de consigne (il y a donc une réserve, au moins les 100l d'ECS)
  - le circulateur se met en marche si l'ambiante est inférieure à la consigne. Cette consigne est gérée par un module 'casto' avec prise en charge jour/nuit/absences...
- 8 sondes et 7 actionneurs à gérer, dont 1 sonde et un actionneur pour la boucle ECS, (un seul actionneur en proportionnel)
- A terme il faudrait récupérer les paramètres chaudière
- Bref, un automate 'ouvert' paraît plus adapté aux ambitions => Millenium2
- **Une alternative envisagée à l'époque serait d'utiliser deux régulations** 'simples' une pour les capteurs et ballons l'autre pour la consommation d'ECS et la boucle
- La mesure de débit ne me paraît pas avoir un grand intérêt en soi en dehors du réglage initial. J'utilise un compteur eau chaude. Le premier était monté horizontalement mais tourné sur le côté (car en hauteur) et sur le flux d'eau chaude provenant des panneaux. Il est mort au bout de 2 mois, au démontage c'est l'axe qui semble avoir mal supporté la position. Son remplaçant est placé en sortie de pompe, horizontalement, et lecture par le dessus...
- Clairement l'objectif de la régulation (et du schéma) a été
  - de limiter les composants actifs (coût mais surtout fiabilité)
  - de pouvoir fonctionner de façon autonome sans intervention autre que le changement de mode été-hiver et l'alimentation en eau chaude du lave linge et du lave vaisselle.

## 2.7 Ballons

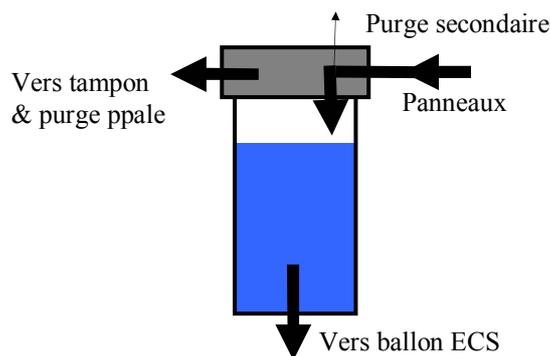
- ECS
  - 600L avec double serpentin (2<sup>ème</sup> serpentin pour le jour où l'on changera la chaudière) (marque EZINC)
- Tampon 1500L
  - Cuve à fuel : c'était une solution de repli mais mauvaise stratification et difficile de mettre un serpentin sans aimer la cuve
  - à partir de cuve alimentaire / viticole. En final une cuve en fibre de verre 1500L /700€ complètement ouverte au dessus et suffisamment solide pour supporter le poids de l'échangeur
  - Poids : 1,5 T sur 1m<sup>2</sup> ce n'est pas un problème c'est toujours moins lourd au m<sup>2</sup> qu'une voiture sur ses quatre pneus
  - Isolation : mixte laine de verre et placo.
  - Echangeurs
    - Arrivée eau chaude solaire
      - Située à 1/3 du bas du stock constitué d'une canne cuivre diam 22 percée de trous
      - Pour ne pas déstratifier il est dit que la vitesse ne doit pas être supérieure à 0.1cm/s. Le débit doit être de 1m<sup>3</sup>/h soit 0.27 l/s (voir § circulateurs) donc la surface des trous de la canne d'eau chaude doit être au moins de  $270/0.1 = 2700\text{cm}^2 = (51\text{cm})^2$  c'est beaucoup !!!  
J'ai fait une vingtaine de trous diam 10mm dans la canne (soit 18 cm<sup>2</sup> et donc  $v=15\text{cm/s}$ . J'ai ajouté un stratificateur constitué d'un tube PVC (gouttière) percé de fentes sur toute la hauteur avec une jupe conique qui descend au fond du stock
      - Notes :
        - TexRo ne fait rien à ce sujet (mais la forme/volume du ballon TexRo ne s'y prête pas) ?

- Un débit de  $1\text{m}^3$  par heure dans une cuve de  $1.5\text{m}^3$  ne détruit pas la stratification de toutes façons ?
- A l'aspiration : au fond du stock j'ai installé une canne en PVC qui a la forme d'un demi-cercle. Ce tube est percé de nombreux trous orientés vers le fond.
- Echangeur chauffage :
  - P Amet m'a orienté vers un échangeur constitué de 3 radiateurs en tôle ( $60 \times 60 \times 10\text{cm}$ ) montés en Tickelman. Cela offre une grande surface d'échange ( $16\text{m}^2$ ) et une vitesse des fluides réduite ( $1/3$ ). En tenant compte du fait que le fer est moins bon conducteur de chaleur (8 fois moins) j'ai donc l'équivalent d'un échangeur cuivre de  $2\text{m}^2$  mais où l'eau circule moins vite.

## 2.8 Couplage Ballon-Tampon-Capteurs

S'il n'y avait que le tampon, le système TexRo est hyper simple (et donc fiable). Il suffit de respecter la pente des tuyaux. Le fait de vouloir coupler aussi un ballon ECS a complexifié le circuit...

- Le couplage des trois éléments se fait par le circulateur et une vanne 3 voies (V3PS) qui permet de choisir de pomper dans le tampon ou dans le ballon.
- Il faut également pouvoir rediriger l'eau de retour des capteurs soit vers le stock soit vers le ballon. Pour augmenter la fiabilité j'ai recherché une solution sans électrovanne. J'utilise un ébulleur construit dans un système de filtre à cartouche dont j'ai percé le fond et où j'ai adapté un raccord  $\frac{3}{4}$  pour faire une troisième entrée:



Au repos l'eau dans le bol est au niveau du stock. Lorsque le système pompe et si l'eau provient du tampon, l'eau revenant des capteurs se dirige vers le tampon (en chassant l'air) car il n'y a pas de dépression en bas du bol. Au contraire, si l'eau des panneaux vient du ballon il y a une dépression au fond du bol, l'eau ne va plus vers le tampon. Cela marche parce que,

par construction, il rentre exactement autant d'eau en haut qu'il en sort en bas (celle qui est passée par la pompe).

- La première version pompait au démarrage systématiquement dans le stock pour purger le circuit puis basculait sur l'ECS à la fin de la purge. En été cela avait l'inconvénient d'envoyer de l'eau froide (plus froide que le ballon ECS) dans les capteurs et donc de les refroidir en dessous de la température de l'ECS, ce qui arrête la pompe. Bref le système oscillait et chauffait le tampon sans chauffer l'ECS.
- Il faut donc pouvoir amorcer le système aussi bien depuis le stock que depuis le ballon ECS. Le problème est de trouver les 20l d'eau nécessaire au remplissage des panneaux et de la tuyauterie.
  - J'ai d'abord trouvé la solution de siphonner ce volume d'eau directement dans le tampon avec, en option, de faire passer cette eau dans le serpentin haut du ballon pour être sûr d'envoyer de l'eau chaude (évidemment cela refroidi le haut du ballon ce qui n'est pas génial...). Dans cette option un AR empêchait l'eau de passer par le serpentin haut lors de la vidange des panneaux. Par sécurité j'ai ajouté un deuxième bol ébulleur à l'entrée du serpentin bas au cas où le siphon s'amorce mal (ou contient de l'air). Après deux semaines de fonctionnement (en été) mon attention a été attirée par le fait que le stock se

réchauffait aussi presque au même niveau que le ballon. J'ai remplacé quelques tuyaux de cuivres par des tubes transparents pour mieux analyser les choses : en fait l'eau empruntait deux chemins dont l'un passait par le stock et le siphon d'amorçage.

- Je procède maintenant de façon 'classique' avec un réservoir indépendant qui se vide au départ dans le circuit ballon. J'ai utilisé pour cela un ancien chauffe-eau sous évier de 30l. Son 'trop-plein' (l'ancienne sortie eau chaude) se vide dans le stock par une mise à l'air. Par sécurité, la vanne V3PS bascule vers le ballon lors de la purge des capteurs (**c'est un point dont la fiabilité est à améliorer**) Je continue à utiliser le serpentin haut comme stock (environ 10L). Dans tous les cas ces stocks intermédiaires circulent dans le serpentin bas avant d'être pompés vers les panneaux pour ne pas y injecter de l'eau éventuellement froide

## **2.9 Plomberie / Isolation**

- Les capteurs solaires sont reliés en cuivre ainsi que le circuit de l'échangeur chauffage. Je n'avais jamais fait de plomberie 'vraie', ce n'est effectivement pas très compliqué...
- Le reste est fait en PER, le coût des raccords, le fait que c'est «mou», pas facile à isoler lorsque c'est gainé et la dilatation me laisse sceptique, à réserver aux grandes longueurs ???
- L'isolation est faite par des manchons épaisseur 13mm à l'intérieur des bâtiments et sur les collecteurs chauds en haut des panneaux. A l'extérieur le reste des tuyaux est caché dans des coffres en bois (volige) remplis de mousse expansive & polystyrène.

### 3 COUTS

#### 3.1 Argent (DEVIS & REALISE)

DEVIS							Réal:				
description	Qté	couts		source du devis	total	Sub Tot	Qté	pu	source	total	Sub Tot
<b>Capteurs</b>	<b>20</b>	<b>m2</b>	<b>130,00</b>	<b>piac / Apper solaire</b>	<b>3 000</b>	<b>3 000</b>	<b>8</b>	<b>350</b>	<b>apper</b>		<b>2800</b>
<b>Support Capteurs</b>						<b>516</b>					<b>512</b>
poutre 20x20 3m	3	u	46,67			140					
poutre 10x22 6m	3	u	52,67	scierie aix		158					
chevrons 5x7 4,5	10	u	6,60			66					
chevron 10x7 4,5	10	u	15,10			151	1	total	scierie aix	512	
<b>intégration</b> <b>(bois+lasure+...)</b>							<b>1</b>	<b>726,4</b>	<b>divers</b>	<b>726,36</b>	<b>726</b>
Fixation des capteurs	1	na	1,00	Recup fers de l'abri existant		1					
<b>Cuivre</b>	<b>140</b>	<b>m</b>	<b>0,00</b>	<b>Q.A.</b>		<b>335</b>					<b>254</b>
<b>Isolation</b>						<b>217</b>					<b>113</b>
<b>Raccord Vannes</b>						<b>258</b>					<b>599</b>
Cu 22	5	m	3,10	Q.A.	16		35	3,1	lm	108,5	
Cu 20	10	m	3,10	Q.A.	31		0	3,1	QA	0	
Cu 18	25	m	2,50	Q.A.	63		35	2,44	bd	85,4	
PER 20-25	50	m	2,27	Q.A.	114		25	1,48	bd	37	
PER 13 16 + gaine	50	m	1,24	Q.A.	62		25	0,92	bd	23	
Gaine pour PER 25	100	m	0,51	Q.A.	51						
Manchon 22-13	6	m	2,00	Q.A.	12		1	113	bd	113	
Manchon 18x13	8	m	2,00	Q.A.	16						
Manchon 18x13 ss colle	26	m	1,89	Q.A.	49						
Manchon 28 13	40	m	3,00	Q.A.	120						
Manchon 22 13	10	m	2,00	Q.A.	20						
Vanne manuelle	10	u	6,12	Q.A.	61						
Raccord PER 13	20	u	0,93	Q.A.	19						
Raccord PER 20	20	u	1,39	Q.A.	28						
Echangeur chauffage (radiateurs)	0						3	26,62	bd	79,86	
coudes raccord joints... Divers	100	u	1,50	Q.A.	150		1	519		519	
<b>stocks</b>						<b>1685</b>					<b>1903</b>
ballon ECS	1	U	717,60	piac / Apper solaire300 L	718		1	1016	Piac 600L	1016	
Tampon 1500l	1	u	532,00	Technirel	837		1	837,2	Technirel	837,2	
Isolation tampon	10	m2	5,00	Wouebe (laine roche)	50		1	50	lm+recup	50	
Coffre tampon	8	m2	10,00		80		1	0	recup	0	
<b>Composants regul</b>						<b>1933</b>					<b>1869</b>
Vanne thermo	2	u	143,52	piac	287		2	143,5	piac	287,04	
Vanne 3 voies	4	u	143,52	piac	574		3	143,5	piac	430,56	
AR	3	u	7,95	QA	24		0	0		0	
sondes	6	u	13,75	piac	83		6	13,75	piac	82,524	
doigts de gant	6	u	10,00	piac	60		0	0		0	
instal Electrique	1	u	310,96	pif et radiospare	311		1	72	lm++	72	
Regul	1	u	398,27	radio sqp	398		1	720	radios	720	
compteur	0	u	0,00	brico			1	50	QA	50	
circulateur	2	u	98,07	QA	196		1	227	Js	227	

DEVIS						Réal:					
description	Qté		couts	source du devis	total	Sub Tot	Qté	pu	source	total	Sub Tot
Outillage/consommables, ... consommables,...	1	u	500,00	pif	500		683		divers	550	683
									divers	136,6	
<b>circulation ECS</b>					<b>247</b>						<b>304</b>
Vanne thermo	1	u	143,52	piac	144	247,274	1	143,5	piac	143,52	
cuivre	10	m	3,00		30					0	
sonde	1	u	13,75		14					0	
circulateur	1	u	60,00		60		1	160	js	160	
<b>TOTAL</b>					<b>8 691</b>						<b>9763</b>
hors abri / outillage / intégration / boucle ECS					<b>7428</b>						<b>7730</b>
<b>rentabilité</b>			ans		<b>8.2</b>						<b>9.15</b>
Rentabilité hors ...			ans		7						7,2

Rq Le prix des capteurs est une chose non négligeable mais il y a beaucoup d'à côté....  
L'écart entre le devis et le réel se situe surtout au niveau du poste 'intégration'. En fait l'abri voiture va finir mieux couvert que prévu et l'arrière des capteurs va être caché, il est vraiment moche.  
Quoique tout à fait logique, cette face arrière métallique n'a pas été une bonne surprise !!!

CENSURE POUR QUE CELA FASSE MOINS D'1 MO

Vue arrière

### 3.2 Temps Passé

Après en gros 60 journées de travail il me reste l'isolation des collecteurs, la protection de cette isolation ainsi que les travaux d'intégration. En dehors d'un coup de main (efficace) pour la peinture de l'abri et la pose à bout de bras sur deux échelles des poutres et des capteurs, je fus seul sur le chantier.

En plus de la réalisation elle-même j'inclus, dans ces 60 jours, la recherche de doc, la conception du schéma et la réalisation de l'abri ainsi qu'une petite dizaine de jours de modification/mise au point de l'utilisation des deux stocks.

## 4 PROGRAMATION Millenium II

### 4.1 Gestion température radiateurs (V3R)

#### 4.1.1 Objectif:

Gérer la vanne mélangeuse du chauffage (V3R) pour maintenir une température de retour des radiateurs basse (25 à 30°) Cette vanne est une vanne à secteurs. Lorsqu'elle est actionnée dans le sens « + » elle ferme la chaudière.

Principe

Si Tr est compris entre 25 et 30° on ne fait rien, sinon si c'est supérieur à 30° on actionne la vanne à l'ouverture (fermeture) pendant 10' toutes les minutes. Cette fonction n'est activée que si C4 fonctionne (donc en été on est au repos).

En été on fait passer cette vanne dans la position qui ferme la chaudière.

### 4.2 Gestion Echangeur Chauffage (V3CH)

#### 4.2.1 Objectif :

Gérer la vanne 3 voies 2 états (V3CH) dirigeant le retour des radiateurs vers l'échangeur solaire ou vers la chaudière. Cette vanne est une vanne à sièges<sup>6</sup>. Au repos électrique l'eau va vers la chaudière.

#### 4.2.2 Remarque:

Une vanne thermostatique dirige l'eau de retour de l'échangeur solaire soit directement vers les radiateurs soit vers la chaudière, de façon 'passive' (vu du logiciel)

#### 4.2.3 Principe :

Si Tr est plus basse que la température de l'échangeur (TSh), l'eau va vers l'échangeur.

$TSh-3 < Tr < TSh-5$ . Cette fonction n'est activée que lorsque C4 fonctionne. (Donc en été on est au repos)

### 4.3 Gestion ECS (V3ECS & ChôdOff)

#### 4.3.1 Objectif

Gérer la vanne 3 voies 2 états (V3ECS) dirigeant l'appel d'eau chaude depuis la chaudière ou depuis le ballon solaire. En été cette fonction coupe également complètement la chaudière qui ne peut être rallumée que sur intervention de l'utilisateur, cette remise en route s'annule au bout de 10h.

La vanne est une vanne à sièges. Au repos électrique l'eau chaude vient de la chaudière.

#### 4.3.2 Principe

Si TBh vaut plus de 45° on passe sur ballon solaire. En été cela coupe la chaudière (électriquement) Lorsque TBh passe en dessous de 43° on passe par la chaudière (**qui contient à ce moment là 100 l d'eau froide..., c'est con !!!**)

Un bouton permet de maintenir en été la chaudière allumée (pour éviter les 100l d'eau froide) ce bouton est remis à 0 au bout de 10h.

---

<sup>6</sup> Au repos électrique elle laisse passer l'eau à 180°. Au repos mécanique l'eau circule à 90°.

## 4.4 Gestion Panneaux (V3PS & C1 C2)

### 4.4.1 Objectifs

Gestion des capteurs solaires, le nerf de la guerre...

Chauffer le tampon pour le chauffage ou le ballon ECS et assurer diverses fonctions de sécurité.

En hiver : Chauffer le plus possible le stock 'TexRo' pour le chauffage et préchauffer le ballon ECS à une température basse (20°)

En été : ne plus chauffer que le ballon ECS jusqu'à 80° et chauffer ensuite, éventuellement, le tampon pour empêcher la surchauffe des panneaux.

Les objets à gérer sont :

- la vanne V3PS (une vanne à sièges) qui permet de choisir entre le stock et le ballon ECS. Au repos électrique l'eau est pompée du stock
- Le circulateur (et sa vitesse ?)

Fonctions annexes (inspirées de la notice TexRo)

- Le circulateur doit être mis en route tous les jours 2 secondes pour éviter le gommage.
- La vidange des panneaux se fait dans le circuit ballon si le remplissage des panneaux s'est fait par le circuit ballon (pour éviter débordement du stock)
- Si la température des panneaux (TC) est élevée la vitesse du circulateur augmente (*abandonné pour l'instant*)
- En hiver s'il fait froid on n'enclenche le démarrage que s'il fait assez chaud (d'après un thermomètre) et on laisse tourner pendant un temps minimum (2x temps de purge) pour s'assurer que l'on ne forme pas de glaçons. On vidange si la température extérieure est trop basse
- Si les capteurs sont près de la température d'ébullition on vidange pour éviter la diminution du niveau d'eau dans le stock. (Question : que devient, à long terme, un capteur sans eau ?) (*abandonné pour l'instant*)

### 4.4.2 Principe

#### Gestion de V3PS

On privilégie le stock en hiver en essayant d'avoir le ballon ECS à 20° et en essayant de chauffer le plus froid des deux, si l'écart panneaux-stock devient trop faible, on chauffe le ballon si possible. En été on ne chauffe que le ballon ECS, le stock sert à éviter les surchauffes.

(V3PS est au repos vers le stock)

En hiver :  $V3PS = [(TBb < TSb) \text{ et } (TBh < 20^\circ)] \text{ OU } [(TBh > 20) \text{ et } (\Delta Tcs < 2)]$

En été :  $V3PS = (TBh < 80^\circ)$

*Version < 3.0 : Dans les deux cas (été hiver), si on est en mode purge, => V3PS sur Tampon*

*Problème cela fait rentrer de l'eau froide (du stock) dans les capteurs => on passe en dessous du  $\Delta Tcb$  seuil => à la fin on chauffe le stock à force de cycle de purge jusqu'à ce que  $TBb = TSb$ . Bref c'est con et j'ai modifié le circuit pour pouvoir purger directement depuis le ballon.*

La nuit, V3PS est forcée au repos (sur le stock)

*Remarque :* Il manque un paramètre important qui est de savoir quel est le deltaT entre les capteurs plein d'eau et le capteurs vides : (cela dépend du débit de l'éclairement et de la température de retour), bref ce qui suit sera à affiner..

#### Gestion de C1 C2

*Remarque :* C2 correspond à la vitesse haute de C1 ou à une deuxième pompe

#### Condition de mise en route :

Été : on démarre si les panneaux ne sont pas trop chauds et [(s'il y a un écart suffisant panneaux-ballon et que le ballon n'est pas déjà chaud) ou que l'on est en mode boost et s'il y a un écart suffisant panneaux-stock]

Le mode Boost correspond au cas où les panneaux sont très chauds on peut donc récupérer plus (et plus vite) de chaleur. En même temps cela protège les panneaux contre la surchauffe et l'eau contre l'ébullition.

(TC < Tebulition)

**ET**

{[(ΔTcbb > 15) **ET** (TBh < 80)] **OU** [ModeBoost **et** (ΔTcsb > 15)]}

Rem : ModeBoost = [(TC > TBoost) **ET** (TC < Tebulition)]

Hiver : On démarre si les panneaux sont suffisamment chauds et s'il y a un écart suffisant panneaux-ballon panneau-stock

(Text > ThorsGel) **ET** [(ΔTcbb > 15) **OU** (ΔTcsb > 15)]

ThorsGel = 5°

=> Toutes saisons =

(TcOk)

Rem : TcOk = (TC < Tebulition) **ET** (Text > ThorsGel)

**ET**

{[(ΔTcbb > 15) **ET** (TBh < 80)] **OU** [(ModeBoost **ou** Hiver) **et** (ΔTcsb > 15)]}

Condition d'arrêt :

Été : On s'arrête si on dépasse la température d'ébullition dans les panneaux ou [(s'il n'y a plus d'écart entre panneau-ballon ou si le ballon est chaud) **ET** (s'il n'y a plus d'écart entre panneau-stock ou on n'est pas en mode boost)]

(TC > Tebulition)

**OU**

{[(ΔTcbb < 2) **OU** (TBh > 80)] **ET** [(ΔTcsb < 2) **ou** !ModeBoost]}

Hiver

[(ΔTcbb < 2) **ET** (ΔTcsb < 2)]

=> Toutes saisons =

(TC > Tebulition)

**OU**

{[(ΔTcbb < 2) **OU** (TBh > 80)] **ET** [(ΔTcsb < 2) **ou** (!ModeBoost **ET** été)]}

=> Plus simple et sûr =

( !TcOk)

Rem : TcOk = (TC < Tebulition) **ET** (Text > ThorsGel)

**OU**

{[(ΔTcbb < 2) **OU** (TBh > 80)] **ET** [(ΔTcsb < 2) **ou** (!ModeBoost **ET** été)]}

Remarque : c'est la condition de marche barre si les seuils ΔTcb et ΔTcs sont assurés par des triggers

Remarque 2 : c'est pas vrai un des deux stock peut avoir dépassé DT=2° sans avoir dépassé 15°, en hiver c'est quasi obligatoire par principe. La dernière eau qui a circulé est chaude on peut la récupérer dans le stock le plus froid...

⇒ nouvelle condition d'arrêt =

( !TcOk)

Rem : TcOk = (TC < Tebulition) **ET** (Text > ThorsGel)

**OU**

{[(ΔTcbb < 2) **OU** (TBh > 80)] **ET** [(ΔTcsb < 2) **ou** (!ModeBoost **ET** été)]}

Mise en route :

La pompe est activée au minimum 1 fois/24h pendant 2s contre le gommage  
Si une mise en route est activée la pompe est mise en route pour une durée minimale ininterrompue (contre le gel en particulier).  
Si les panneaux dépassent 80° on augmente la vitesse (*abandonné pour l'instant*)  
Arrêt : Si on a démarré sur le ballon et que l'on tente d'arrêter sur le stock on prolonge le temps de pompage et on fait passer V3PS sur le ballon (sécurité anti débordement du stock)

## 4.5 Gestion Boucle ECS

### 4.5.1 Objectif :

Le circuit ECS de la maison est très long et les points de puisage principaux d'eau chaude sont très éloignés du (des) stocks: on jette entre 3 et 5 litres d'eau froide avant d'avoir de l'eau chaude. Ce n'est pas écolo, et cela empêche de se servir de l'eau chaude pour le lave-vaisselle qui semble utiliser moins de 10 litres...

### 4.5.2 Principe :

Si  $T_{boucle}$  est inférieure à 45° et  $T_{bh}$  est supérieur à 60° (cela n'arrive que si on est en ECS solaire) et que l'on est dans certains créneaux horaires (6h 12h 18h) on active la pompe C3.

## 4.6 Display

### 4.6.1 Compteur calorie

J'ai laissé tomber le compteur de calories pour plusieurs raisons la dernière étant la meilleure (au moins l'été)

- C'est gourmand en capacité MilleniumII
- C'est imprécis parce que je n'ai pas la température d'entrée de l'eau froide dans les panneaux
- En été le système est capable de produire plus d'énergie qu'on en consomme, donc les calories que l'on mesure sont celles qui ont été consommées la veille => pas grand intérêt

Ci-dessous quelques chiffres pour la conception d'un compteur :

4.18kJ=chauffe d'un degré 1 litre d'eau

1kWh=3600KJ=1°/861Litres chauffé d'un degré 861 litres d'eau

10° 1m<sup>3</sup> = 11,6kWh

25°, 1.5m<sup>3</sup>= 43.5kWh

50° 600L= 35 kWh

On fait un intégrateur sur 32bit avec une intégration par seconde

L'apport d'énergie est égal à  $\Delta T \times \text{Debit} (\text{m}^3/\text{h}) \times 1,16$  (en kWh).

On veut que le 17<sup>ème</sup> bit représente 1KWh

En 1 heure on a 3600 impulsions. Si  $\Delta T=1^\circ$  et  $D=.861\text{m}^3/\text{h}$  une impulsion vaut 9.1 (=32768/3600)

Donc la valeur vraie de l'impulsion est  $V=9.1 \times \Delta T \times D / (0,861)$ . Comme  $\Delta T$  est en dixièmes, la vraie règle est  $0,91 \times \Delta T \times D / (0,861) = 1,056 \times \Delta T \times D$

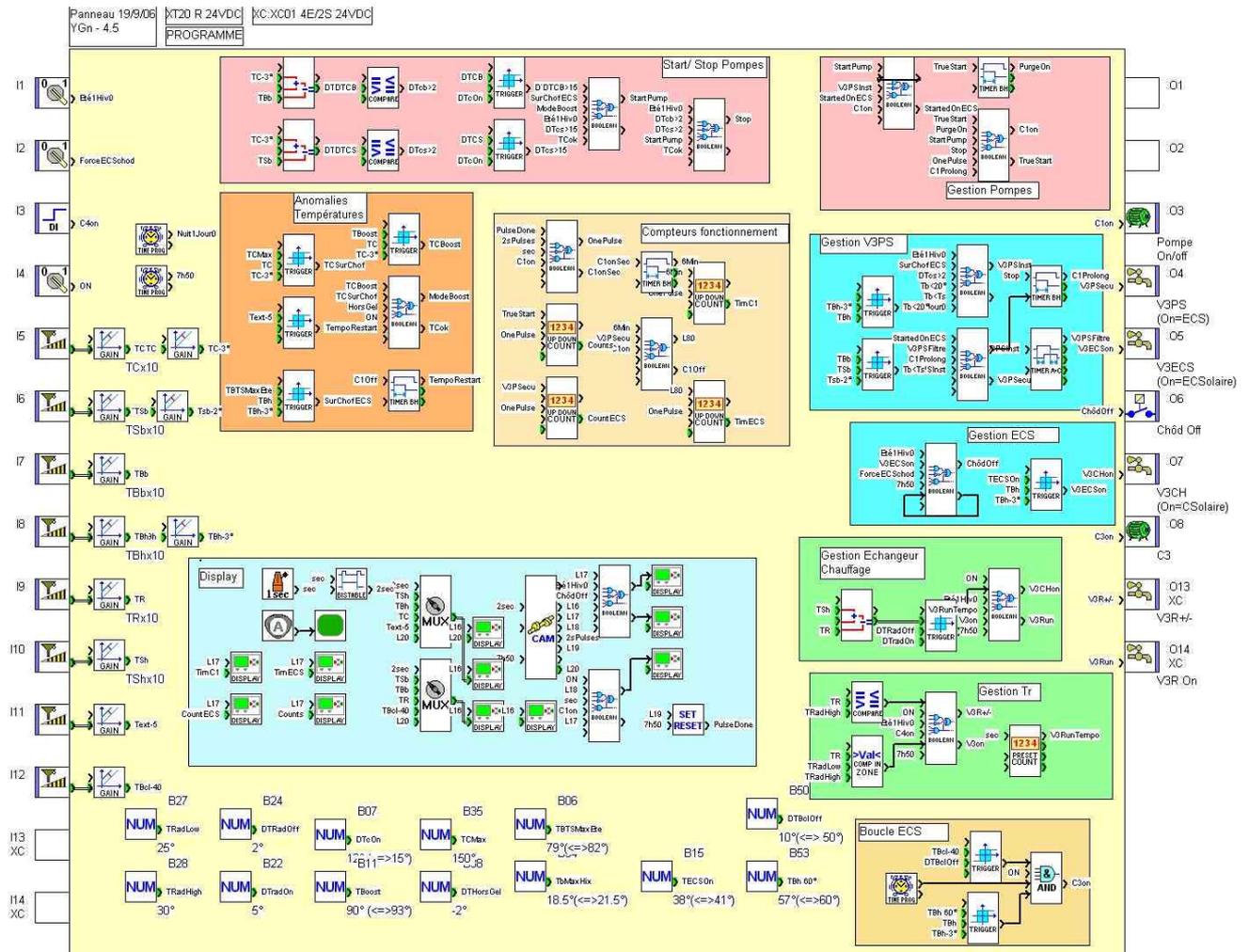
### 4.6.2 Affichages

De façon cyclique j'affiche les huit températures puis l'heure.

Au titre d'un débogage passager, la version actuelle indique également la durée de pompage en mode ECS, la durée de pompage en mode chauffage (Stock), le nombre de mise en route de la pompe et le nombre de commutations ECS<->Stock

## 4.7 Image de la feuille de programmation

Juste pour avoir une idée... On peut zoomer ☺ (mais c'est tout ☹)



## 4.8 Conclusion

Dans le NiumMillé II, l'ensemble du programme rentre au chausse-pied, c'est la vraie difficulté...

## 5 ELEMENTS DE RENDEMENT (ho les bô panneaux APPER !)

Suite à une longue période de mauvais temps mon ECS était quasiment vide un beau matin d'octobre. Partant d'un ballon quasi homogène en température je suis arrivé en surchauffe (TSh>82°) dans la journée après 6h de pompage.

Cela correspond d'après mes calculs à plus de 40kWh en tenant compte du fait qu'après la surchauffe de l'ECS, le stock a été chauffé par intermittence pour protéger (? cf 6.4.2) les panneaux (avec un mauvais rendement par définition).

D'après le site <http://fernande.cma.fr/switch/> (très bien fait par ailleurs) l'énergie dispo en octobre chez moi sur des panneaux inclinés à 60° est de 4,55 kWh/m<sup>2</sup> par jour.

$40\text{kWh}/(8*2.25)=2.22\text{ kWh/m}^2$  et  $2.22/4.55 = 0.48$ .

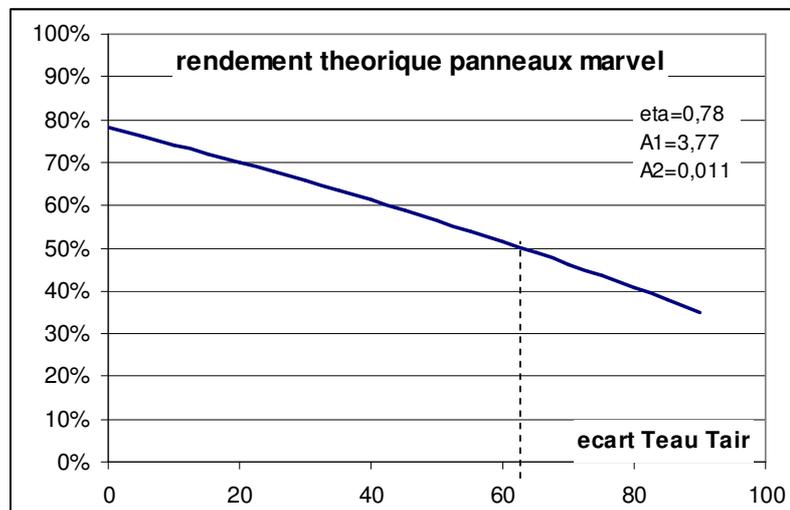
Soit donc un **rendement global de l'installation ≥ 48%**.

C'est un calcul plein de raccourcis et d'imprécisions notamment concernant la période où le stock a été chauffé...

Ce résultat est à prendre avec prudence mais c'est quand même très positif : ces panneaux ont mécaniquement l'aspect de quelque chose de sérieux et en plus ils semblent tenir leurs promesses thermiques.

Autres points positifs :

- Il s'agit d'une journée d'octobre un peu ventée, la température n'a pas dépassé 20°. Cela veut dire qu'à un moment ou un autre il y a eu 62° d'écart entre les panneaux et la température ambiante. C'est plus qu'encourageant pour cet hiver quant au Delta T que je devrais pouvoir obtenir. En plus cela n'a pas augmenté le rendement mesuré ce jour là comme le montre la courbe ci-dessous.



- Mes tuyaux collecteurs extérieurs (environ 36 m) ne sont pas encore isolés cela fait sûrement des pertes supplémentaires...

Bref paragraphe à compléter cet hiver, c'est là que ce sera le plus intéressant...

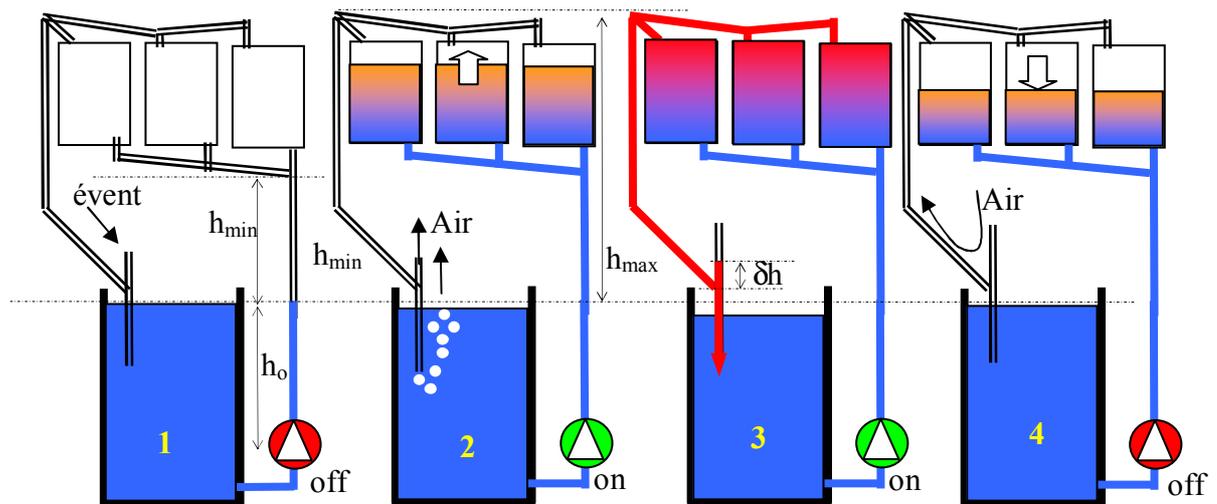
## 6 Annexe : DRAINBACK ? cémoi ?

### 6.1 Définition

Drainback = système auto vidangeable = systèmes où les panneaux se vident lorsqu'il n'y a pas de chaleur à espérer ou lorsqu'on dépasse les 100°. Il en existe deux types légèrement différents, mon installation finalement utilise les deux (ce qui n'était pas prévu au départ).

### 6.2 Principe

#### 6.2.1 Type TexRo (sans échangeur)



Un système TexRo se compose d'une cuve, de panneaux situés plus haut que la surface libre de la cuve ( $h_{\min} > 0$ ) d'une pompe (ou 2) située en dessous de la surface libre, le plus possible pour l'amorcer et éviter la cavitation<sup>7</sup>.

- Fig 1 : A l'arrêt les panneaux sont vides, le tuyau de départ (vers les panneaux) est plein jusqu'à la surface libre, celui de retour est vide.
- Fig 2 : Lorsque la pompe se met en route (parce que le bas du stock est plus froid que le panneau où se situe la sonde) l'eau monte et remplit petit à petit les panneaux. L'air est expulsé par l'évent situé sur le tuyau retour. A ce moment la pompe doit vaincre une hauteur manométrique égale à au moins  $h_{\max}$ <sup>8</sup>. A ce stade elle n'a théoriquement pas besoin de le faire avec un gros débit.
- Fig 3 : L'eau a rempli les panneaux et s'écoule donc dans le tuyau de retour. Au moment où l'eau atteint la surface libre on a presque amorcé un siphon : la pompe n'a plus à vaincre que la perte de charge liée au débit, mais plus  $h_{\max}$ . Lorsque  $h_{\max}$  est important on met 2 pompes en série. La deuxième, située au dessus de la première, n'est active que lors du remplissage pour vaincre  $h_{\max}$ .

Lors de cette phase de remplissage le tuyau de retour contient de l'eau et de l'air. Si la vitesse de l'eau est suffisante les bulles d'air sont poussées vers la cuve. Le niveau d'eau dans l'évent ( $\delta h$ ) est à ce moment très variable. Il dépend de la perte de charge en aval, pour mon installation l'eau monte à plus d'un mètre. Une fois le système amorcé complètement (1 minute environ) cette hauteur devient quasi nulle. La hauteur d'eau dans le stock a diminué du volume nécessaire à remplir le circuit

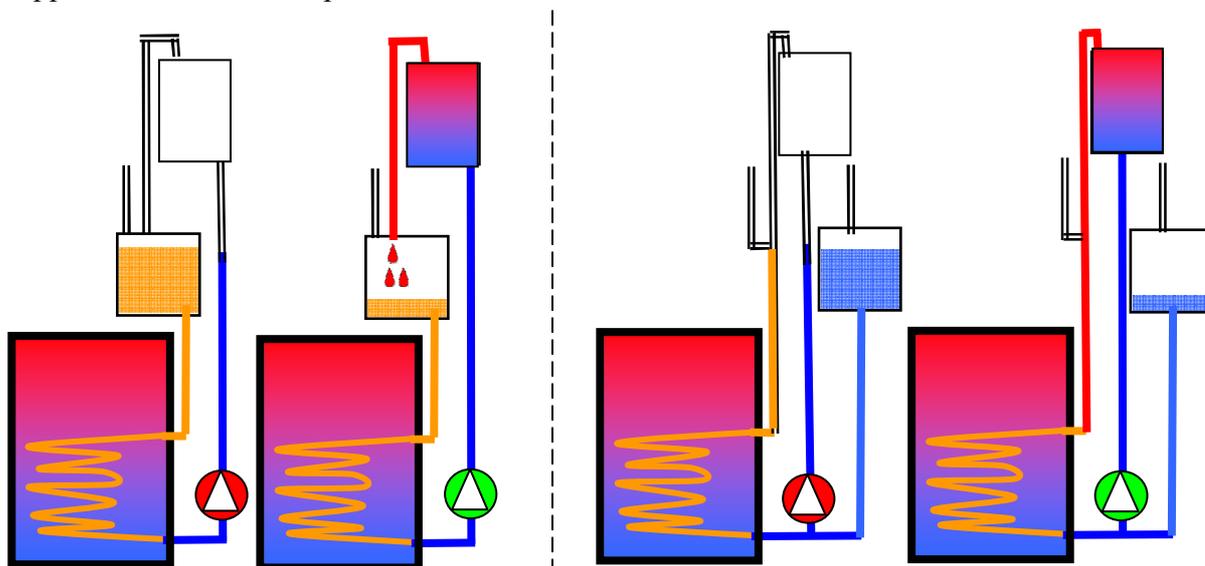
<sup>7</sup> Ce problème de cavitation, qui détruit les pompes, est évité dans les systèmes normaux par le fait que la pompe est dans un circuit sous pression.

<sup>8</sup> L'influence de  $h_o$  n'est pas claire dans mon esprit : pour faire un modèle correct de mes pertes de charge j'ai été obligé d'ajouter une hauteur statique de 1.5m environ ce qui correspond à mon  $h_o$ ... ???

- Fig 4 : Lorsque la pompe s'arrête l'eau a tendance à vouloir redescendre sous son propre poids. L'air est aspiré par l'évent et remonte dans le tuyau de retour... Les panneaux se vident par le tuyau de départ, au travers de la pompe (le compteur tourne à l'envers...).

### 6.2.2 Type 'Classique' (avec échangeur).

Pour pouvoir utiliser un circuit classique (à serpentin) le problème est de trouver de l'eau pour remplir les panneaux, On rencontre 'classiquement' deux montages, l'un avec une réserve tampon en série (à gauche) l'autre en parallèle (à droite). Dans les deux cas le tampon doit être sur dimensionné par rapport au volume à remplir.



La première *doit* avoir pour inconvénient d'être bruyante et de re-mélanger en permanence air et eau. La seconde est silencieuse, la réserve peut être installée en aval du serpentin (comme dans la figure ci-dessus) ou en amont (comme dans mon montage). La seconde méthode évite d'envoyer dans les panneaux de l'eau à la température du tampon, température généralement sans grand rapport avec celle du serpentin (cela provoque des instabilités de la régulation au démarrage de la pompe).

### 6.3 Avantages

Remarque : Ce n'est pas (que) du bricolage !! TexRo en a fait un système industriel et cela semble 'très' répandu aux USA même pour des systèmes de chauffages collectifs.

Les principaux avantages :

- Pas d'antigel (au moins à première vue...) c'est moins cher et plus efficace du point de vue des échanges thermiques.
- Pas de purge/vase d'expansion,...
- Durée de vie et maintenance faible assurées par principe. Il n'y a que la pompe qui puisse avoir des problèmes => attention à la cavitation.
- Plus simple en autoconstruction car ce n'est pas un système sous pression, (ça fait moins peur même si cela ne change pas grand-chose, quand ça fuit ça fuit...)
- On peut chauffer plus le tampon en été (quasi à ébullition)
- C'est une réserve à eau morte : pas de problème d'entartrage. Ceci dit elle n'est pas complètement morte : il y a un apport en oxygène à chaque remplissage et, dans le cas du montage classique avec tampon en série, cet apport est permanent.
- Pas d'échangeur vrai dans le circuit capteurs pour les systèmes type TexRo => C'est plus efficace pour apporter des calories. Ceci dit, il en faut un pour extraire cette calorie du stock...

## 6.4 Rumeurs, ondit et autre questions

Première rumeur : j'espère vous avoir convaincus (notez bien que je n'ai pas d'actions ou de stock option) que ce type d'installation n'a rien de compliqué...

En parcourant la littérature et les conversations 'de café du commerce' j'avais entendu dire que le système TexRo était bruyant et que les panneaux subissent un choc thermique au moment du remplissage.

Voici mon constat :

### 6.4.1 Bruit

Contrairement à ce que j'avais lu à droite et à gauche, et en dehors des 5 premières minutes où l'on entend des bulles (c'est très supportable, sauf en cas d'envie pressante), le système est très silencieux : en fait il n'y a pas de raison qu'il y circule des bulles, (même que ce n'est pas bon signe !) Finalement le plus bruyant dans tout cela ce n'est même pas la pompe (elle est sur des silent bloc bricolés) mais le compteur qui sert de débitmètre !

### 6.4.2 Chocs thermiques

Depuis que cela marche vraiment je n'ai plus de problème.

En fait la circulation se déclenche lorsque l'écart de température capteurs – 'bas de stock' atteint 15° (je pense que cela marche à partir de 10° mais je n'ai pas encore eu le temps d'essayer).

1. Donc au grand maximum lorsque les capteurs sont à 95° (soit le bas de stock à 80° !!) : l'eau ne bout pas, il n'y a pas de formation de vapeur, pas de coup de bélier. De toute façon les systèmes drainback ne peuvent pas monter très haut en pression : l'évent fuit avant que cela arrive...
2. L'eau injectée dans le capteur n'est que 15° plus froide que le capteur. Le choc thermique est donc limité. Le cuivre a un coefficient de dilatation de  $1.7e-5$  sur la longueur d'un panneau (2m) cela fait  $2000 * 15 * 1.7e-5 = 0.5\text{mm}$  cela me semble raisonnablement inclus dans le jeu possible des panneaux.
3. Le code TexRo le prévoit, (j'en ai donc fait autant). Lorsque les capteurs sont trop chaud la pompe ne s'amorce pas et/ou s'arrête => pas d'ébullition possible (nota la notice TexRo prévoit également de pouvoir débrayer cette fonction ce que j'ai fait....)

Bémol : Au plus fort de l'été je n'avais que 4 capteurs et le système n'était pas au point (je chauffais les 2 stocks) donc je n'ai jamais saturé => faut attendre l'année prochaine pour être sûr.

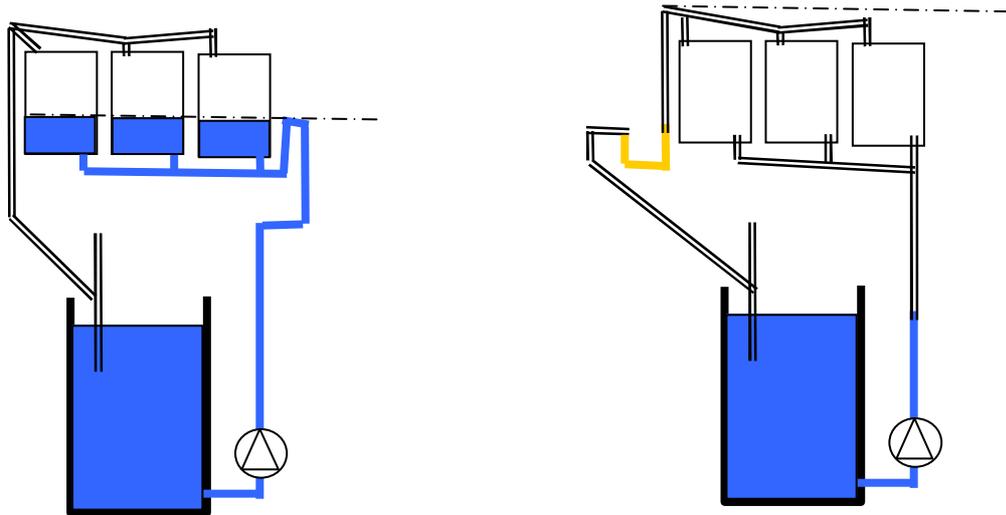
Rebémol : Lorsque le ballon ECS est 'plein' (82°) on ne le chauffe plus et on utilise alors l'eau du stock pour limiter les surchauffes des capteurs. Lorsque les capteurs dépassent 93° on remet la pompe en route, dans ce cas là l'eau injectée est autour de 35°, soit un écart de 60° : la dilatation est alors de 2mm. **C'est plus grand, toujours raisonnable ??...** Le code TexRo prévoit aussi de pouvoir retirer cette fonction : à voir l'été prochain.

## 6.5 Pour que cela marche

Sincèrement cela marche du premier coup (si on ne cherche pas à avoir 2 stocks) c'en est même étonnant !

Les précautions ci-dessous sont celles que l'on trouve dans la littérature et que l'on peut vérifier dans son évier (sauf peut-être la dernière)...

- Il ne faut absolument pas de siphon sur la conduite départ (eau froide) si non les capteurs ne se vident pas. Au mieux ils se vident jusqu'à la hauteur du siphon (cf ci-dessous à droite) => il faut une pente constante tout au long de ce (ces) tuyaux. Sur un montage en Tickelman avec 2 x 4 panneaux il faut s'y prendre d'assez bas !!!



- Pour la ligne retour c'est moins grave : un siphon n'empêchera pas les panneaux de se vider, cela va simplement être plus long (c'est par là que l'air passe ...). Ceci dit le siphon restera plus ou moins plein, en cas de gel c'est vous qui voyez... (cf ci-dessus à droite). En haut des panneaux on peut faire comme dessiné dans mes schémas : que le collecteur se vide dans un capteur ou l'autre n'est pas bien grave. Il ne faut pas exagérer : le risque est de créer une poche d'air au remplissage. Ce risque me semble d'autant plus grave que  $h_{max}$  est grand : en fin de remplissage des panneaux le débit est faible et l'air peut éventuellement ne pas être chassé par l'eau. Je pense, mais ce n'est que de l'instinct, qu'il faut que le point le plus haut soit après le dernier panneau (dans le sens du courant) : si une poche d'air se forme autant que ce soit là ou le débit est le plus grand...
- Dernier point : mettre la pompe la plus basse possible pour respecter la « pression minimale à l'aspiration » dont voici quelques valeurs typiques (en mètres d'eau) en fonction de la température de l'eau :

Températures:	50°	82°	95°	110°
Pompes:				
Salmson NXL	-	1.5	3	10
WILO TOP S	0.5	-	5	11

Comme vous pouvez le voir, avec un tampon de 2m de haut, il n'y a rien de gras... C'est pourtant vrai que lorsqu'il y a des bulles d'air au niveau de la pompe, suite à des manœuvres hasardeuses ou pendant la purge du serpent (le mien à sa dernière boucle plus basse que la sortie => effet siphon !!), elles s'évacuent mieux avec une pompe basse.

Attention : le désamorçage est à peu près la seule cause de défaillance d'un circulateur. Mon chauffagiste m'a dit qu'il n'avait jamais remplacé une pompe morte de mort naturelle....